

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

факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення вала первинного 695Ж1701030
з дослідженням технічного забезпечення глибокого свердління

Виконав(ла):
студент(ка)

курсу

VI

групи МТ_м-61

спеціальнос
ті

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Бугайчук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паньків М.Р.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач
кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	<i>К.т.н, доц. Ткаченко І.Г.</i>		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	<i>Ст. викл. Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина		
2	Науково-дослідна частина		
3	Технологічно- конструкторська частина		
4	Проектна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Графічна частина		

Студент _____
(підпис)

Бугайчук В.Я.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Паньків М.Р.

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Свердління глибоких отворів є складною та трудомісткою операцією. Довгі свердла характеризується малою жорсткістю, а сили різання спричиняють їх повздовжній вигин, що може викликати викривлення осі отвору. По мірі того, як збільшується довжина отвору створюються не дуже несприятливі умови для відведення стружки з отвору. Основною проблемою при обробці глибоких отворів є правильний вибір режимів різання та параметрів різального інструменту.

Метою дослідження є удосконалення процесу виготовлення вала первинного 695Ж1701030 з дослідженням технічного забезпечення глибокого свердління.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення вала первинного.

Предмет дослідження – технологічні параметри процесу свердління.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням основних положень технології машинобудування, а також статистичного та графічного методів.

Наукова новизна: Проаналізовано вплив технологічних методів та способів на технологічний процес свердління глибоких отворів, обґрунтовано параметри режимів різання та досліджено геометрію різального інструменту для оброблення глибоких отворів з заданими характеристиками.

Практичне значення Запропоновано принципово новий технологічний процес, виготовлення вала, який може бути впроваджений у реальне виробництво та досліджено основні параметри глибокого свердління.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Окремі результати роботи доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 83 сторінки, у тому числі 24 рисунки, 17 таблиць, бібліографії із 24 джерела на трьох сторінках.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1	Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи	8
1.2	Методи вирішення поставлених задач	10
1.3	Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	18
2	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	20
2.1	Характеристика об'єкту або предмету дослідження	20
2.2	Оброблення результатів досліджень	23
2.3	Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	26
2	ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	28
2.1	Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва	28
2.2	Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу	42
2.3	Визначення кількості обладнання	52
2.4	Конструювання спеціального оснащення та інструменту	61
3	ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	69
3.1	Визначення основних і допоміжних площ цеху	69
3.2	Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці	72
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
	ВИСНОВКИ	78
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79

ДОДАТКИ

ВСТУП

В сучасному світі велику увагу приділяють розвитку машинобудуванню, нових технологій та методів до їх вивчення.

Важлива роль належить методиці проектування прогресивних технологічних процесів, які відіграють важливу роль в прискоренні науково-технологічного процесу в машинобудівних виробництвах.

На даному етапі розвитку машинобудування можна виділити дві головні проблеми, а саме проблема якості продукції та проблема підвищення продуктивності праці. Кожна з цих проблем включає в себе ряд конкретних проблем, наприклад надійність роботи машин, довговічність конструкцій, створення прогресивних способів обробки, повна автоматизація технологічних процесів і як результат, проблема максимального збільшення ефективності науково-дослідних робіт.

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра прийняття рішень по вибору раціонального варіанту технологічного процесу та методів та засобів його реалізації проводиться на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість вибрати оптимальний варіант.

Також до завдань даної роботи відноситься розроблення нового технологічного процесу механічної обробки вала первинного внаслідок удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки деталі, який би при забезпечив мінімальні витрати енерго- і матеріалоресурсів та затрат праці на технологічний процес виготовлення даної деталі та дослідження технічного забезпечення глибокого свердління.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними джерелами. Актуальність теми роботи

На сьогоднішній день у різних галузях сучасного машинобудування використовуються деталі, які мають глибокі отвори. Деталі з глибокими отворами бувають різної форми, вони виготовлені різними методами та з різною точністю, чистотою обробки, з різними діаметрами отворів та їх довжинами. Найбільшою проблемою виробництва є свердління отворів малого діаметра та великої довжини. Як відомо, під час технологічного процесу свердління глибоких отворів малого діаметра на незмінних режимах різання крутний момент наближається до критичного значення, що може привести до руйнування інструменту. І тому стоїть задача якісного виконання технологічних операцій без руйнування інструмента з одночасним забезпеченням необхідної кількості виведення свердла з зони обробки. Одним із недоліком процесу глибокого свердління є те, що спіральні свердла характеризуються невеликою осьовою стійкістю, а велика сила тертя в зоні різання збільшує сили тертя та температури у зоні різання. [10]

Робоча здатність інструменту залежить від інструментального матеріалу виготовлення, режимів різання, геометричних параметрів різальних клинів, способів базування. [1, 3]. Руйнування свердла при обробці глибоких отворів відбувається за дуже високої швидкості різання, при цьому спостерігається пластична деформація та зношування по задній поверхні, також руйнування виникає на передній поверхні інструмента через високу температуру в зоні різання, таке зношування називається кратним, при обробці низьковуглецевих сталей виникає наростоутворення, а через неспівпадання осі свердла та осі обертання інструмента спостерігається викришування головної різальної кромки.

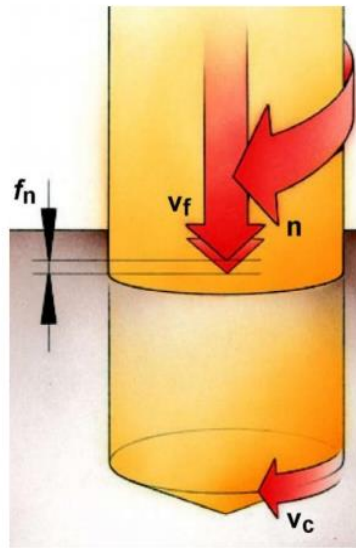


Рисунок 1.1- Основні досліджувальні параметри при свердлінні:

V_c - швидкість різання, fn - годача на оберт, V_f - хвилинна подача

При технологічному процесі обробки глибоких отворів, а саме при різанні та деформації шару матеріалу в зоні різання виникають наступні фізичні явища: формування контактних поверхонь, деформація, теплоутворення, стружкоутворення, зношування різального інструмента, утворення поверхні тощо. Дані явища спричиняють безперервний потік стружки, розігрів зони різання та передавання певної кількості теплоти до зони обробки.

Питання виникнення джерел розподілу теплих потоків та тепла під час різання матеріалів присвячені роботи такі вчені, як Я. Г. Усачов, Н. І. Резніков, А. М. Данієлян та ін. Так, робота Резнікова А. Н., Резнікова Л. А., я В.Л. Заковоротного, Л.Ю. Лищинського, Ю.М. Соломенцева М.М. Тверського [4] присвячена загальній теплофізиці різальних процесів, а в роботі Юдковського П. А. та ін. [6] розглядається процес теплоутворення під час свердління.

Провіши літературне дослідження питань щодо підвищенню ефективності обробки глибоких отворів, враховуючи діапазон їх діаметрів та глибин, [12] можемо зробити наступні висновки. Технологічний процес отримання глибоких отворів є надзвичайно трудомістким. Оброблення таких отворів вимагає використання спеціальних ріжучих інструментів для кожного виду обробки. Тому використовують технологічні процеси свердління та розточування, зенкерування та розгортання, розкочування. Обробка отворів в залежності від виду матеріалу проводиться інструментом на спеціальному обладнанні. Тому існує необхідність впровадження у виробництво багатофункціональних свердел, головок, розкаток. Як відомо з літературних джерел геометричні параметри та елементи конструкції, а зокрема, форма профілю поперечного перетину, товщина перемички інструменту, форма профілю канавок для відведення стружки, повністю визначає вид його робочої частини. Тому дані чинники впливають на зростання осьової складової сили різання та крутного моменту при різанні, а також на формоутворення стружки і її відведення із зони різання, жорсткість і міцність інструменту. У металообробці застосовують інструменти з тонкими покриттями, які наносять на поверхню заточеного інструменту з різних матеріалів, які дозволяють покращити характеристики інструменту та змінити умови його роботи. [11]

Чистова заточка є однією з технологічних операцій, напрямлених на підвищення стійкості ріжучих інструментів при обробці глибоких отворів. В наш час, майже весь ріжучий інструмент для обробки глибоких отворів, проходить доведення та заточенню алмазними абразивними кругами. Також застосування абразивних кругів та шліфувальних синтетичних алмазів використовується для виготовлення багатолезових швидкорізальних інструментів для глибокої обробки отворів, наприклад свердла, розгортки, мітчики діаметром 1...5 мм, які виготовляються при високих показниках чистоти передньої і задньої поверхонь інструменту.

1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Отже, на основі вивчення та узагальнення процесу різання під час обробки глибоких отворів малого діаметра можна зробити висновок, що це є доволі складний процес, який потребує ретельного дослідження, оскільки в системі ВПД, під час глибокого свердління малого діаметра інструмент працює у важких умовах. Це пояснюється недостатнім охолодження інструменту та цього роботі в замкнутому об'ємі. До зламу свердла приводить відхилення свердла від осі та діаметральна похибка призводять. Збільшення жорсткості системи ВПД та вдосконалення технологічних процесів свердління глибоких отворів малого діаметра можна досягти завдяки технічному рішенні представленому в роботі [10]. А саме, запропоновано нову конструкцію пристрою та нового методу підведення мастильно-охолоджувальної рідини, що дозволить підвищити точність обробки, стійкість свердла та, відповідно, збільшити продуктивність технологічного процесу обробки глибоких отворів малого діаметра.

Даний пристрій (рис.1.2) складається з: корпусу 1, втулки 2, кронштейну 3, опори 4, гвинтів 5,6,7 та розміщений на столі верстата за допомогою шпонкового з'єднання, що входить у паз стола та фіксується болтом 7. У втулці 2 є отвір D , який призначений для правильного напрямлення свердла та одночасно виконує роль кондукторної втулки. На торцевій поверхні виконано чотири отвори $\varnothing 3,5$ мм під різними кутами $\alpha = 30$, $\alpha = 60$, $\alpha = 90$, а також просвердлено отвори на циліндричній верхній поверхні корпусу 1, які використовують для закріплення штуцера та служать каналами для подачі мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) в зону обробки.

Для дослідження роботи даного пристосування використовується горизонтально-фрезерний верстат моделі 6М82.

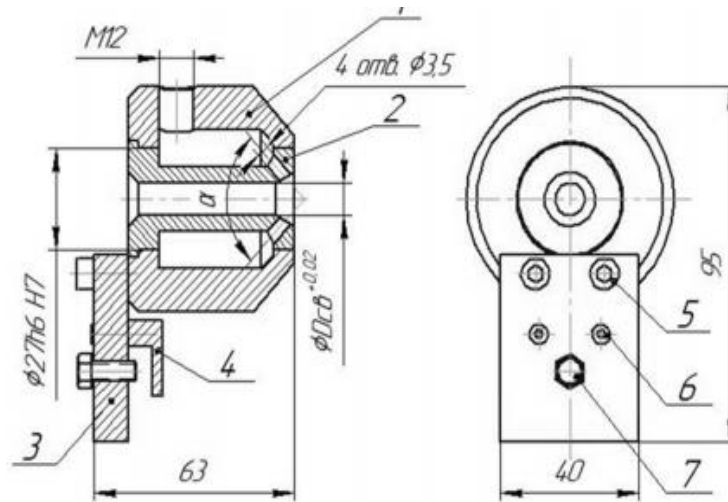


Рисунок 1.2 - Ескіз пристрою



Рисунок 1.3 - 3D-модель пристрою

На практиці деталі з глибокими отворами зустрічаються самої різної форми. Найчастіше зустрічаються глибокі отвори, які виконуються металургійними методами, а саме методами литва, гнуття листового матеріалу з подальшою зваркою в труби, методами плющення та волочінням.

Одним із важливих практичних питань при обробці глибоких отворів є забезпечення допуску на відхилення осі отвору від теоретичного напрямку. Причина відхилення полягає в коливанні навантажень на лезах, і це є наслідком зміни тимчасових січень зрізу через різницю твердості матеріалу та похибок геометрії різальних кромки. Відомі конструкції інструментів для глибокого свердління не мають механізму міжлезового зв'язку, яким би забезпечувалося автоматичне вирівнювання осьових сил на лезах.

В корпусі 1 – корпус, 2 і 3 – плунжери, 4 і 5- втулки, 6 і 7 - циліндричні пальці, 8 і 9 - леза, 10 і 11- циліндричні пальці, 12 - кільцева канавка, 13- конічна пробка, 14 - твёрдосплавні напрямні пластини

Принцип роботи інструмента з міжлезовим гідравлічним зв'язком базується на законі Паскаля. А саме, тиск всередині рідини передається у всі сторони рівномірно, тобто при рівних діаметрах плунжерів, осьові реакції різців на силу, яка діє на них зі сторони корпусу будуть завжди однакові. В реальності, через сили сухого тертя між рухомими частинами свердла, цей принцип частково порушується. Припустимо, що при свердлінні, по якійсь причин, сила на одному із різців зростає і різниця сил на обох різцях є більшою за сумарну силу сухого тертя. Зростання сили на різці викличе додаткове переміщення його плунжера і, як наслідок, додаткове зростання тиску.

Відповідно до закону Паскаля, навантаження на інший плунжер зростає пропорційно, що викличе збільшення глибини різання на цьому різці, тобто інструмент переналагоджується до зміни умов роботи за рахунок різниці сил на різцях. Якщо ж різниця сил на різцях буде меншою за сумарну силу сухого тертя в рухомих елементах конструкції різця, то плунжер буде утримуватися силою тертя, а його переміщення буде неможливе, а отже неможливою буде адаптація. Як висновок, даній конструкції необхідно зменшувати сухе тертя, оскільки воно створює зону нечутливості свердла з міжлезовим гідравлічним зв'язком.

При зростанні навантаження на інструмент рідина додатково стискається, різці впираються в корпус, а кільцева порожнина розвантажується від подальшого зростання тиску і в результаті, подальше протікання процесу свердління нічим не відрізняється від обробки стандартними свердлами.

Типи інструменту для глибокого свердління визначаються трьома факторами: конструкція самого інструменту, спосіб підведення ЗОР і величина подачі. Різні комбінації цих факторів характеризують той чи інший тип інструменту. В даний час найбільшого поширення набули три технології: гарматна, ежекторна і однострубна технологія ВТА (STS).

Гарматна технологія - традиційна технологія, яка використовується більше 150 років. Дана технологія найбільш ефективна при виробництві малих отворів (від 1 мм). Максимальна глибина обробки цими свердлами - 100 d. Передбачає внутрішній підвід і зовнішній відведення МОР. Пред'являє високі вимоги до тиску МОР і можуть застосовуватися на традиційних верстатах ЧПУ, оснащених системою подачі МОР під високим тиском. Найбільша ефективність досягається на спеціалізованому обладнанні - верстатах для свердління гарматними свердлами. Підходять для обробки чавуну, сталі, алюмінію.

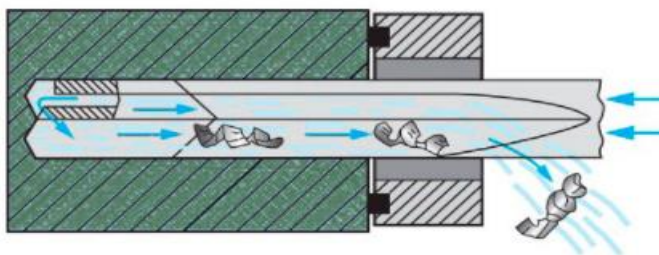


Рисунок 1.5 –Гарматна технологія

У ежекторній системі DTS (Double Tube System) ЗОР циркулює між внутрішньою і зовнішньою штангами. Замкнута система забезпечення ЗОР, вимагає меншого тиску подачі ЗОР, тому може застосовуватися на традиційному обладнанні (наприклад, на токарних верстатах) без внесення істотних змін в їх конструкцію. Відсутність необхідності в придбанні спеціального обладнання робить ежекторну технологію кращою при виробництві невеликих партій. Крім того, не потрібно ущільнення між заготівкою та кондукторною втулкою. Діапазон стандартних діаметрів: 18,4-65 мм, максимальний діаметр - 200 мм.

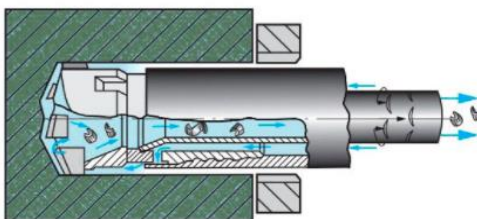


Рисунок 1.6 – Ежекторна технологія

Однокрокова система STS (Single Tube System, інша назва BTA - Boring Trepanning Association) передбачає зовнішнє підведення ЗОР по зазору між стінкою оброблюваного отвору і зовнішньою поверхнею.

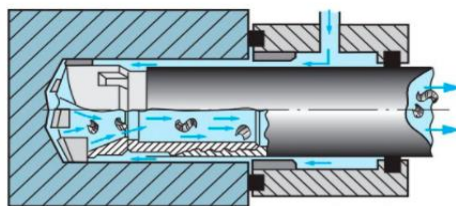


Рисунок 1.7. - Однокрокова технологія

Різниця між діаметром свердильної труби і діаметром свердильної головки становить 2-3 мм. У цей зазор під високим тиском подається ЗОР. Така схема подачі ЗОР дозволяє доставляти охолоджуючу рідину безпосередньо до ріжучих кромки, а великі об'єми прокачується рідиною швидко видаляючи із зони різання стружку. Відведення стружки відбувається через отвір в штанзі. Така особливість подачі ЗОР вимагає використання спеціального герметичного ущільнення між торцем оброблюваної деталі і пристроєм подачі ЗОР. Дані фактори і визначають необхідність використання спеціалізованих верстатів глибокого свердління. Але незважаючи на обов'язкове застосування спеціального обладнання, оснащення та технологічних прийомів, технологія свердління глибоких отворів з зовнішнім підведенням ЗОР вирішує складні завдання по обробці деталей з глибокими отворами, недоступні для вирішення ніякими іншими технологіями, і визнана найдосконалішою технологією глибокого свердління.

Для обробки глибоких отворів використовують гарматні свердла. На рис. 1.7 а, б наведено схеми процесу глибокого свердління гарматними свердлами на звичайному обладнанні (рис. 1.8, а) і на обладнанні з управлінням потоками потужності в кінематичних ланцюгах формоутворення (рис. 1.8, б) [1].

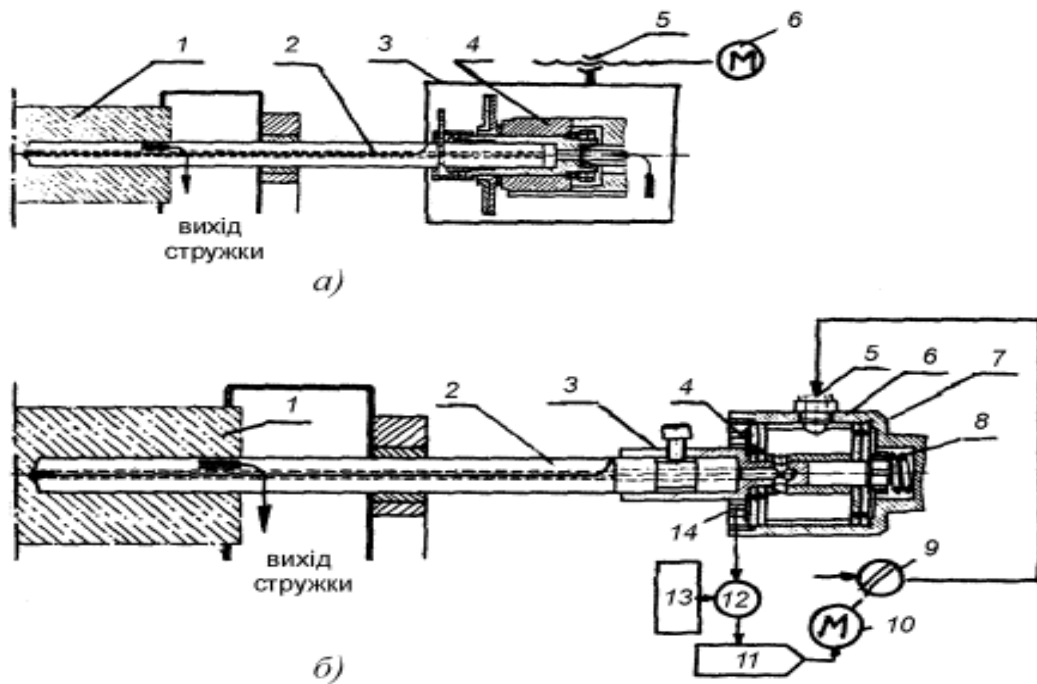


Рисунок 1.8 – Схеми приводу для глибокого свердління гарматними свердлами:

а – на традиційному обладнанні; б – на обладнанні з керованим потоком потужності

1 – заготовка, 2 – свердло, 3,4 – шпиндель, 5 - гвинтова передача, 6 – двигун, 7-мембрана, 8 - пружина.

З метою забезпечення надійності роботи верстатної системи привод забезпечують приладами автоматичного регулювання. Датчик 14 через порівняльний пристрій 12, пристрій програмування 13, і пристрій управління 11, змінює частоту обертання двигуна 10 і, відповідно, частоту гармонічних коливань, які накладаються на рівномірну подачу супорта.

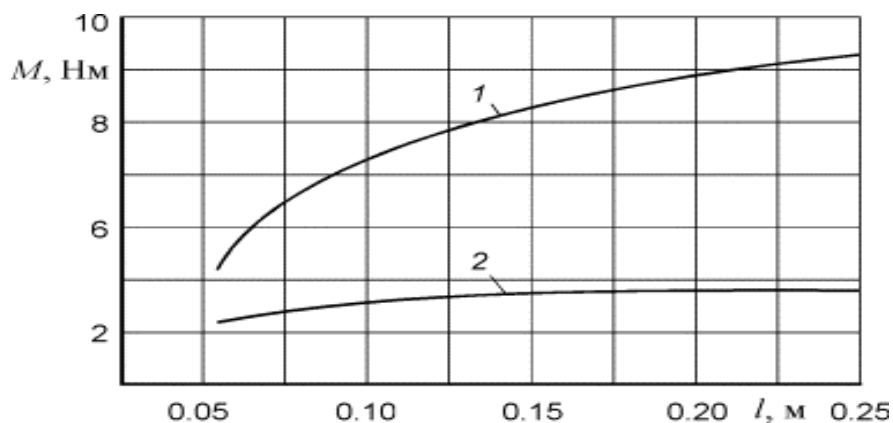


Рисунок 1.9 – Експериментальні залежності крутного моменту від технологічного навантаження на свердло

Аналізуючи дану графічну залежність, робимо висновок про залежність крутного моменту M від технологічного навантаження при обробці на токарному верстаті (рис. 1.9, крива 1), що по мірі заглиблення l свердла в заготовку, цей момент безперервно зростає, значно обмежуючи технологічні можливості процесу обробки глибоких отворів. При свердлінні на обладнанні з управляючим потоком потужності (рис. 1.9, крива 2) в кінематичних ланцюгах формоутворення технологічне навантаження знижується, що сприяє підвищенню ефективності реалізації процесу глибокого свердління. Як результат, збільшується продуктивність свердління отворів із збільшенням допустимої подачі та граничної глибини обробки.

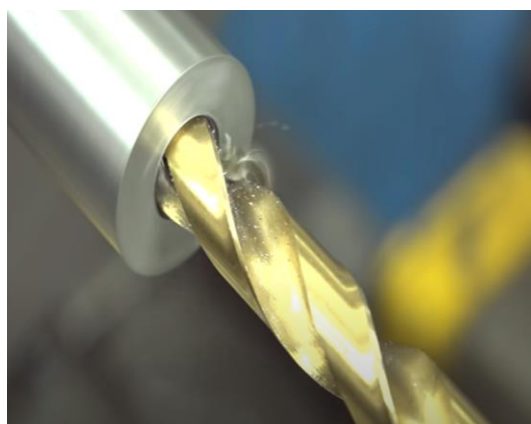


Рисунок 1.10 – Технологічні процеси глибокого свердління

1.3 Висновки та постановка задач на дипломну роботу магістра

Головною задачею магістерської роботи є виготовлення виготовлення вала первинного 695Ж1701030 з дослідженням технічного забезпечення процесу свердління глибоких отворів.

Для цього слід провести вибір оптимального методу одержання заготовки, вибрати технологічні бази, вибрати оптимальний з точки зору економічності, продуктивності і точності обробки технологічний маршрут виготовлення даної деталі.

Для вибраного маршруту необхідно розрахувати припуски на обробку і міжопераційні розміри, спроектувати заготовку. В процесі проектування треба буде вирішити такі інженерні задачі, як розрахунок розмірів деталі, вибір ріжучого та контрольно-вимірювального інструменту, розрахунок режимів різання і норм часу на обробку. Важливим буде правильний вибір технологічного обладнання, організація його роботи, забезпечення його ефективного використання по потужності, часу роботи.

В ході виконання роботи необхідно буде спроектувати спеціальні верстатні та контрольні пристрої, засоби автоматизації для забезпечення ефективної і точної обробки деталі, провести розрахунки, необхідні для проектування ділянки механічної обробки, розглянути заходи по забезпеченню безпечних умов праці, а також провести розрахунок економічної ефективності прийнятих проектних рішень.

Також в роботі слід дослідити точність виконання і якість отворів під час глибокого свердління, проаналізувавши вплив технологічних методів і способів на стійкість та продуктивність обробки, систематизувати процес обробки на металорізальному обладнанні із конструктивним розробленням пристрою.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Геометричні параметри та конструктивні елементи ріжучого інструменту, повністю формують його робочу частину. Це відповідно параметри, α , γ , φ , ω , та β - кути інструменту та форма поперечного січення, товщина перемички інструменту та форма профілю канавок для стружки. Тому вони мають безпосередній вплив на збільшення осьової складової сили різання (P_z) та крутного моменту (МКР) при різанні, а також на стружкоутворення та її відведення із зони різання, та на стійкість, жорсткість та міцність інструменту. До інструменту для оброблення глибоких отворів, ставляться наступні вимоги: площа поперечного перерізу свердла мусить забезпечувати достатню міцність і жорсткість, а також площа поперечного перерізу канавок повинна забезпечувати ефективне видалення стружки. Пошук компромісного рішення, що забезпечує вказані вимоги, є базою до розроблення інструменту для обробки глибоких отворів. Зовсім недавно з'явилися нові розробки інструментів, у яких поперечне січення за своєю формою суттєво відрізняється від форми профілю відомих стандартних і універсальних інструментів. Сам профіль інструменту, тобто його форма, значно впливає на крутний момент, а отже на жорсткість інструменту, бо від цього залежить точність обробки отворів та шорсткість обробленої поверхні. [11, 12]

При свердлінні глибоких погіршуються умови відведення стружки та збільшується сила тертя свердла з обробленою поверхнею. А отже, збільшується осьова складова сили різання і крутячий момент різання. Для відображення такого явища і з метою підвищення адекватності у математичні моделі для глибокого свердління введений додатковий коефіцієнт, який залежить від співвідношення довжини L свердління до діаметру отвору [15]

$$k_L = \left[1 + \left(\frac{L}{D} \right)^2 \right] \quad (2.1)$$

де k_L - коефіцієнт, що приймається у межах 0,003...0,005.

Моделювання осьової сили та моменту свердління здійснюється за таким математичними моделями для:

$$P_o = 10C_p D^{Z_p} S^{Y_p} V^{n_p} k_L k_p \quad (2.2)$$

$$M_{ce} = 10C_m D^{Z_m} S^{Y_m} V^{n_m} k_L k_m \quad (2.3)$$

При моделюванні процесів необхідно передбачити перевірку всіх умов міцності свердла, за дотичними напруженнями. Тому, що процес проходить в складних умовах, які зумовлені особливостями відведення стружки та теплоти з зони різання, та дією великих складових сили різання, що в сумі створюють осьову силу різання та момент свердління та досить часто приводять до крихкого руйнування інструменту:

$$\tau \leq [\tau] \quad (2.4)$$

Дотичні напруження, що виникають у свердлі в процесі руйнування визначаються за формулою:

$$\tau \leq M_{ce} / W \quad (2.5)$$

де M_{ce} - момент свердління (Нм), W - момент опору поперечного перерізу свердла (мЗ).

Момент опору з урахуванням форми поперечного перерізу свердла та діапазону розмірів визначається за формулою

$$W = kD^3 \quad (2.6)$$

Дослідження виконуються за методикою однофакторних експериментів. Результати вимірювань записують у таблиці експериментальних даних, за якими будують відповідні графіки залежностей по кожному експерименті. :

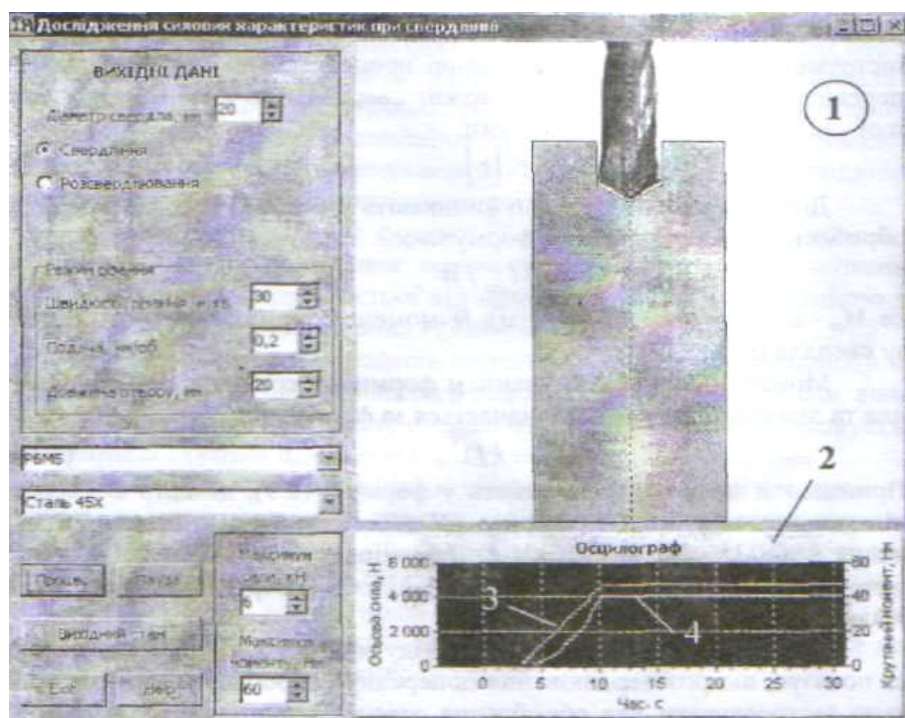


Рисунок 2.1. Інтерфейс програми моделювання

Спочатку досліджуємо залежності осьової складової сили різання і крутного моменту від осьової подачі при свердлінні у суцільному матеріалі. Результати експериментів представлено в додатку В1.

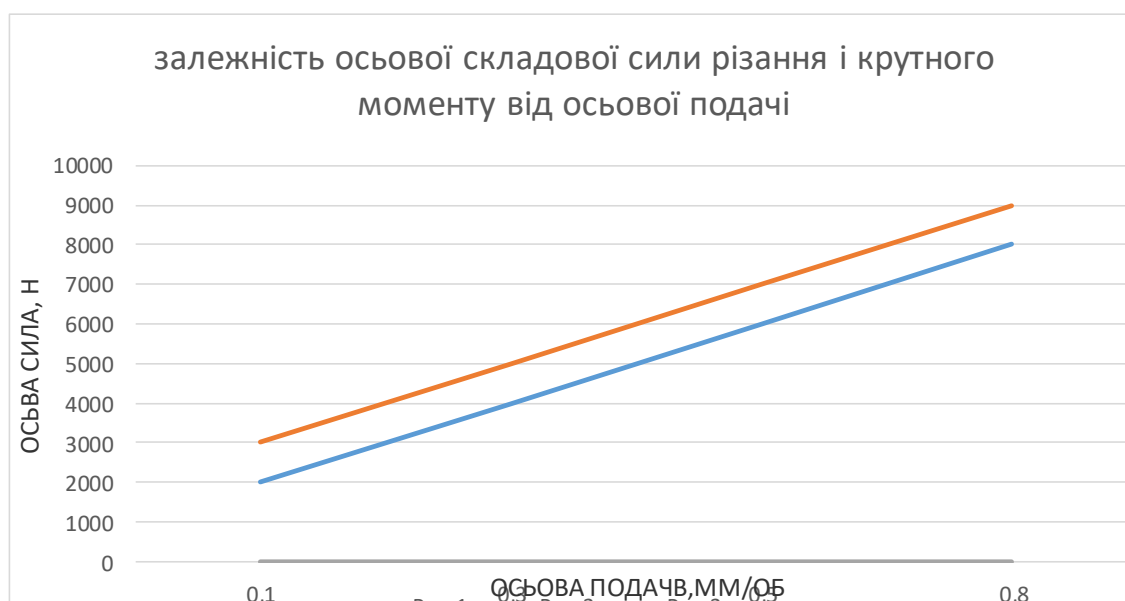


Рисунок 2.2 - Графіки залежностей P_o і M від подачі S

Наступні експерименти присвячені встановленню залежностей осьової сили і крутного моменту від діаметру свердла.

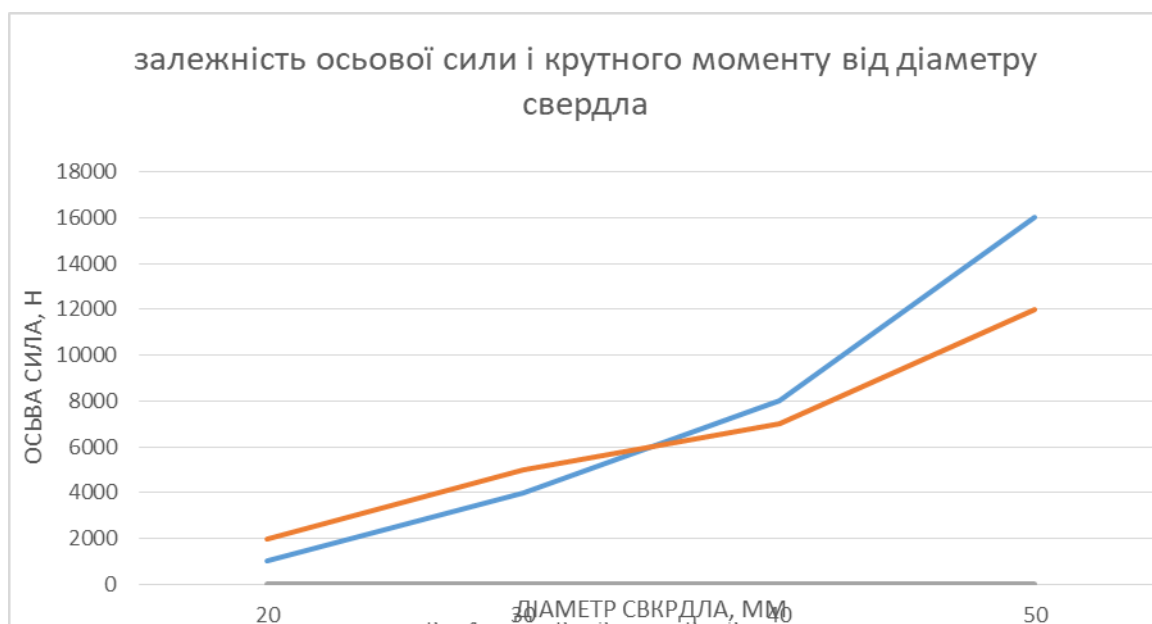


Рисунок 2.3 - Графіки експериментальних залежностей осьової сили і крутячого моменту від діаметра свердла

Можливості підвищення стійкості інструменту за рахунок зміни поперечного перерізу свердла не є достатньо вивчені і практично вичерпані. Тому одним із напрямків підвищення ефективності процесу глибокого свердлення є оптимізація умов експлуатації ріжучого інструмента.

2.2 Оброблення результатів досліджень

Глибоке свердління використовується під час обробки отворів, які мають глибину $5xD$ або більше. Головною умовою оброблення ріжучим інструментом методом глибокого свердління є охолодження під тиском. Особливістю такої обробки є необхідність визначення правильного напрямку під час початку процесу різання. Цей напрямок проходить через спеціальну кондукторну втулку або ж в заздалегідь підготовлений просвердлений отвір на рис.2.4. Головна технологічна проблема, яка виникає при глибокому свердлінні, що на

повних обертах поза самої деталі не можна вільно обертати ріжучий інструмент. [13]

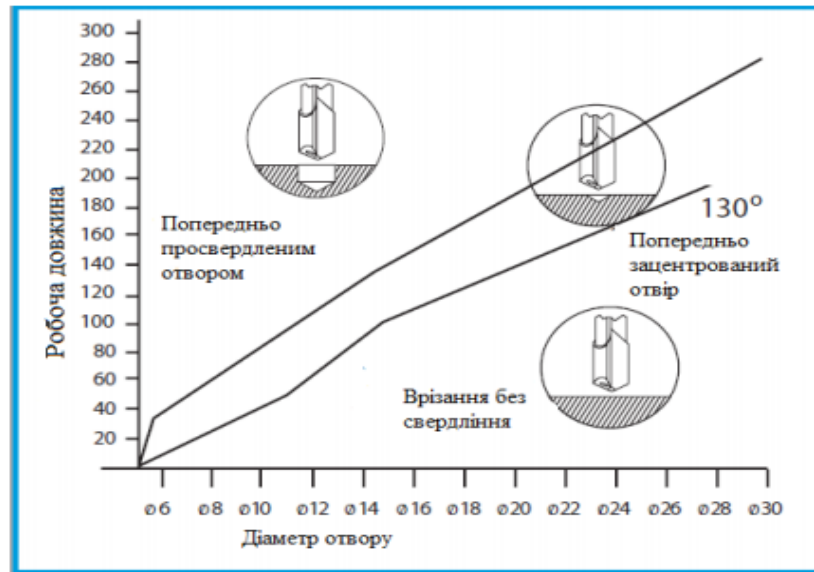


Рисунок 2.4- Вибір методу врізання в залежності від діаметру отвору та робочої довжини

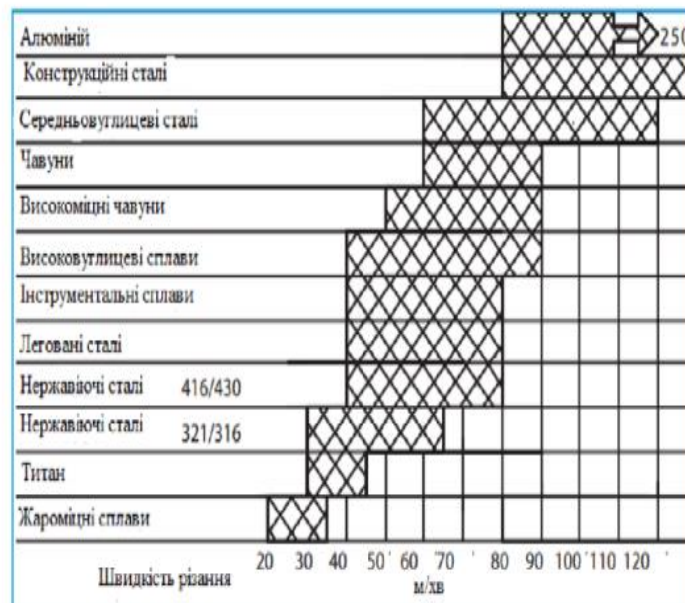


Рисунок 2.5- Величина швидкості різання в залежності від оброблюваного матеріалу

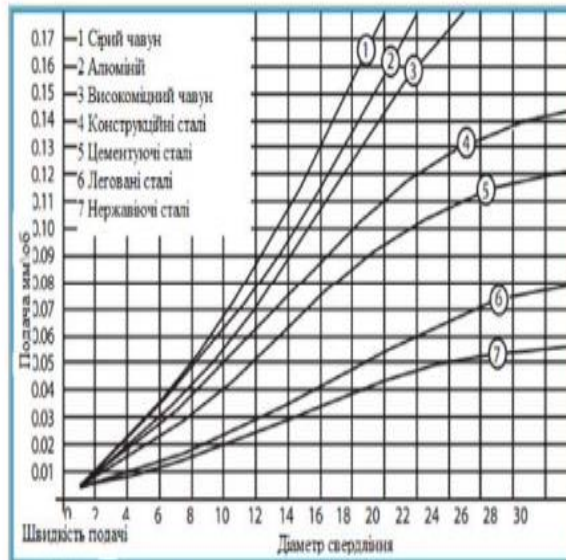


Рисунок 2.6- Вибір величини подачі

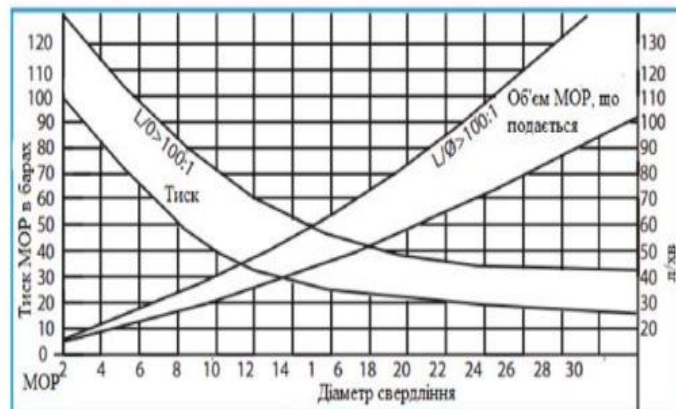


Рисунок 2.7- Вибір режимів подачі змащувально-охолоджувальних рідин для видалення стружки із зони різання

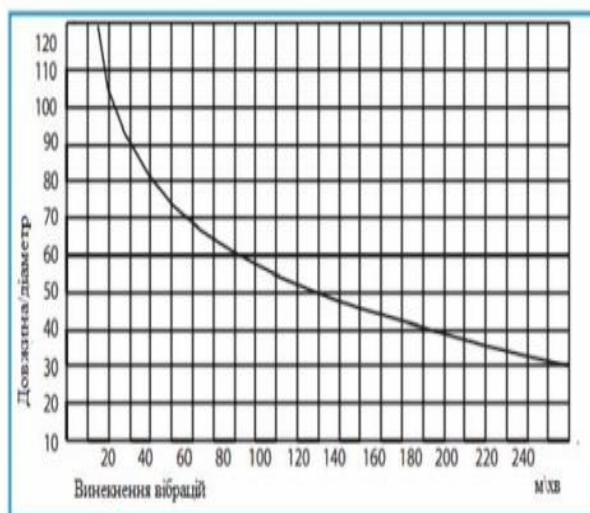


Рис.2.8- Графічна залежність виникнення вібрацій в залежності від співвідношення довжини до діаметру свердла

Користуючись вище наведеними графічними залежностями можна достатньо ефективно визначити параметри режимів різання та дослідити геометрію різального інструменту для оброблення глибоких отворів з заданими характеристиками.

Відповідно до поставлених задач та враховуючи матеріал виготовлення деталі, конструктивні особливості та специфіку отворів, які необхідно свердлили на операції 015 агрегатно-свердлильній запропонованого технологічного процесу, визначаємо основні параметри режимів різання, які представляємо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Параметри режимів різання

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	D або B	L	t	i	S	n	V
015	Агрегатно-свердлильна	Свердлили 2 отв. Ø10	10	200	5	2	0,12	1350	43

2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

В наслідок перерахованих вище методів досліджень процесу різання різними інструментами не існує комплексу досліджень процесу різання в цілому, а саме обробки глибоких отворів, тому необхідно проводити таким чином моделювання та дослідження процесу, щоб поєднати різні напрямки відомих досліджень. Проведені експериментальні дослідження з встановлення залежності осьової сили та крутного моменту від сили осьової подачі при свердлінні свідчать про суттєвий вплив величини подачі на силові характеристики процесу різання. Причому зміна величини подачі суттєво впливає на крутний момент, а ніж на осьову силу різання. Збільшення діаметру свердління при інших постійних параметрах процесу викликає прямо пропорційне збільшення величини осьової сили різання, та значну зміну крутного моменту.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Деталь – вал первинний 695Ж-1701030 є складовою деталлю картера коробки передач гідромеханічної передачі. Гідромеханічна передача складається з гідротрансформатора, двоступінчатого механічного редуктора, та таких систем, як управління, масляної, привода і охолодження. [2]

Редуктор ГМП складається з картера, ведучого, проміжного та веденого валів та шестерень постійного зачеплення, підшипників, подвійного фрикціону та механізму заднього ходу. Картер редуктора переднім фланцем закріплюється на шпильках картеру гідротрансформатора. Центрування забезпечується двома штифтами. Знизу до картера кріпиться масляний піддон. У центральній частині картера встановлено передній підшипник ведучого валу. В задній частині картера розташовано отвір для підшипників ведучого і проміжного валів.

Підшипники проміжного валів закріплюються пружинами. На задній стінці картера встановлюється циліндр виключення заднього ходу, а на площадці встановлено корпус перемикача золотників периферійних клапанів, Вал первинний 695Ж-1701030 має чітко визначену форму валу з основними та допоміжними поверхнями, виготовляється з сталі 40Х, що має високу стійкість до вібраційних коливань, легко обробляється, має хороші властивості для пластичного деформування.

Вага валу первинного - 695Ж-1701030 – 6,4 кг, габаритні розміри - 695Ж-1701030 – 389,5xØ75 мм Це обумовлює особливі вимоги до транспортування та завантаження деталі на верстат. Найбільш точними, а отже і складними у виготовленні є поверхні $\text{Ø}50^{+0,02}_{-0,003}$, $\text{Ø}60^{-0,012}_{-0,032}$, $\text{Ø}54^{-0,01}_{-0,023}$ та канавок 3x44,6 мм. Параметри шорсткості цих поверхонь – Ra 0,8 – 2,5 мкм.

Складними у виготовленні є отвори $\text{Ø}23,9^{+0,33}$ мм, 2 отвори $\text{Ø}10 \times 198,5$, і $\text{Ø}10 \times 178$ мм. Параметр шорсткості – Ra 2,5 мкм.

Биття торцевих поверхонь відносно осі валу не повинно перевищувати 0,02 мм. Биття середнього діаметру різі М33 – 0,05 мм. Відхилення від симетричності розташування пазів шпонкових канавок відносно осей валів – 0,025 мм.

Таблиця 3.1 -Базовий ТП механічного оброблення валу первинного
695Ж-1701030

№ оп.	Назва операції	Зміст технологічних переходів	Модель обладнання
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці в розмір 389,5 Свердлити 2 центр. отвори Точити Ø54,5	2983
010	Токарно-гвинторізна	Проточити Ø50 в р-р 126, точити торець Ø75 начорно	16К20
015	Токарно-гвинторізна	Проточити Ø50, Ø34, Ø34,5 мм, прорізати 6 канавок 3х Ø40	16К20
020	Вертикально-свердлильна	Свердлити отвір Ø10 в р-р 198,5; Зенкувати фаску 60° в р-р 3,5 Центрувати Ø22 в р-р 2 мм	2А125П
025	Шліцефрезерна	Фрезерувати 14 шліців на довж. 73	5330А
030	Радіально-свердлильна	Свердлити 8 отв. Ø7 в р-ри 22 і 14 мм	2М50
035	Вертикально-свердлильна	Свердлити Ø8,2 в р-р 36 Зенкувати фаску 1,5х45° Нарізати різь М10-6Н в р-р 25 мм	2А125П
040	Вертикально-фрезерна	Фрезерувати 2 пази 12х58 з перевстановленням	6Р13
045	Кругло-шліфувальна	Шліфувати Ø54 ^{-0,01} _{-0,034} ; Шліфувати Ø55 ± 0,01	3М151

Базовий технологічний процес розрахований для умов дрібносерійного виробництва. На більшості операцій застосовується універсальне устаткування та спорядження.

Проаналізувавши вказаний ТП, можна зробити такі висновки:

1. Запропонований метод отримання заготовки, прокат є правильним з огляду на існуюче дрібносерійне виробництво. В умовах серійного виробництва більш доцільно використовувати штамповку, що змінить коефіцієнт використання матеріалу.

2. Чорнові, чистові і проміжні бази вибрано вірно. Правило єдності баз зберігається.

3. Припуски на механічне оброблення прийнято дещо завищеними.

4. Послідовність операцій встановлено правильно.

5. Режими різання не є прогресивним. Їх можна замінити більш інтенсивними.

6. Обладнання, що використовується в даному технологічному процесі ефективно використовувати в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. Відповідно до нашої програми випуску в структуру технологічного процесу та обладнання вносимо такі зміни:

- токарно-гвинторізні операції доцільно проводити на гідрокопіювальному верстаті;

- вертикально та радіально-свердлильні операції доцільно проводити на агрегатно-свердлильному верстаті з огляду на значну величину програми випуску;

- шліцефрезерні операції доцільно виконувати на напівавтоматі.

7. Для всіх верстатів доцільно запропонувати пристрої з автоматизованим затиском.

Встановлюємо тип виробництва:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum C_{np}}$$

де, $\sum O$ – кількість всіх операцій, які підлягають виконанню;

ΣC_{np} – прийнята кількість робочих місць на дільниці.

$$O = \frac{\eta_{з.норм}}{\eta_{з.факт}},$$

де, $\eta_{з.норм}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (приймаємо

$$\eta_{з.норм} = 0,85);$$

$\eta_{з.факт}$ – фактичний коефіцієнт завантаження устаткування.

$$\eta_{з.факт} = \frac{m_p}{C_{np}},$$

де, m_p – розрахункова кількість устаткування;

Розрахункова кількість устаткування:

$$m_p = \frac{T_{шт.} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{\partial}},$$

де, $T_{шт.}$ - штучний час на операції, хв.;

N - річна програма випуску, шт.;

Φ_{∂} - дійсний фонд часу роботи устаткування у задану кількість змін

(приймаємо рівним 4055 год для заданого двозмінного режиму роботи).

$$K_{з.о.} = \frac{24}{24} = 1,0 \quad (3.1)$$

Приймаємо масовий тип виробництва. [2]

Визначаємо організаційну форму виробництва.

.

$$R = \frac{T_{шт.сер.}}{t_{\partial}}; \quad (3.2)$$

де, $T_{шт.сер.}$ - середній штучний час на операції, хв.;

t_{∂} - такт випуску, в хв., який визначається за формулою:

$$t_{\partial} = \frac{60 \cdot \Phi_{\partial}}{N} = \frac{60 \cdot 4055}{40000} = 5,53 \text{ хв}; \quad (3.3)$$

Приймаємо:

$$T_{ум.сер.} = \frac{112,6}{9} = 12,5хв,$$

Тоді,

$$R = \frac{12,5}{5,5} = 2,3.$$

Результати розрахунків по попередньому встановленню типу виробництва зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2- Попереднє встановлення типу виробництва

№ оп.	Назва операції	$T_{ум.}$	$m_p.$	$C_{пр.}$	$\eta_{з.факт}$	O
005	Фрезерно-центрувальна	4,0	1,48	2	0,74	2
010	Токарно-гвинторізна	5,8	2,25	3	0,75	3
015	Токарно-гвинторізна	4,2	1,68	2	0,84	2
020	Вертикально-свердлильна	8,7	2,99	3	1,00	3
025	Шліцефрезерна	13,8	5,81	6	0,97	6
030	Радіально-свердлильна	4,4	0,80	1	0,80	1
035	Вертикально-свердлильна	4,1	1,41	2	0,71	2
040	Вертикально-свердлильна	5,9	1,45	2	0,72	2
045	Круглошліфувальна	7,3	2,52	3	0,84	3
Всього				24		24

Оскільки $R = 2,3 > 0,6$, то маємо потокову форму організації виробництва. Розмір партії запуску деталей у масовому виробництві розраховувати недоцільно.

Проводимо відпрацювання деталі на технологічність.

Якісні показники технологічності.

1. Вал первинний 695Ж-1701030 картера коробки передач гідромеханічної передачі має чітко визначену форму валу з усіма основними та допоміжними поверхнями, що полегшує базування деталі в процесі механічного оброблення, а також спрощує процес отримання заготовки.

Вага валу первинного 695Ж-1701030 – 6,4 кг. Це обумовлює особливості вимоги до транспортування та завантаження деталі на верстат. Габаритні розміри валу первинного 695Ж-1701030 398,5xØ75.

2. Вал первинний 695Ж-1701030 картера коробки передач виготовляється з сталі 40Х, що добре реагує на вібраційні коливання, легко обробляється, має хороші властивості пластичного деформування.

3. Оброблення основних поверхонь забезпечується на прохід і потребує застосування високопродуктивного устаткування.

4. Деталі мають стандартні базові поверхні для початкового оброблення та вигідні чистові бази.

5. Конструкція валу первинного дозволяє застосувати граничні калібри для контролю поверхонь і не вимагають застосування спеціальних вимірювальних пристроїв та інструментів.

1) Коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}}. \quad (3.4)$$

де, T_{cp} – середній квалітет точності.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n}{\sum n}. \quad (3.5)$$

де, T_i - квалітет точності і-тої поверхні;

n - кількість поверхонь даного квалітету.

$$T_{cp} = \frac{14 \cdot 14 + 11 \cdot 1 + 10 \cdot 5 + 14 \cdot 8 + 14 \cdot 6}{45} = 10,1.$$

Отже коефіцієнт точності буде:

$$K_m = 1 - \frac{1}{10,1} = 0,90.$$

$$K_{m.норм.} = 0,8.$$

Оскільки $K_m > K_{m.норм.}$ - то деталь вал первинний 695Ж-1701030 технологічна за точністю.

Таблиця 3.3- Дані для розрахунків кількісних показників технологічності

Поверхня/розмір	Кількість	Квалітет	Шорсткість, Ra	Уніфікованість
1	2	3	4	5
398,5 _{-0,38}	2	14	6,3	-
Ø10 ^{+0,12}	2	14	6,3	+
Ø7 ^{+0,12}	7	14	6,3	+
Ø45 _{-0,34} ^{-0,17}	14	8	1,6	+
Ø34,5	1	11	6,3	+
Ø39 _{-0,17}	1	14	6,3	+
Ø38 _{-0,17}	6	6	0,8	+
Ø44,6 _{-0,16} ^{-0,075}	1	10	3,2	+
Ø34 _{-0,17}	1	14	6,3	+
Ø36 _{-0,12}	2	10	1,6	+
M10-6H	3	12	6,3	+
Ø55 ± 0,01	1	6	0,8	+
Ø54 _{-0,023} ^{-0,01}	1	6	0,8	+
Ø75 _{-0,023} ^{-0,01}	1	14	6,3	+
Ø12 _{-0,075} ^{-0,02}	2	10	1,6	+

2) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = 1 - \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}}; \quad (3.6)$$

де, $\overline{Ш}_{cp}$ - середня шорсткість оброблюваних поверхонь

$$\overline{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n}{\sum n}; \quad (3.7)$$

де, $Ш_i$ - шорсткість і-тої поверхні;

n - кількість поверхонь даної шорсткості.

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

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = 1 - \frac{1}{3,8} = 0,83.$$

$$K_{w.норм.} = 0,8$$

$K_w > K_{w.норм.}$ - отже деталь вал первинний 695Ж-1701030 технологічна за шорсткістю.

3) Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_{уніф}}{n_{заг}} \quad (3.8)$$

де, $n_{уніф}$ - кількість уніфікованих розмірів;

$n_{заг}$ - загальна кількість розмірів.

$$K_y = \frac{42}{45} = 0,93.$$

$$K_{y.норм.} = 0,85$$

$K_y \geq K_{y.норм.}$ - то деталь вал первинний 695Ж-1701030 технологічна за ступенем уніфікації.

4) коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}}, \quad (3.9)$$

де, $m_{дет}$ - маса деталі, кг;

$m_{заг}$ - маса заготовки, кг.

$$K_{в.м.} = \frac{6,4}{8,5} = 0,76.$$

$$K_{в.м.норм.} = 0,75$$

$K_{в.м.} > K_{в.м.норм.}$ - деталь вал первинний 695Ж-1701030 технологічна за ступенем використання матеріалу.

Матеріал деталі – сталь 40Х. [9]

Таблиця 3.4 - Механічні властивості сталі 40Х

Марка сталі	Механічні властивості					
	$\sigma_T, Н / мм^2$	$\sigma_B, Н / мм^2$	S, %	$\psi, \%$	$Q_H, Нм / см^2$	НВ
Сталь 40Х	294,2	588,4	80	25	88,26	217

Таблиця 3. 5 - Хімічний склад сталі 40Х

Марка сталі	Хімічний склад, %								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Zn	Fe
Ст. 40Х	0,4	0,25	0,7	Не більше 0,35		1,0	0,25	0,2	Решту

Заготовку даної деталі можна отримати такими способами [16]:

1) прокат сортовий;

2) поковка;

Загальні вихідні дані:

- матеріал деталі – сталь 40Х;
- маса деталі – 6,4 кг;
- тип виробництва – масовий.

Після проведених розрахунків, робимо висновок, що оптимальним варіантом буде поковка.

Економічний ефект, отриманий при цьому визначається за формулою:

$$E = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (28,5 - 24,7) \cdot 40000 = 83600(\text{грн}). \quad (3.10)$$

Необхідно надати уточнення для заготовки $\varepsilon_{узаг}$:

$$\varepsilon_{узаг} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad (3.11)$$

де, $T_{заг}$ - допуск на розміри заготовки, мкм;

$T_{дет}$ - допуск на деталь, мкм.

В нашому випадку поверхня обробляється послідовно чорновим, чистовим та викінчувальними методами, тобто коефіцієнт уточнення:

$$\varepsilon_{yi} = \frac{T_{i-1}}{T_i}, \quad (3.12)$$

де, T_{i-1} - допуск на попереднє оброблення поверхні, мкм;

T_i - допуск на поточне оброблення поверхні, мкм.

Представимо розрахункове уточнення, яке виражається добутком ε_{yi} - уточнень, отриманих на кожному переході:

$$\varepsilon_y = \prod_{i=1} \varepsilon_y \quad (3.13)$$

Кількість методів обробки поверхні деталі вибрано вірно, про що свідчить нерівність:

$$\varepsilon_y \leq \varepsilon_{у.заг}. \quad (3.14)$$

Коефіцієнт уточнення вказує на кількість методів оброблення n :

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{у.заг.}}{0,46} \quad (3.15)$$

Алгоритм вибору методів оброблення представимо на прикладі оброблення поверхні $\varnothing 55 \pm 0,01$.

Точність заготовки приймаємо по 16 квалітету $T_{заг} = 2200\text{мкм}$. Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{у.заг.} = \frac{740}{20} = 37.$$

Кількість переходів оброблення:

$$n = \frac{\lg 37}{0,46} = 2,5.$$

Приймаємо $n = 3$.

Технологічні оброблення поверхні $\text{Ø}55 \pm 0,01$ пропонується наступна:

- чорнове точіння ($T_1=120\text{мкм}$);
- чистове точіння ($T_2=46\text{мкм}$);
- кругле шліфування ($T_3=20\text{мкм}$);

Уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{740}{120} = 6,2; \quad \varepsilon_2 = \frac{120}{46} = 2,6; \quad \varepsilon_3 = \frac{46}{20} = 2,3.$$

$$\varepsilon_y = 6,2 \cdot 2,6 \cdot 2,3 = 37,4.$$

Умова $\varepsilon_y \leq \varepsilon_{заг}$ виконується.

Всі розрахунки зводимо у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6- Вибір методів оброблення поверхонь деталі

Поверхня	Технологія оброблення	ε_{y_i}	Π_{ε_i}	$\varepsilon_{у.заг.}$
$\text{Ø}54_{-0,023}^{-0,01}$	Чорнове точіння	8,41	62,5	62,5
	Чистове точіння	3,0		
	Тонке розточування	2,48		
$\text{Ø}45_{-0,34}^{-0,17}$	Чорнове точіння	2,18	4,36	4,36
	Чистове точіння	2,0		
$\text{Ø}12_{-0,075}^{-0,02}$	Свердління	-	2,4	2,4
	Зенкерування	2,4		

Аналізуючи службове призначення деталі, робимо висновок, що основними базами є вісь – подвійна напрямна база та торець деталі – упорна база. Допоміжними базами служать: циліндрична поверхня ($\varnothing 72,5 \times 127,5$ мм) – допоміжна подвійна напрямна база та торець деталі – упорна база.

Аналізуючи технічні умови зазначаємо, що допуск радіального биття подвійної напрямної бази ($\varnothing 72,5 \times 127,5$ мм) до осі деталі – 0,025 мм.

Основні бази потрібно обробляти в першу чергу, оскільки вони використовуються на найбільш відповідальних операціях. Нам необхідно забезпечити рівномірність припуску при розточуванні отвору $\varnothing 36^{+0,027}$. Нерівномірність припуску виникає на операції розточування через зміщення осі отвору в заготовці та осі обертання інструменту.

На рис. 3.1.а це зміщення представлено замикаючою ланкою A_{Δ} розмірного ланцюга, складовими елементами якого є - A_1 - номінальний діаметр оброблюваного отвору ($\varnothing 36^{+0,027}$); A_2 - діаметр базової поверхні $\varnothing 55_{-0,032}^{-0,012}$, A_3 - діаметр базової поверхні $\varnothing 72,5_{-0,2}$.

На рис. 3.1.б – в представлено два варіанти базування, перший на призматичну поверхню бічної поверхні валу $\varnothing 72,5_{-0,2}$ та другий – на оправку. Уявна напрямна база може бути виконана за допомогою пристрою самоцентруючого.

Проаналізувавши технологічні розмірні ланцюги та похибки їх складових ланок отримуємо:

$$\text{в 1 варіанті: } \omega A_{\Delta} = \omega B_1 + \omega B_2 + \frac{\omega A_1}{2} = 0,1 + 0,65 + 0,15 = 0,9(\text{мм});$$

$$\text{в 2 варіанті: } \omega A_{\Delta} = \omega B_1 + \frac{\omega A_1}{2} = 0,01 + 0,65 = 0,66(\text{мм});$$

де, $\omega A_{\Delta}, \omega A_1, \omega A_2, \omega B_1, \omega B_2, \omega B_{\Delta}$ - похибки відповідних ланок розмірних ланцюгів.

Отже, другий варіант базування забезпечує меншу нерівномірність припуску, але при цьому конструкція пристрою є складнішою.

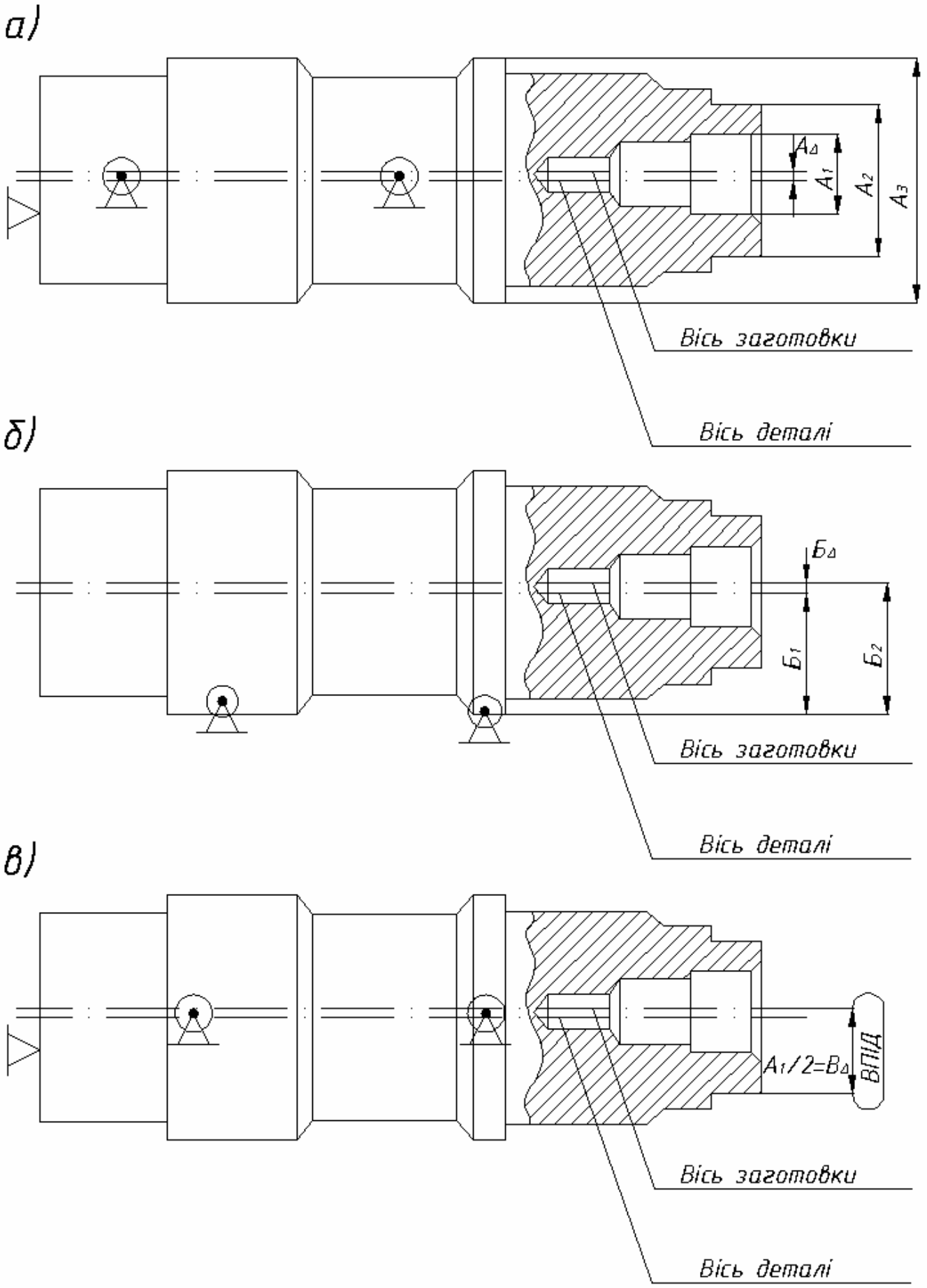


Рисунок 3.1- Схеми базування

Враховуючи конструктивні особливості деталі та тип виробництва пропонується такий технологічний процес оброблення валу первинного 695Ж-1701030.

Таблиця 3.7-Технологічний процес оброблення валу первинного

№ оп.	Назва операції	Зміст технологічних переходів	Модель верстату
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці в розмір 372,5	2983
		Свердлити 2 центр. отвори	
010	Токрано-гідро-копіювальна	Проточити Ø53 в р-р 163,5 начорно	1Н713-2
		Проточити Ø56 в р-р 150 начорно	
		Проточити Ø63 в р-р 123 начорно	
		Точити торець Ø75 начорно	
		Проточити Ø51 і Ø63 начорно	
		Проточити Ø72,5 в р-р 81,5 начорно	
		Проточити Ø68 начорно	
		Точити торець Ø72,5 начорно	
		Прорізати 2 канавки на вихід шліфувального круга	
015	Агрегатно-свердлильна	Свердлити отв. Ø10 в р-р 50	ДФ-513
		Розсвердлити Ø22	
		Зенкувати фаску 60° в р-р 3,5	
		Зенкерувати Ø23,9	
020	Кругло-шліфувальна	Шліфувати $\text{Ø}50^{+0,02}_{+0,003}$, $\text{Ø}55 \pm 0,032$	3М151
025	Шліцефрезерна	Фрезерувати 8 шліців на довжині 51 мм і вісім шліфів на довжині 123 мм	5250А
030	Агрегатно-свердлильна	Свердлити отв. Ø10 в р-р 85	М2547
		Розсвердлити Ø22	
		Розсвердлити Ø32	
		Зенкувати фаску 60° в р-р 3,5	
		Цекувати Ø33	

3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу

Встановлення припусків і операційних розмірів, проектування заготовки

Розрахуємо припуски на обробку і проміжні граничні розміри на поверхню $\varnothing 54f5$ валу первинного 695Ж-1701030. [2]

Вихідні дані:

Заготовка – штамповка ГKM підвищеної точності (група сталі M1, степунь складності C2). Маса заготовки – 6,4 кг. Пристрій для обробки – центри. Кількість переходів – 4. Номінальний діаметр деталі – $d_{ном}=54\text{мм}$.

Визначення елементів припуску.

Висота нерівностей профіля Rz:

Заготовка – $Rz_0:=0,150\text{мм}$.

Обточування попереднє – $Rz_1:=0,050\text{мм}$.

Обточування кінцеве – $Rz_2:=0,030\text{мм}$.

Шліфування попереднє – $Rz_3:=0,010\text{мм}$.

Шліфування кінцеве – $Rz_4:=0,005\text{мм}$.

Глибина дефектного поверхневого шару T:

Заготовка – $T_0:=0,250\text{мм}$.

Обточування попереднє – $T_1:=0,050\text{мм}$.

Обточування кінцеве – $T_2:=0,030\text{мм}$.

Шліфування попереднє – $T_3:=0,020\text{мм}$.

Шліфування кінцеве – $T_4:=0,015\text{мм}$.

Сумарне просторове відхилення ρ :

Заготовка.

Величина просторового відхилення зміщення $\rho_{зм0}:=1,000\text{мм}$.

Величина просторового відхилення короблення:

$$\rho_{кор0}:= \Delta k \cdot l \quad (3.16)$$

Величина просторового відхилення короблення:

$$\rho_{кор0}= 0,001 \cdot 138=0,14\text{мм}.$$

Величина просторового відхилення:

$$\rho_{ц0} := \sqrt{\left(\frac{\delta z_0}{2}\right)^2 + 0,25^2} \quad (3.17)$$

Величина допуску на поверхні, що використовується в якості базових.

$$\delta_{z0} := 3,000 \text{ мм.}$$

Величина просторового відхилення:

$$\rho_{ц0} := 1,521 \text{ мм.}$$

Визначення припусків на механічну обробку і розмірів заготовок зведемо в таблицю 3.8

Розрахункова формула для сумарного просторового відхилення заготовки ρ_0 :

$$\rho_{ц0} := \sqrt{(\delta z_{m0})^2 + (\delta \text{кор}_0)^2 + (\delta y_0)^2} \quad (3.18)$$

Величина сумарного просторового відхилення заготовки ρ_0 .

$$\rho_{ц0} = 1,825 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення сумарного просторового відхилення після попереднього обточування ρ_1 :

$$\rho_1 := 0,06 \cdot \rho_0.$$

Величина сумарного просторового відхилення після попереднього обточування $\rho_1 = 0,1095 \text{ мм.}$

Розрахункова формула для визначення сумарного просторового відхилення після кінцевого обточування ρ_2 :

$$\rho_2 := 0,04 \cdot \rho_0$$

Величина сумарного просторового відхилення після кінцевого обточування $\rho_2 = 0,073 \text{ мм.}$

Розрахункова формула для визначення сумарного просторового відхилення після попереднього шліфування ρ_3 :

$$\rho_3 := 0,02 \cdot \rho_0$$

Величина сумарного просторового відхилення після кінцевого обточування $\rho_3 = 0,0365 \text{ мм.}$

Шліфування кінцеве: $\rho_4 := 0$

В даному випадку обробка проводиться в центрах, то похибка встановлення в радіальному напрямку дорівнює нулю, у подальших розрахунках ε не включаємо.

Тобто: $\varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0, \varepsilon_3=0, \varepsilon_4=0$

Визначені дані зводимо в таблицю 3.8

Таблиця 3.8- Розрахунок припусків і розмірів заготовки

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничне значення розміру, мм		Граничне значення припуску, мм	
	R_Z	T	ρ	ε				d_{min}^{ep}	d_{max}^{ep}	$2Z_{min}^{ep}$	$2Z_{max}^{ep}$
1. Заготовка	150	250	1825	0		59,246	3000	59,2	62,2		
2. Обточування попереднє	50	50	1095	0	4451	54,795	460	54,8	55,26	4,451	6,991
3. Обточування кінцеве	30	30	730	0	419	54,376	120	54,38	54,5	0,419	0,759
Шліфування попереднє	10	20	365	0	266	54,11	30	54,11	54,14	0,266	0,356
Шліфування кінцеве	5	15	0	0	133	53,977	13	53,977	53,99	0,133	0,15
Всього										5,269	8,256

На основі зведених у таблицю 3.8 даних проводимо розрахунки припусків і розмірів результати яких також заносяться у дану таблицю.

Мінімальний припуск для обробки отвору визначається за формулою:

$$2Z_{min} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right), \quad (3.19)$$

де, $R_{Z_{i-1}}$ - шорсткість, досягнута на (i-1)-му переході, мкм;

T_{i-1} - глибина дефектного шару, отримана на (i-1)-му переході;

ρ_{i-1} - просторове відхилення, отримане на (i-1)-му переході;

ε_i - похибки встановлення на i – му переході, мкм;

Сумарний мінімальний припуск під попереднє обточування.

$$Z_{\min 1}=4,451\text{мм.}$$

Сумарний мінімальний припуск під кінцеве обточування

$$Z_{\min 2}=0,419\text{мм.}$$

Сумарний мінімальний припуск під попереднє шліфування

$$Z_{\min 3}=0,266\text{мм.}$$

Сумарний мінімальний припуск під кінцеве шліфування

$$Z_{\min 4}=0,133\text{мм.}$$

Визначаємо розрахунковий розмір d_p по переходах.

Розрахунковий розмір для кінцевого шліфування d_{p4} :

$$d_{p4}:=d_{\text{ном}}+e_{i4}$$

Розрахунковий розмір для кінцевого шліфування d_{p4} :

$$d_{p4}=53,977\text{мм.}$$

Розрахунковий розмір d_{p3} для попереднього шліфування:

$$d_{p3}:=d_{p4}+Z_{\min 4}$$

Розрахунковий розмір d_{p3} для попереднього шліфування.

$$d_{p3}=54,11\text{мм.}$$

Розрахунковий розмір d_{p2} для кінцевого обточування:

$$d_{p2}:=d_{p3}+Z_{\min 3}$$

$$d_{p2}=54,376\text{мм.}$$

Розрахунковий розмір d_{p1} для попереднього обточування:

$$d_{p1}:=d_{p2}+Z_{\min 2}$$

$$d_{p1}=54,795\text{мм.}$$

Розрахунковий розмір d_{p0} для заготовки визначається за формулою:

$$d_{p0}:=d_{p1}+Z_{\min 1}$$

$$d_{p0}=59,246\text{мм.}$$

Визначення найменших граничних розмірів по переходах.

Кінцеве шліфування.

$$d_{\min 4}:=d_{p4}$$

$$d_{\min 4}=53,977\text{мм.}$$

Попереднє шліфування.

$$d_{\min 3} := d_{p3}$$

$$d_{\min 3} = 54,11 \text{ мм.}$$

Кінцеве обточування.

$$d_{\min 2} := d_{p2}$$

$$d_{\min 2} = 54,38 \text{ мм.}$$

Попереднє обточування.

$$d_{\min 1} := d_{p1}$$

$$d_{\min 1} = 54,8 \text{ мм.}$$

Заготовка.

$$d_{\min 0} := d_{p0}$$

$$d_{\min 0} = 59,2 \text{ мм.}$$

Найбільші граничні розміри по переходах.

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру для кінцевого шліфування.

$$d_{\max 4} := d_{\min 4} + Td_4$$

$$d_{\max 4} = 53,99 \text{ мм.}$$

Найбільший граничний розмір для попереднього шліфування.

$$d_{\max 3} := d_{\min 3} + Td_3$$

$$d_{\max 3} = 54,14 \text{ мм.}$$

Найбільший граничний розмір для кінцевого обточування.

$$d_{\max 2} := d_{\min 2} + Td_2$$

$$d_{\max 2} = 54,5 \text{ мм.}$$

Найбільший граничний розмір для попереднього обточування.

$$d_{\max 1} := d_{\min 1} + Td_1$$

$$d_{\max 1} = 55,26 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру для заготовки.

$$d_{\max 0} := d_{\min 0} + Td_0$$

Найбільший граничний розмір для заготовки.

$$d_{\max 0} := 62,2 \text{ мм.}$$

Визначимо найбільші граничні розміри припусків по переходах.

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру припуску для кінцевого шліфування:

$$Z_{\text{прmax4}} := d_{\max 3} - d_{\max 4}$$

$$Z_{\text{прmax4}} := 0,15 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру припуску для попереднього шліфування:

$$Z_{\text{прmax3}} = d_{\max 2} - d_{\max 3}$$

$$Z_{\text{прmax3}} := 0,356 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру припуску для кінцевого обточування:

$$Z_{\text{прmax2}} := d_{\max 1} - d_{\max 2}$$

$$Z_{\text{прmax2}} := 0,759 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найбільшого граничного розміру припуску для попереднього обточування:

$$Z_{\text{прmax1}} := d_{\max 0} - d_{\max 1}$$

$$Z_{\text{прmax1}} := 6,991 \text{ мм.}$$

Визначемо найменші граничні розміри припусків по переходах.

Розрахункова формула для визначення найменшого граничного розміру припуску для кінцевого шліфування.

$$Z_{\text{прmin4}} := d_{\min 3} - d_{\min 4}$$

$$Z_{\text{прmin4}} := 0,133 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найменшого граничного розміру припуску для попереднього шліфування.

$$Z_{\text{прmin3}} := d_{\min 2} - d_{\min 3}$$

$$Z_{\text{прmin3}} := 0,266 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найменшого граничного розміру припуску для кінцевого обточування.

$$Z_{\text{прmin}2} := d_{\text{min}1} - d_{\text{min}2}$$

$$Z_{\text{прmin}2} := 0,419 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення найменшого граничного розміру припуску для попереднього обточування.

$$Z_{\text{прmin}1} := d_{\text{min}0} - d_{\text{min}1}$$

$$Z_{\text{прmin}1} := 4,451 \text{ мм.}$$

Сумарний мінімальний припуск.

Сумарний максимальний припуск.

$$\sum Z_{\text{пр min}} = 5,269 \text{ мм.}$$

$$\sum Z_{\text{пр max}} = 8,256 \text{ мм.}$$

Перевірка умови:

$$\sum Z_{\text{пр max}} - \sum Z_{\text{пр min}} - T_{d0} + T_{d4} = 1,875 \times 10^{-15}$$

Умова виконується.

Розрахункова формула для визначення номінального припуску:

$$Z_{\text{ном}} = \sum Z_{\text{пр min}} + e_{i0} - e_{i4} \quad (3.20)$$

Номінальний припуск.

$$Z_{\text{ном}} = 5,992 \text{ мм.}$$

Розрахункова формула для визначення номінального діаметра заготовки:

$$d_{\text{ном}0} = d_{p4} + Z_{\text{ном}} \quad (3.21)$$

Визначення номінального діаметра заготовки:

$$d_{\text{ном}0} = 59,969 \text{ мм.}$$

Приймаємо номінальний діаметр заготовки:

$$d_{\text{ном}0} = 60 \text{ мм.}$$

Значення припусків на механічну обробку, основних розмірів заготовки та їх відхилень для всіх поверхонь заготовки зводимо в таблицю 3.9 [4]

Таблиця 3.9 - Припуски і розміри заготовки

Розміри деталі, мм	Допуски заготовки, мм		Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
$\varnothing 50_{-0,023}^{-0,01}$	2,0		1,5	0,1	$\varnothing 58_{-0,7}$
$\varnothing 55 \pm 0,01$	2,0		1,5	0,1	$\varnothing 59_{-0,7}$
$\varnothing 38_{-0,17}$	1,5		1,0	0,1	$\varnothing 49_{-0,7}$
$\varnothing 39_{-0,17}$	1,5		1,0	0,1	$\varnothing 49_{-0,7}$
$\varnothing 45_{-0,34}^{-0,17}$	2,0		1,5	0,1	$\varnothing 49_{-0,7}$
$\varnothing 34_{-0,17}$	1,0		1,2	0,1	$\varnothing 49_{-0,7}$
$389,5_{-0,31}$	3,2		2,0	0,25	$392,5_{-1,5}$

Схема для проведення розмірного аналізу наведена на рис. 3.2.

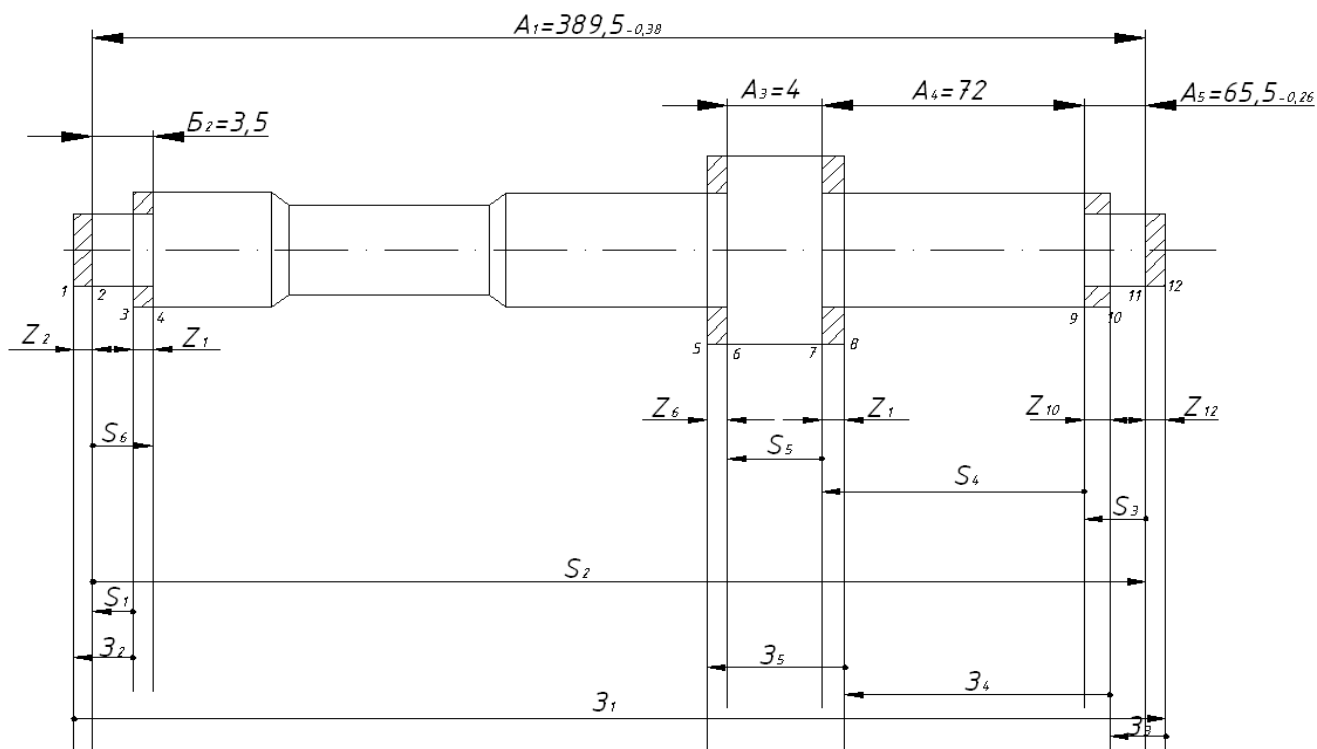


Рисунок 3.2- Комплексна схема розмірного аналізу

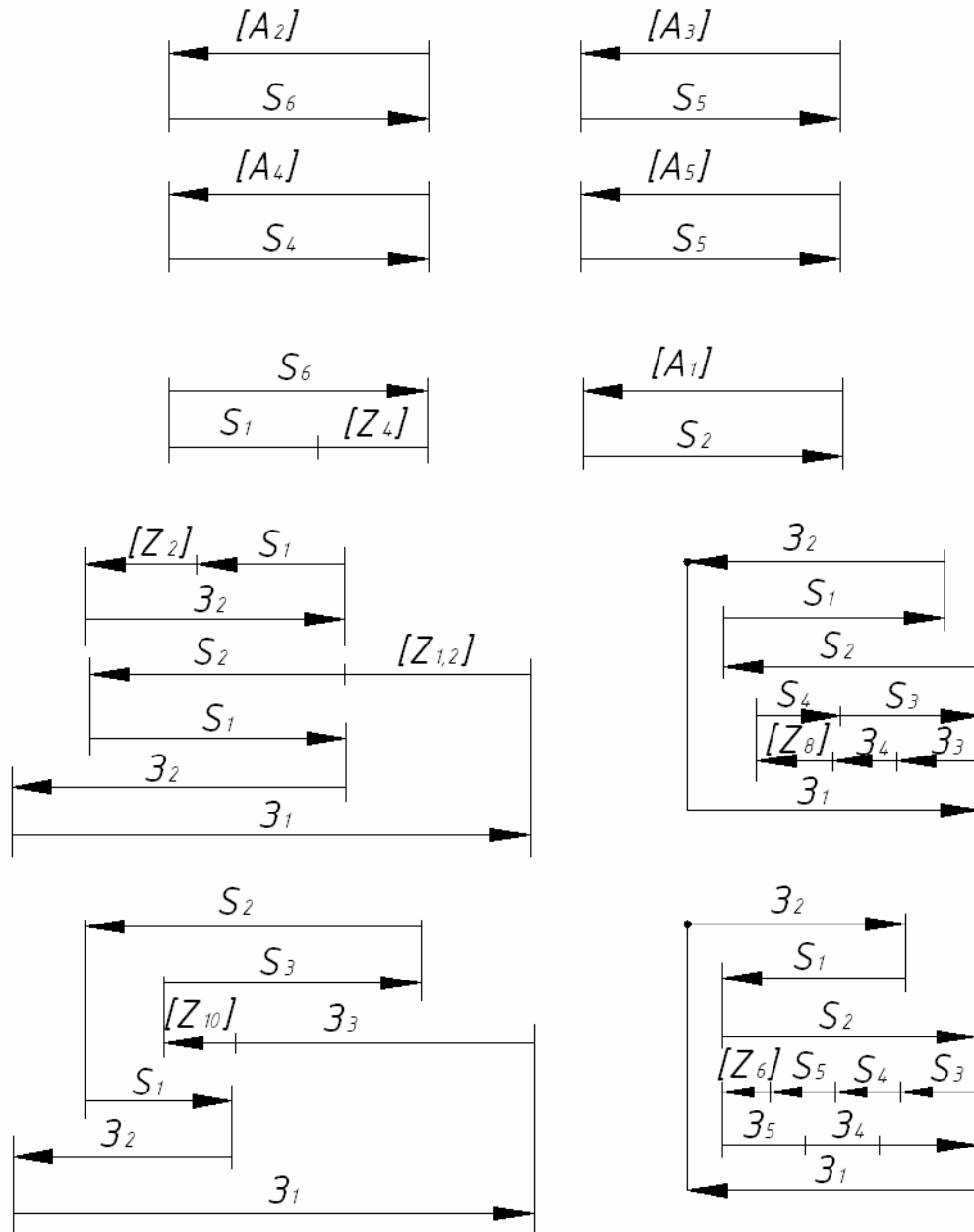


Рис. 3.3 - Схеми розмірних ланцюгів

Таблиця 3.10- Рівняння для розрахунку розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
1	$-A_2 + S_6 = 0$	$A_2 = S_6$	S_6
2	$-A_4 + S_4 = 0$	$A_4 = S_4$	S_4
3	$-A_3 + S_5 = 0$	$A_3 = S_5$	S_5

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4
4	$-A_5 + S_3 = 0$	$A_5 = S_3$	S_3
5	$-Z_4 - S_1 + S_6 = 0$	$Z_4 = S_6 - S_1$	S_1
6	$-A_1 + S_2 = 0$	$A_1 = S_2$	S_2
7	$-Z_2 - S_1 + Z_3 = 0$	$Z_2 = Z_3 - S_1$	Z_3
8	$-Z_{12} - S_2 - Z_3 +$ $+ S_1 + Z_1 = 0$	$Z_{12} = S_1 + Z_1 - S_2 - Z_3$	Z_1
9	$-Z_{10} - Z_3 - S_2 - Z_2 +$ $+ S_3 + S_1 + Z_1 = 0$	$Z_{10} = S_1 + Z_1 + S_3 - Z_3 - S_2 - Z_2$	Z_3
10	$-Z_8 - Z_4 - Z_3 - S_2 - Z_2 +$ $+ S_1 + S_3 + S_4 + Z_1 = 0$	$Z_8 = S_1 + S_3 + S_4 + Z_1 -$ $- Z_4 - Z_3 - S_2 - Z_2$	Z_4
11	$-Z_6 - S_5 - S_4 - S_3 - S_1 - Z_1 +$ $+ Z_2 + S_2 + Z_3 + Z_4 + Z_3 = 0$	$Z_6 = Z_2 + S_2 + Z_3 + Z_4 + Z_3 -$ $- S_5 - S_4 - S_3 - S_1 - Z_1$	Z_5

Таблиця 3.11- Розрахунок технологічних розмірів

Вихідний розмір		Розмір, що визначається				
Позн.	Величина	Вихідне рівняння	Номинальний розмір, мм	Допуск, мм	Технологічний розмір, мм	Припуск, мм
1	2	3	4	5	6	7
A_2	3,5	$A_2 = S_6$	3,5	0,3	$S_6 = 3,5 + 0,30$	
A_4	72	$A_4 = S_4$	72	0,74	$S_7 = 72 \pm 0,37$	
A_3	4 _{-0,3}	$A_3 = S_5$	4	0,3	$S_5 = 4_{-0,3}$	
A_5	65,5 _{-0,26}	$A_5 = S_5$	65,5	0,26	$S_3 = 65,5_{-0,26}$	
$Z_{4\min}$	0,4	$Z_4 = S_6 - S_1$	$S_{1\min} = S_{6\max} - S_{4\min} =$ $3,8 - 0,4 = 3,4$ $S_{1\max} = 3,7$	0,30	$S_1 = 3,4^{+0,3}$	$Z_4 = 0,1 + 0,3$
A_1	389,5 _{-0,38}	$A_1 = S_2$	389,5	0,38	$S_2 = 389,5_{-0,38}$	

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6	7
$Z_{2\min}$	0,4	$Z_2 = C_2 - S_1$	$Z_{2\max} = Z_{2\max} + S_1$	0,62	$Z_2 = 3,20^{+0,62}$	$Z_2 = 0,4^{+0,27}_{-0,61}$
Z_{12}	0,4	$Z_{12} = S_1 + C_1 - S_2 - C_2$	$C_1 = 389,5 + 3,80 + 0,4 - 3,5 = 390,2$	1,45	$C_1 = 390,2 + 1,4$	$Z_{12} = 0,4^{+3,12}_{-0,14}$
Z_{10}	0,6	$Z_{10} = S_1 + C_1 + S_3 - C_2 - S_2 - C_3$	$C_3 = S_1 + C_1 + S_3 - C_2 - S_2 - Z_{10} = 68,6$	0,62	$Z_3 = 6,86_{-0,62}$	$Z_{10} = 0,6^{+1,82}_{-0,47}$
Z_8	0,6	$Z_8 = S_1 + S_2 + S_4 + C_1 - C_4 - C_3 - S_2 - C_2$	$C_4 = S_1 + S_3 + S_4 + C_1 - C_2 - C_3 - S_2 - Z_8 = 73,2$	1,0	$73,2 \pm 0,5$	$Z_8 = 0,6^{+2,83}_{-0,52}$
Z_6	0,6	$Z_6 = C_2 + C_5 + C_3 + C_4 + S_2 - S_5 - S_4 - S_3 - S_1$	$C_6 = S_3 + S_4 + S_5 + C_1 - C_2 - C_3 - C_4 - S_2 - Z_8 = 5,2$	0,3	$5,2_{-0,3}$	$Z_6 = 0,6^{+1,81}_{+0,12}$

3.3.Визначення кількості обладнання

Призначення режимів різання і вибір верстата аналітичним способом покажемо на прикладі операції розточування. [21, 17]

Операція 005 – фрезерно-центрувальна.

Перший технологічний перехід.

1. Характер оброблення – чорновий.
2. Інструмент – фреза 2214-0151 з пластинкою з твердого сплаву Т15К6 по. Геометричні параметри даної фрези: $D=80\text{мм}$; $B=34\text{мм}$; $Z=10$.
3. Максимальна глибина різання $t=1,2\text{мм}$.
4. Подача на оберт $S=0,5\text{мм}$.
5. Середнє значення стійкості фрези $T=180\text{хв}$.
6. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^X \cdot S_z^Y \cdot B^n \cdot Z^p} \cdot K_v; \quad (3.22)$$

де, D - діаметр фрези, мм;
 T - стійкість інструменту, хв;
 t - глибина різання, мм;
 S_z - подача на зуб;
 B - ширина фрезерування;
 Z - кількість зубів фрези;
 C_v - коефіцієнт, що дає поправку на швидкість різання;
 q, m, x, y, n, p - показники степенів.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}; \quad (3.23)$$

де, K_{mv} - коефіцієнт, який залежить від якості оброблюваного матеріалу.

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,62;$$

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, приймаємо $K_{nv} = 0,8$.

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал, приймаємо $K_{uv} = 1,15$.

$$K_v = 0,62 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 0,575.$$

Отже:

$$V = \frac{108 \cdot 80^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,2^{0,06} \cdot 0,05^{0,3} \cdot 55^{0,2} \cdot 10} \cdot 0,575 = 67,09 \text{ м/хв.}$$

7. Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 80} = 107,8 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо $n = 10 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 65,3 \text{ м/хв.}$$

8. Визначимо силу різання по формулі:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^X \cdot S_z^Y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p;$$

де, C_p - поправочний коефіцієнт на силу різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

Приймаємо: $C_p = 92$; $X = 0,92$; $Y = 0,78$; $u = 1,0$; $q = 1,15$; $\omega = 0$; $K_p = 1,22$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 1,2^{0,92} \cdot 0,05^{0,71} \cdot 1,22}{80^{1,15} \cdot 100^0} = 8695H.$$

9. Ефективна потужність різання:

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (3.24)$$

$$N_{ef} = \frac{8695 \cdot 65}{1020 \cdot 60} = 3,85кВт.$$

10. Дійсна потужність різання:

$$N_\delta = \frac{N_{ef}}{ККД}; \quad (3.25)$$

$$N_e = \frac{3,85}{0,85} = 4,83кВт.$$

Другий технологічний перехід

1. Характер оброблення – чорновий.

2. Інструмент – свердло.

3. Максимальна глибина різання $t=9$ мм.

5. Подача на оберт $S=0,06$ мм.

6. Швидкість різання: $V=22,6$ м/хв..

7. Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22,6}{3,14 \cdot 18} = 459хв^{-1}.$$

Приймаємо $n = 450хв^{-1}$.

8. Ефективна потужність різання $N_{ef} = 0,29кВт$.

9. Дійсна потужність різання:

$$N_{\partial} = \frac{N_{ef}}{ККД} = \frac{0,29}{0,85} = 0,34кВт.$$

Третій технологічний перехід

1. Характер оброблення – чорновий.

2. Інструмент – різець 2102-0021 ГОСТ 18877-73 Т15К6.

3. Максимальна глибина різання $t=2,5$ мм.

5. Подача на оберт $S=0,2$ мм.

6. Швидкість різання: $V=88$ м/хв..

7. Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 88}{3,14 \cdot 54,5} = 516,1хв^{-1}.$$

Приймаємо $n = 500хв^{-1}$.

8. Ефективна потужність різання $N_{ef} = 6,25кВт$.

9. Дійсна потужність різання:

$$N_{\partial} = \frac{N_{ef}}{ККД} = \frac{6,25}{0,85} = 6,7кВт.$$

Вибираємо верстат мод. 2982 з потужністю головного приводу 13кВт.

Для всіх інших операцій режими різання зводимо в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12- Режими різання оброблення валу первинного 695Ж-1701030

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	D або B	L	t	i	S	n	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	Токарно-гідро-копіювальна	Точити $\varnothing 49$; $\varnothing 38$; $\varnothing 40$; $\varnothing 34,5$ по копіру	49	250	2	2	0,2	515	88,9

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Точити Ø54,5; Ø55,5 по копіру	56	125	2	1	0,2	515	88,9
		Точити канавки 3х Ø40; 4,2х Ø39	40	5	4,2	8	0,16	515	76
015	Агрегатно-свердлильна	Свердлити 2 отв. Ø10	10	200	5	2	0,12	1350	43
020	Кругло-шліфувальна	Шліфувати Ø54	54	65	0,25	13	0,005	165	284
		Шліфувати Ø55	55	65	0,25	13	0,005	165	284
025	Шліце-фрезерна	Фрезерувати шліці Ø39х Ø45х75	50	75	3	1	0,025	210	61
030	Агрегатно-свердлильна	Свердлити 7 отворів Ø7 одночасно	7	32	3,5	1	0,15	1150	2563
035	Вертикально-свердлильна	Свердлити 3 отв. Ø8,2 одночасно	8,2	40	4,1	1	0,3	1000	25,7
		Нарізати 3 різі М10-6Н	10	30	1,25	1	0,3	275	8,64
040	Фрезерна спеціальна	Фрезерувати 2 пази 12х5х58	60	94	5	2	154,8	215	40,5

Для закріплення деталі використовуються автоматизовані пневматичні затискачі, тому похибка закріплення практично відсутня. Похибка динамічного настроювання невелика, оскільки в запропонованому технологічному процесі використовуємо малогабаритні верстати, які мають високу жорсткість та короткі розмірні і кінематичні ланцюги. І тому обмежуємося вибіркоким контролем.

Як результат операційного контролю застосовуємо наступні засоби:

- калібри гладкі;
- калібри різеві;
- зразки шорсткості;
- спеціальні шаблони.

До допоміжних операцій технологічного процесу можна віднести наступні операції:

- промивання;
- сушіння;
- фарбування;

До транспортних операцій відносяться:

- підведення заготовок на ділянку механічного оброблення;
- транспортування заготовок по робочих місцях;
- транспортування готових деталей у складальний цех;

Нормування технологічного процесу

У крупносерійному виробництві визначається штучна норма часу $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{дон} + T_{об} + T_v, \quad (3.37)$$

де, $T_{осн}$ - основний час, хв.;

$T_{дон}$ - допоміжний час, хв.;

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

T_v - час на відпочинок та фізичні потреби, хв.

$$T_{дон} = T_{в.з.} + T_{з.в.} + T_k + T_{вим} \quad (3.28)$$

де, $T_{в.з.}$ - час на встановлення і знімання оброблювальної деталі;

$T_{з.в.}$ - час на закріплення заготовки та відкріплення оброблювальної деталі;

T_k - час на прийом керування верстатом;

$T_{вим}$ - час на вимірювання.

Сумарний час на обслуговування робочого місця та час на відпочинок і природні потреби, приймаємо рівним 9% від $T_{он}$

$$T_{об.} + T_{в.} = 0,09 \cdot T_{оп}, \quad (3.29)$$

де, операційний час - $T_{оп} = T_{осн.} + T_{доп.}$.

Проведемо нормування технологічного процесу.

Операція 005 – фрезерно-центрувальна.

Основний час оброблення:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{250 \cdot 2}{515 \cdot 0,2} = 1,66(хв).$$

Аналогічно, $T_{осн.2} = 0,86хв$ і $T_{осн.3} = 0,68хв$. Тоді: $T_{осн.Σ} = 0,98хв$.

Допоміжний час $T_{доп.}$:

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{з.в.} + T_{к} + T_{вим} = 0,98хв,$$

де, $T_{в.з.} = 0,44хв$; $T_{з.в.} = 0,1хв$; $T_{к} = 0,18хв$; $T_{вим} = 0,25$.

Операційний час - $T_{оп} = T_{осн.} + T_{доп} = 3,2 + 0,98 = 4,18(хв)$.

Час на обслуговування робочого місця та час на відпочинок і природні потреби:

$$T_{об.} + T_{в.} = 0,09 \cdot 4,18 = 0,58(хв).$$

Тоді штучний час:

$$T_{шт} = 4,18 + 0,58 = 4,76(хв).$$

Всі інші операції розраховуються аналогічно. Результати розрахунків нормування заносимо в таблицю 3.13.

Таблиця 3.13 - Норми часу на технологічні операції для оброблення валу

№ оп.	Назва операції	Зміст переходів	$T_{осн.}$, хв	$T_{доп.}$, хв	$T_{об.} + T_{в.}$, хв	$T_{шт.}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
010	Токарно-гідрокопіювальна	Точити Ø49; Ø38; Ø40; Ø34,5 по копіру	0,74	0,28	0,5	3,9
		Точити Ø54,5; Ø55,5 по копіру	0,26			

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4	5	6	7
		Точити канавки 3x Ø40; 4,2x Ø39	2,4			
015	Агрегатно-свердлильна	Свердлити 2 отв. Ø10	2,68	1,08	0,53	4,28
020	Кругло-шліфувальна	Шліфувати Ø54	1,14	1,3	0,55	5,31
		Шліфувати Ø55	1,14			
025	Шліцефрезерна	Фрезерувати шліци Ø39x Ø45x75	1,5	1,36	0,4	3,26
030	Агрегатно-свердлильна	Свердлити 7 отворів Ø7 одночасно	0,62	1,31	0,27	2,2
035	Вертикально-свердлильна	Свердлити 3 отв. Ø8,2 одночасно	0,4	1,73	0,46	3,79
		Нарізати 3 різі М10-6Н	1,2			
040	Фрезерна спеціальна	Фрезерувати 2 пази 12x5x58	1,77	1,92	0,43	3,52

Уточнимо тип виробництва. Необхідна кількість основного технологічного обладнання:

$$C_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60 \cdot \Phi_\delta}, \quad (3.30)$$

де, C_p - розрахункова кількість верстатів, необхідна для виконання річної програми на даній операції;

$T_{ум}$ - працемісткість виконання даної операції, хв.;

Φ_δ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання (приймаємо 4055 год при двозмінному режимі роботи).

Для аналізу ступеня використання обладнання розраховуємо коефіцієнт його завантаження $\eta_{з.факт.}$:

$$\eta_{з.факт} = C_p / C_{np}, \quad (3.31)$$

де, C_{np} - прийнята кількість верстатів для виконання річної програми.

Всі розрахунки зводимо у таблицю 3.14.

Таблиця 3.14- Встановлення типу виробництва

№ оп.	Назва операції	$\sum \dot{\rho}_{\phi\phi}$, хв	m_p	C_{np}	$\eta_{з.факт.}$	O
005	Фрезерно-центрувальна	6,51	2,37	3	0,79	3
010	Токарно-гідрокопіювальна	5,20	1,9	2	0,95	2
015	Агрегатно-свердлильна	3,04	1,1	2	0,55	2
020	Кругло-шліфувальна	4,49	1,62	3	0,87	3
025	Шліцефрезерна	4,49	1,62	2	0,81	2
030	Агрегатно-свердлильна	1,56	0,56	1	0,56	1
035	Вертикально-свердлильна	4,87	1,8	2	0,90	2
040	Фрезерна спеціальна	4,83	1,75	2	0,88	2
	Всього	37,63		17		17

$$K_{з.о.} = \frac{17}{17} = 1,0.$$

Оскільки $K_{з.о.}$ знаходиться від 0 до 1, то маємо масовий тип виробництва. Для уточнення організаційної форми виробництва користуємося коефіцієнтом потоковості R . Такт випуску рівний 5,53хв. Середній штучний час на операції:

$$T_{шт.с.} = \frac{37,63}{8} = 4,7хв,$$

$$\text{Тоді: } R = \frac{4,7}{5,5} = 0,85.$$

Оскільки $R = 0,85 > 0,6$, то маємо потокову форму організації виробництва.

Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень представлено в додатку С1.

3.4 Конструювання спеціального оснащення та інструменту

Представимо опис конструкції та роботи пристрою.

Відповідно до вище представлених розрахунків організаційна форма виробництва потокова і тому виникає необхідність у проектуванні спеціальних верстатних пристроїв для оброблення валу первинного 695Ж-1701030.

Запропонований пристрій використовується при виконанні шліцефрезерної операції 025 на верстаті 5350А.

Заготовка встановлюється по чорнових базах – центрових отворах і торцях.

Пристрій складається з плити 16, до якої болтами 2 прикріплена стінка 1. на ній закріплюється нерухомий центр 3. Корпус 5, в якому встановлено пружину 6 та штовхач 7, який приварений до плити 16. Якщо в пневмоциліндр 13 подається повітря, він штовхає клин 11, який рухається по напрямній 14. Для точного ходу клина служить штифт 12, по ньому ковзає паз клина. Під дією сили клина 11 переміщується важіль 9. До важеля на осях 10 прикріплені два ролики 8, які ковзають по поверхні клина і штока. Важіль обертається навколо осі 17. Після закінчення механічної обробки клин відходить, а пружина рухає центр від деталі. На столі верстату приспособлення встановлюється по шпонкових пазах шпонками 15.

До переваг даного пристрою відносимо просте і зручне базування заготовки, скорочення штучного часу за рахунок зменшення допоміжного, постійність силового затиску, що зменшить похибку встановлення. [14]

Представимо структурний аналіз і синтез компоновок, вибір оптимальної схеми

При виборі схеми компоновки пристрою необхідно забезпечити такі умови:

- 1) заготовка повинна займати стійке положення щодо прикладання сили затиску;
- 2) в процесі закріплення заготовки не повинно бути порушене її положення;

3) сили різання не повинні зміщувати заготовку.

Для даної операції проектуємо пристрій токарного патронного типу.

На рисунку 3.4. представлено схема пристрою.

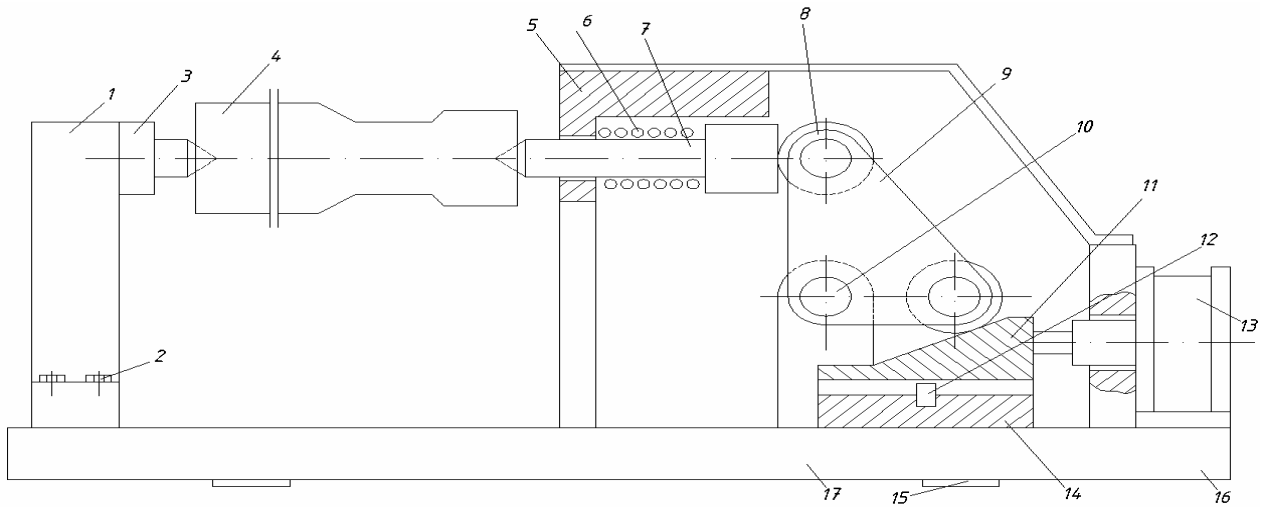


Рисунок 3.4- Приспосіблення для фрезерування двох пазів

1 – стінка, 2 – болт, 3 – центр нерухомий, 4 – деталь, 5 – корпус, 6 – пружина, 7 – шток, 8 – ролик, 9 – важіль, 10 – вісь, 11 – клин, 12 – штифт, 13 – пневмоциліндр, 14 – направляюча, 15 – шпонка

Для вибору раціональної компоновки розраховуємо кожен з них коефіцієнтом приведення:

$$K_{\Sigma n} = 0,5K_1 + 0,35K_2 - 0,1K_3 - 0,1K_4 + 0,05K_5; \quad (3.32)$$

де, K_1 - коефіцієнт підсилення;

K_2 - коефіцієнт, який залежить від властивості самогальмування;

K_3 - коефіцієнт, який залежить від кількості передавальних ланок;

K_4 - коефіцієнт, який залежить від наявності проміжної ланки;

K_5 - коефіцієнт, який залежить від компактності пристрою.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.15.

Таблиця 3.15 - Встановлення раціональної схеми компоновки пристрою

Схема	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	$K_{\Sigma n}$
1	1	1,3	1,2	0,85	1,6	0,83
2	1,2	1	1,3	0,9	1,9	0,83
3	0,8	0,9	1,3	0,75	1,7	0,60

Схема 1 має найбільший коефіцієнт ваги, тому вибираємо її як оптимальну.

Розрахунки на точність.

На точність оброблення впливають фактори, які викликають сумарну похибку Δ_{Σ} :

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \sum \Delta_{\varepsilon})^2 + (K_6 \sum \Delta_t)^2} ; \quad (3.33)$$

де, $K = 0,683$ - коефіцієнт відносного розсіювання вихідного параметра;

$K_1 \dots K_6$ - коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок, приймаємо $K_1 = K_2 = K_3 = 1,0$, $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$.

$\Delta \varepsilon_y$ - похибка встановлення заготовки;

Δ_y - похибка оброблення, що виникає внаслідок зміщення елементів технологічної системи під дією сил різання;

Δ_n - похибка налагодження технологічної системи на заданий розмір.

Δ_i - похибка, розмірного зношування різального інструменту;

$\sum \Delta_{\varepsilon}$ - сумарна похибка верстата,

$\sum \Delta_t$ - сумарна температурна похибка.

1) Похибка встановлення заготовки $\Delta \varepsilon_y$:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} ; \quad (3.34)$$

де, $\varepsilon_{\bar{\delta}}$ - похибка базування;

ε_3 - похибка закріплення;

ε_{np} - похибка положення заготовки.

Оскільки конструкторські бази співпадають з технологічними, то похибка базування $\varepsilon_{\bar{\delta}} = 0$,

Похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$, так як даний пристрій оснащений гідравлічним затискним механізмом, що забезпечує постійність сили затиску.

Похибка положення заготовки у пристрої ε_{np} є наслідком неточності виготовлення пристрою $\varepsilon_{\bar{\delta}}$ та зношення його установочних елементів ε_{zn} , а також похибки встановлення самого пристрою на верстаті $\varepsilon_{вст}$:

$$\bar{\varepsilon}_{np} = \bar{\varepsilon}_{\bar{\delta}} + \bar{\varepsilon}_{zn} + \bar{\varepsilon}_{вст}; \quad (3.35)$$

Технологічні можливості виготовлення пристроїв забезпечують похибку $\varepsilon_{\bar{\delta}} = 10 \div 15 \text{ мкм}$.

Приймаємо $\varepsilon_{\bar{\delta}} = 10 \text{ мкм}$.

Величина зношення установочних елементів ε_{zn} :

$$\varepsilon_{zn} = \beta \cdot N^n; \quad (3.36)$$

де, N - кількість контактів заготовки з установочними елементами пристрою;

β - постійна, яка залежить від виду установочних елементів.

$$\varepsilon_{zn} = 0,005 \cdot 3 = 0,015 \text{ мм};$$

Похибку встановлення пристрою на верстаті приймаємо рівною:

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{0,02^2 + 0,015^2 + \dots + \varepsilon_{вст}^2} = \sqrt{0,02^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,3 \text{ мм};$$

2. Похибку оброблення заготовки Δ_y приймаємо рівною 50 мкм.

3. Похибку налагодження технологічної системи Δ_n визначимо, як:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + (K_{вим} \cdot \Delta_{вим})^2}, \quad (3.37)$$

де, $K_p, K_{вим}$ - коефіцієнти, які враховують закони розподілу випадкових величин;

Δ_p – похибка регулювання;

$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання.

Приймаємо:

$$\Delta_p = 30 \text{ мкм}; \quad \Delta_{вим} = 50 \text{ мкм}; \quad K_p = 1,14; \quad K_{вим} = 1,0.$$

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 30)^2 + (1,0 \cdot 50)^2} = 59,4 \text{ мкм}.$$

Похибку, яка виникає внаслідок зношення різального інструменту Δ_i рівна 50 мкм.

5. Сумарну похибку верстату $\sum \Delta_e$, яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації, приймаємо рівною 80 мкм.

6. Сумарну температурну похибку $\sum \Delta_t$ приймаємо рівною 10...15% від Δ_Σ :

$$\sum \Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{0,03^2 + 0,1^2 + 0,06^2 + (1,73 \cdot 0,1)^2 + (1,73 \cdot 0,08)^2} = 0,18 \text{ мм};$$

Загальна похибка:

$$\Delta_\Sigma = 0,18 \cdot 1,15 = 0,21 \text{ мм};$$

Таким чином, умова $\Delta_\Sigma \leq T_A$ виконується.

Розрахунок сили затиску, параметрів силового приводу

Відповідно до розрахунків $P_z = 173 \text{ Н}$.

Розраховуємо силу затиску W :

$$W = k \cdot P_z.$$

$k = 2$ - коефіцієнт надійності.

Звідси $W = 173 \cdot 2 = 346 \text{ Н}$.

Згідно рис. 3.4. зусилля находимо за формулою:

$$Q = 3 \cdot \frac{P_z (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)) - 3j}{1 - 3 \cdot \frac{l}{h} \cdot f} \cdot \frac{1}{\eta},$$

де, $\alpha = 3^\circ$ – кут клинового замка;

$tg\varphi = 0,05$ – коефіцієнт тертя;

$j = 35,7H$ – сила пружини;

$l = 5mm$ – довжина важеля притискача;

$h = 12mm$ – довжина контактної шляхи;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя сталі об сталь;

$\eta = 0,85$ – ККД пристрою.

$$Q = 3 \cdot \frac{173,2 \cdot (0,65 + 0,05) - 3 \cdot 37,5}{1 - 3 \cdot \frac{5}{12} \cdot 0,15} \cdot \frac{1}{0,85} = 39,8H.$$

Відповідно до паспорту верстату електромагнітний силовий привід має зусилля в межах від 100 до 500 Н, тоді запас надійності становитиме 2,5 рази, що забезпечує надійне закріплення деталі у пристрої.

Розрахунок різі на штоці.

Розрахунок різі проводиться з врахуванням умови:

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p],$$

де, $F = Q = 40H$ – зусилля, що діє на різь.

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_\tau}{[\delta_\tau]} = \frac{300}{4} = 75MPa,$$

де, $\sigma_\tau = 300MPa$ – гранична міцність для сталі 35.

З умови міцності на розтяг знаходимо необхідний діаметр:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40}{3,14 \cdot 75}} = 8,24mm.$$

Виходячи з конструктивної необхідності, приймаємо різь М24-6g, внутрішній діаметр якої становить $\varnothing 20,75$ мм.

Запас міцності:

$$K_3 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{20,75}{8,24} = 2,52.$$

Спроекуємо пристрій для свердління.

Розглянемо роботу пристрою для затиску двох деталей при обробленні на торцях трьох отворів.

Пристрій складається з корпусу 1, до якого прикріплені чотири призми 2 і 3. Призми служать для встановлення валу первинного. На кришці 11 спеціальними гвинтами 5 закріплені кондукторні втулки 4. Після встановлення деталей на пальці подається повітря в пневмоциліндр, який притягує прихват 10. Після закінчення механічної обробки камера спрацьовує і деталі перевстановлюються на пальці зворотною стороною.

Пристрій для обробки 3-х отворів М10-7Н подано на рис. 3.5.

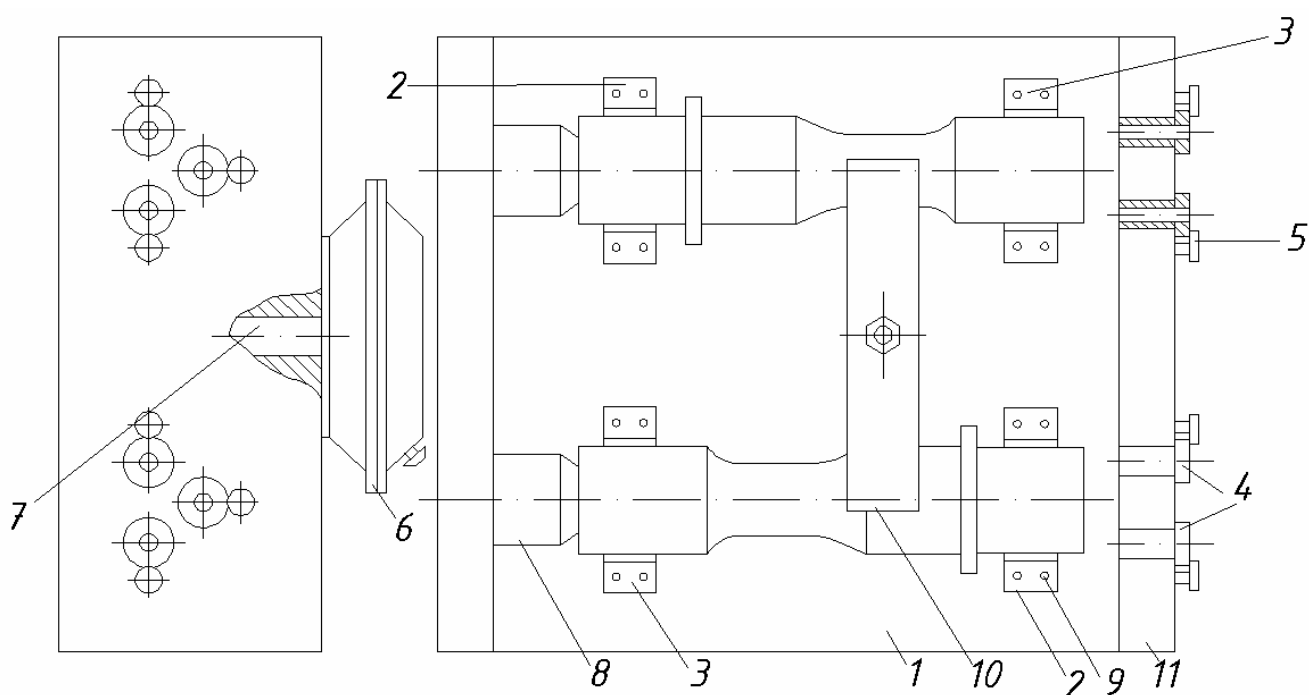


Рисунок 3.5 - Пристрій для обробки 3-х отв. М10

1- корпус, 2, 3 – призми, 4 –кондукторні втулки, 5 – гвинт зажиму кондукторних втулок, 6 – пневмокамера, 7 – шток, 8 – палець, 9 – болт кріплення призми, 10 – прихват, 11 – відкидна планка.

Опишемо конструкцію та принцип роботи пристрою для контролю співвісності

Контроль приспособлення для контролю співвісності шийок $\text{Ø}55 \pm 0,01$ і $\text{Ø}54_{-0,034}^{-0,012}$ складається з плити 1, на якій болтами 2 закріплено центр 3. З другої сторони плити до неї кріпиться рухомий центр 7. За допомогою важеля 8 рухомий центр відводиться назад і між центрами встановлюється деталь, яка підлягає контролю. До стійки 5 кріпляться два індикатори 6, які проводять вимірювання відхилень. Після закінчення операції контролю, важіль повертається в початкове положення та деталь знімається. Схема пристрою подана на рис.3.6.

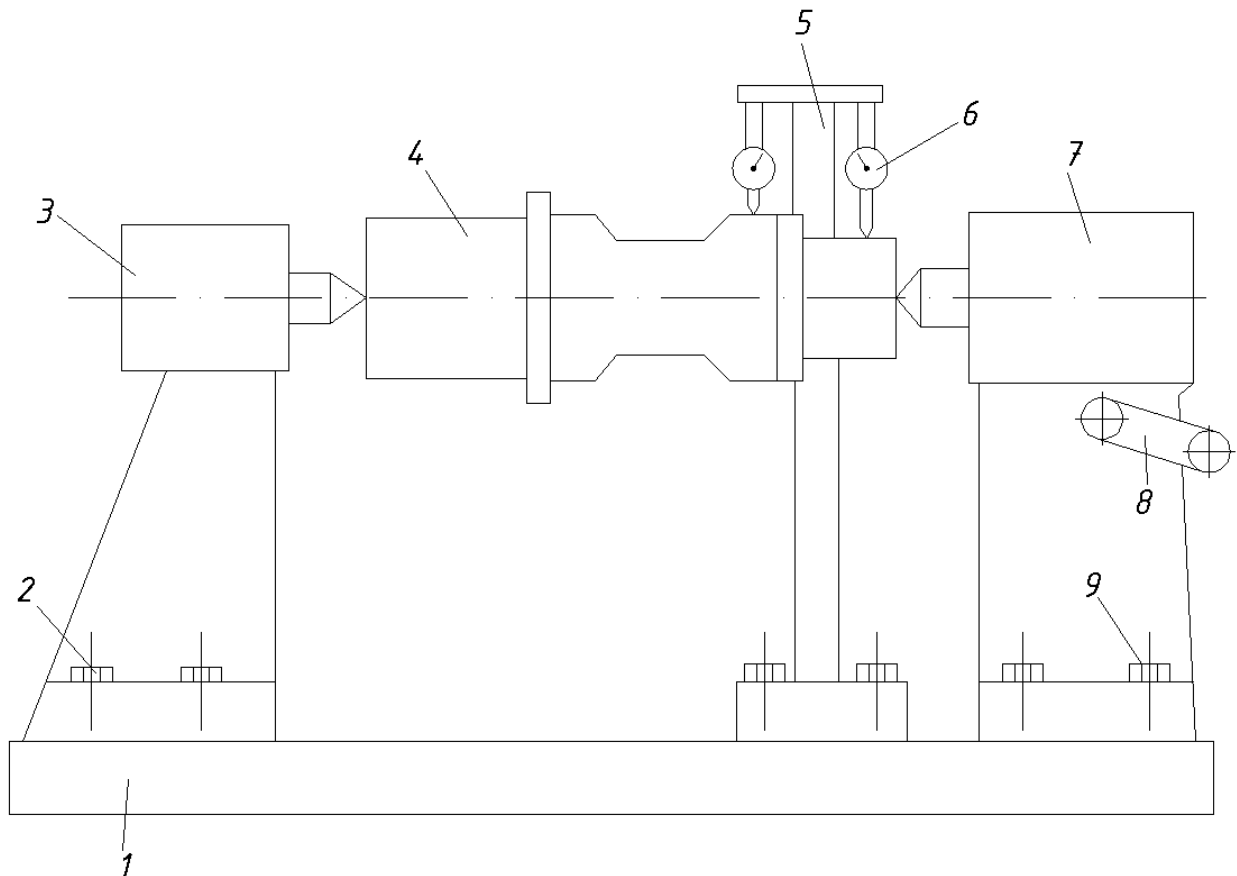


Рисунок 3.6- Контрольне приспособлення для контролю шийок $\text{Ø}55_{+0,01}$ і

$\text{Ø}54_{-0,034}^{-0,012}$.

1 – плита; 2 – болт; 3 – нерухомий центр; 4 – деталь; 5 – стійка; 6 – індикатор;
7 – рухомий центр; 8 – важіль; 9 – болт.

4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху

Загальна площа цеху розраховується по середній питомій площі на верстат дільниці. [7]

Виробнича площа для механічних дільниць:

$$S_{\text{вир.}} = C_p \cdot S_{\text{верст.}} = 102 \cdot 20 = 2040 \text{ м}^2, \quad (4.1)$$

де, $S_{\text{верст.}} = 15 \div 25 \text{ м}^2$ - для верстатів середніх габаритів.

Площа складальних і випробувальних дільниць становить 30 ÷ 40% від виробничої площі:

$$S_{\text{скл}} = 0,3 \cdot 2040 = 714 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Заточувальна дільниця використовується для централізованого заточування різального інструменту. Розрахунок необхідної кількості заточувальних верстатів проводимо укрупнено. Необхідна кількість обладнання визначається в процентному співвідношенні від кількості металорізального обладнання цеху. Для велико серійного виробництва при кількості основного виробничого обладнання в цеху до 200 одиниць приймаємо 5% заточувальних верстатів:

$$C_{\text{зат}} = 0,05 \cdot C_n, \quad (4.3)$$

де, C_n - загальна кількість необхідного обладнання для виготовлення всіх деталей і виробу в цілому, визначена за формулою.

$$C_{\text{зат}} = 0,05 \cdot 60 = 3.$$

Приймаємо $C_{\text{зат}} = 3$.

В основну площу відділення входить площа, на якій розташовано заточне обладнання, у допоміжну – площа для зберігання креслень інструменту, що

заточується, і площа для зберігання абразивних кругів і пристроїв для верстатів дільниці.

Питома загальна площа цього відділення складає 10-15м² на один верстат. Загальна площа відділення:

$$S_2 = (10...15) \cdot 3 = (30...45) \text{ м}^2.$$

Приймаємо $S_{дет} = 40 \text{ м}^2$.

Заточне відділення необхідно розміщувати суміжно з інструментальною коморою.

Цехова ремонтна (ЦРБ) використовується для міжремонтного обслуговування виробничого обладнання, а також для проведення ремонтних робіт. Кількість верстатів ЦРБ укрупнено може бути розрахована в залежності від кількості обладнання механічного цеху, яке обслуговується ремонтною базою. Згідно рекомендацій, при кількості обладнання до 150 од., кількість верстатів ЦРБ складає 4 одиниці.

Загальна площа ремонтного відділення визначається з розрахунку 20м² на один верстат відділення:

$$S_{рем} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ м}^2.$$

Крім того для комори запасних частин відводиться площа, яка рівна 10-15% від основної:

$$S_{зан} = (0,10 - 0,15) \cdot 80 = 8...12 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $S_{зан} = 8...12 \text{ м}^2$.

Контрольне відділення є частиною загальнозаводського відділу технічного контролю. Площу контрольного відділення визначають укрупнено за процентним відношенням до верстатної площі:

$$S_{кон} = (0,03...0,05) S_{вер}.$$

Приймаємо $S_{кон} = 20 \text{ м}^2$.

Контрольне відділення розміщується в цеху на шляху руху деталей в складальний цех, перед проміжною коморою.

Розрахунок площі комори ведемо за формулою:

$$S_{скл} = \frac{Q \cdot t}{D_p \cdot q \cdot k}, \quad (4.5)$$

де, Q - маса заготовок, які обробляються в цеху за рік, т.

t - норма (часу) запасу зберігання заготовок, днів;

D_p - кількість робочих днів у році;

q - норма середньої вантажонапруженості площі, т/м²;

k - коефіцієнт використання площі комори;

$$S_{скл} = \frac{1000 \cdot 3}{254 \cdot 1,5 \cdot 0,6} = 108 \text{ м}^2.$$

Для складів деталей за цією формулою:

$$S_{скл} = \frac{3000 \cdot 7}{254 \cdot 1,5 \cdot 0,6} = 305 \text{ м}^2.$$

Відділення для приготування і роздачі МОР.

Згідно рекомендацій, приймаємо:

$$S_{мор} = 20 \text{ м}^2.$$

У цілях протипожежної безпеки відділення розміщується біля зовнішньої стіни будівлі і має безпосередній вихід назовні.

Відділення для переробки стружки, приймаємо:

$$S_{стр} = 30 \text{ м}^2.$$

Адміністративно-побутові приміщення.

Площу цих приміщень укрупнено визначаємо за формулою:

$$S_{АПП} = f \cdot n, \quad (4.6)$$

де, f – питома площа на одного працюючого, м²/чол.;

n – кількість працюючих, чол..

$$S_{АПП} = 4,0 \cdot 18 = 72 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $S_{АПП} = 72\text{м}^2$.

Площа під відпочинковий куток складає $0,9\text{м}^2$ на одного працюючого.

$$S_{відп.} = 218 \cdot 0,9 = 196\text{м}^2.$$

Загальна площа цеху:

$$S_{заг} = \sum S_i, \quad (4.7)$$

де, S_i - площа і-того приміщення цеху для виготовлення картера коробки передач 695Ж1701010Б гідромеханічної передачі 695Ж-1700000, згідно з розрахунками:

$$S_{заг} = 3557\text{м}^2.$$

Під цех вибираємо приміщення, яке складається із стандартних секцій розміром 12×18 м і площею $S = 3888\text{м}^2$.

Необхідна кількість секцій визначається за формулою:

$$n = S_{заг} / S_{см}, \quad (4.8)$$

$$n = 3888 / 12 \cdot 18 = 18.$$

Приймаємо 18 секцій. На невикористаній частині площі розміщуємо дільницю по виготовленні іншої продукції.

4.2 Розробка планів компоновання цеху та розміщення обладнання на дільниці

Для механічного цеху з виготовлення деталей верстатів проектується виробнича одноповерхова будівля. Вона складається з декількох одноповерхових паралельних прогонів, утворених рядами залізобетонних колон. Форму виробничого приміщення приймаємо у вигляді прямокутника. [8]

На основі плану обробки, планування обладнання, в залежності від розмірів оброблювальних деталей, використовуємо обладнання і засоби транспорту.

Розміри цеху визначаємо виходячи з загальної площі.

Приймаємо прямокутник в осях 36×72 .

Приймаємо 2 прогони шириною по 18м.

Сітка колон стандартна для механічних (верстатів) цехів: 18x12м;

Висота будівлі за стандартом 6,15м;

Ширина центрального проїзду 4м;

Ширина бокових проїздів 2м.

На компонованій схемі зображені сітка колон і їх розміри, виробничі і допоміжні відділення з вказаними площами в м², підйомно-транспортні засоби площами в м², підйомно-транспортні засоби, напрям руху вантажопотоків, в'їзди, виїзди, ширина проїздів (повздовжніх, поперечних).

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Обробка вибраної на дипломне проектування деталі супроводжується виникненням великої кількості шкідливих та небезпечних виробничих факторів, в основному фізичних та психофізіологічних груп. Оскільки практично всі вони призводять до погіршення здоров'я верстатників, то уже на стадії проектування цеху механічної обробки потрібно передбачити комплекс організаційних заходів з використанням відповідних технічних засобів, які допомогли б запобігти їх негативному впливу.

Експлуатація металорізальних верстатів пов'язана з виникненням вібрацій, з якими боротися на діючих виробництвах вкрай важко. Відповідно до теорії, вібрація є процесом розповсюдження механічних коливань в твердому тілі. Коливання механічних тіл з частотою нижче 20 Гц сприймаються організмом як вібрація, а коливання з частотою вище 20 Гц — одночасно і як вібрація, і як звук. Коливання, які мають властивість розповсюджуватися по елементах конструкції, прискорюють її руйнування, а також згубно впливають на здоров'я робітників.

Одним із особливих шкідливих факторів в спроектованому цеху є шум. Шумом прийнято називати всякий небажаний для людини звук, який заважає сприйняттю важливих сигналів. Відповідно до походження шум буває механічного, аеродинамічного, гідродинамічного, повітряного та електромагнітного. Детальний аналіз конструкцій верстатів, що застосовуються для обробки заданої деталі, свідчить, що в даному випадку існує декілька видів шумів, і актуальною є задача приведення їх до нормативних величин.

Крім того, важливим небезпечним виробничим фактором при впровадженні об'єкта проектування у виробництво є електричний струм. Тому потрібно забезпечити високий рівень електробезпеки. Електробезпека —

система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист працівників спроектованого цеху, від небезпечної дії електричного струму.

Інші шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які існуватимуть при впровадженні об'єкта проектування у виробництво, є менш вагомими, тому більш детально на них зупинятися не будемо.

5.2 Захист від механічного травмування при експлуатації фрезерного-центрувального верстата

Травмування в механічних цехах можуть спричинити рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого середовища, рухомі вироби, заготовки, матеріали, гострі кромки, заусенці і шорсткості на поверхні заготовок, інструментів і обладнання. [19]

Для захисту верстатників від стружки передбачаємо використання на верстатах захисних екранів, які мають форму паралелепіпедів, кожна грань котрих є пластиною з жорстким кріпленням за допомогою болтових з'єднань або методом зварювання. Вибір матеріалу і товщини захисного екрану залежить від величини динамічних навантажень, що діють на екран. Розрахунки захисних екранів виконують згідно методики, запропонованої в [19].

Захисні екрани верстатів, що підлягають дослідженню, повинні захищати працівників від стружки і МОР, мати масу не більше 6-и кг і кріплення, що не потребує застосування ключів і викруток; бути жорстким. Їх потрібно виготовляти з листової сталі (товщиною 0,8 мм), листового алюмінію (2 мм) або міцної пластмаси (4 мм). Вікна на захисних екранах виготовляємо з безосколочного трьохшарового полірованого скла товщиною не менше 4-х мм.

Для гарантування безпечної роботи на металорізальних верстатах захисні екрани розраховуємо за наступною методикою.

Із умови міцності повинна виконуватись нерівність:

$$\sigma_1 \leq [\sigma], \quad (5.1)$$

де, σ_1 — напруження при динамічному навантаженні;

$$\sigma_1 = \sigma_{st} \cdot k_d$$

де, σ_{st} — напруження при статичному навантаженні;

k_d — динамічний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$k_d = 1 + \sqrt{\frac{v^2}{q \cdot \delta_{st} \cdot (1 + k \cdot M_1 / m)}}$$

де, q — прискорення вільного падіння;

δ_{st} — статична деформація від сили mq ;

k — коефіцієнт приведення,

$$k = 1/3$$

M — маса загорожі;

m — маса тіла, що вдаряється.

Значення статичної деформації з врахуванням багатоманітності способів кріплення захисного кожуха визначається експериментальним шляхом.

Для виключення “прошивання” захисного екрану повинна виконуватись умова:

$$V < V_o, \quad (5.2)$$

де V_o — мінімальна швидкість, з якою елемент масою m “прошиває” екран. Вона визначається за формулою:

$$V_o = \xi \cdot d \left[\left(\frac{h}{m} \right)^n \right]^{0,5}$$

де d і m — маса і розмір стружки, що відлітає;

h — товщина екрану;

n — показник степеня;

ξ — коефіцієнт, значення якого приймається рівним: для пластмаси $1,1 \cdot 10^6$, для металів — $1,23 \cdot 10^7$.

Таким чином, по даній методиці є можливість виконати необхідні розрахунки захисних екранів, встановлених на металорізальних верстатах.

5.3 Пожежна профілактика. Характеристика будівлі за ступенем пожежної безпеки, та ступенем вогнестійкості

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, яке призводить до матеріальної шкоди.

Пожежна безпека – характеризується станом об'єкту, при якому з певною ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі, а також впливу на людей її небезпечних факторів, враховуючи захист матеріальних цінностей.

До небезпечних факторів пожежі і вибуху можна віднести: відкритий вогонь, іскри, підвищену температуру, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

На підприємстві за стан пожежної безпеки відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники. [22]

На підприємствах розізняють два види пожежної охорони: професійна і воєнізована. Остання створюється на об'єктах з підвищеною небезпекою. При Міністерстві внутрішніх справ створено управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд функції якого:

- Контроль за станом пожежної безпеки.
- Погдження протипожежних норм і правил
- Розслідування причин і облік пожеж.
- Організація протипожежну профілактику.

До протипожежної профілактики входить комплекс організаційних та технічних заходів, які спрямовані на захист людей, на попередження пожеж, локалізацію їх поширення, а також створення умов для швидкого гасіння пожежі.

На підприємстві відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій є головний інженер, а начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт по її ліквідації.

Горіння - це процес окислення який супроводжується інтенсивним виділенням тепла і променевої енергії.

Проце горіння включає в себе горючу речовина, окислювач та джерело запалювання. Горіння може бути повним і неповним. Повне - при достатній або надлишковій кількості окислювача і при такому процесі виділяються натоксичні речовини. Неповне - відбувається при недостатній кількості окислювача. При неповному горінні утворюються продукти неповного згорання, до них відносимо такі токсичні речовини, як чадний газ.

Вибух – це швидке перетворення речовин, яке супроводжується виділенням енергії і утворенням ударної хвилі. Ударна хвиля поширюється перед фронтом полум'я із швидкістю звуку 330 м/с.

Пожежо-вибухонебезпечність виробництв характеризується агрегатним станом речовин та матеріалів та їх показниками пожежо-вибухонебезпечності. До таких показників відносимо: група спалимості, температура займання, температура спалаху, температура самозаймання, нижня та верхня концентраційні межі запалення, умови теплового самозаймання та ін.

Спалимість - це здатність речовини або матеріалу до горіння. Займання - це початок процесу горіння під дією джерела запалювання.

Температура займання - це найнижча температура речовини, при якій вона виділяє пари так швидко, що після займання їх від джерела запалювання виникає стійке горіння.

Температура спалаху - це найнижчий температурний режим речовини , при якій над її поверхнею утворюються пари, які можуть спалахнути у повітрі від джерела запалювання, але швидкість утворення парів не є недостатньою для подальшого горіння.

Спалимі рідини більш пожежонебезпечні, ніж тверді матеріали і речовини , тому що вони легко займаються, а т акож інтенсивніше горять та утворюють з повітрям вибухо- та пожежонебезпечні суміші та характеризуються температурою спалаху, нижньою і верхньою межею поширення полум'я.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі на основі базового розроблено ефективніший і економічно вигідніший технологічний процес обробки валу первинного 695Ж-1701030. Для цього ми провели аналіз технологічності конструкції деталі, вибрали та обґрунтували найоптимальніший спосіб одержання заготовки, визначили припуски та міжопераційні розміри, провели вибір ріжучого інструменту й розрахунок режимів різання за операціями, здійснили нормування розробленого технологічного процесу, а також визначили кількість необхідного обладнання.

В роботі проведено теоретичні обґрунтування запропонованих методів та форм обробки, а також вибрано конструкції спеціальних пристроїв, які дають можливість використати технічні та технологічні можливості прийнятого технологічного процесу.

В процесі виконання роботи проаналізовано основні напрямки розробки нових конструкцій інструментів для обробки глибоких отворів. Із проведеного аналізу можна зробити висновок, що в першу чергу вдосконалюються їх геометричні параметри та конструктивні елементи, а в другу чергу - спостерігається використання нових матеріалів для виготовлення інструменту. Проте такий підхід не вирішує всіх проблем, які виникають при обробці глибоких отворів. Тому необхідно досліджувати фізичні процеси різання, що дозволить вирішити дану проблему.

Проведено економічне обґрунтування прийнятих рішень, в результаті автоматизації виробництва значно зменшилась собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аваков А. А. Физические основы теории стойкости режущих инструментов / А. А. Аваков. – М. : Машгиз, 1960. – 308 с.
2. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
3. Гречишников В. А. Режущие инструменты: учеб. пособие / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе и др. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 388 с.
4. Грановский Г.И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский – М. : Высш. шк., 1985. – 304 с
5. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
6. Жарков Н. В., Прокди Р. Г., Финков М. В. AutoCAD 2014 : посібник. Санкт-Петербург : Наука и техника, 2014. 624 с.
7. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні ділянки та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
8. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
9. Клименко В.М., Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: / Частина третя. Основи механічної обробки матеріалів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ Вінниця, 2008.-73 с.
10. Карпик Р.Т. Дослідження технологічних параметрів процесу обробки отворів малого діаметра під час глибокого свердління. Р.Т. Карпик, Н.О.Костюк // Прикладні проблеми динаміки, міцності та оптимізація промислового устаткування, -2019. С.24-30.
11. Маршуба В.П. Основні напрямки підвищення точності та продуктивності глибокого свердління спіральними свердлами. В.П.Маршуба, О.В.Чернякова // Машинобудування. – 2010. – № 6. – С. 72–84.

12. Маршуба В. П. Обробка глибоких отворів: ріжучій інструмент, загальні проблеми та тенденції їх вирішення / В. П. Маршуба, Л. О. Яценко // *Машинобудування* : зб. наук. праць. – Харків : УПА, 2016. – № 17. – С. 80-86.
13. Мельник О.О. Режими різання при свердлінні глибоких отворів/ Мельник О.О., Прибора О.В., // *Вісник Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”*. Серія машинобудування. – К.: НТУУ „КПІ”. – 2018. – С. 75 – 79.
14. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
15. Петраков Ю В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. УкрНДІАТ, К.: 2004.– 384 с.
16. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.
17. Локтев А. Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. Москва : Машиностроение, 1991.
18. Солнцев Ю. П. Материаловедение : учебник для вузов. Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. 784 с.
19. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудуванні : навч. посіб. Суми : Университетская книга, 2011. 557 с.
20. Паньків М., Бугайчук В. Аналіз технологій глибокого свердління отворів зб. Тез Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.: ТНТУ, 2020. С.107.
21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985.
22. Франчук В. С. Цивільна оборона : навч. посіб. Вид. 2-ге, доп. Львів : Афіша, 2001. 336 с.
23. Юдковский П. А. Повышение качества спиральных сверл / П. А. Юдковский, И. К. Крючков, А. П. Шевель. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 1970. – 110 с

24. P. J. Arrazola, T. Ozel, D. Umbrello, M. Davies, I. S. Jawahir. Recent advances in modelling of metal machining processes, CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. 62, 2013, P. 695–718