

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«Сумський державний університет»

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему Удосконалення технологічного процесу виготовлення
опори нижньої 1.1650-58-05 шляхом інтенсифікації комплексної
операції з ЧПК для оброблення отворів

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-92
напряму підготовки (спеціальності)
131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Плавко В. К.
(прізвище та ініціали)

Керівник Дегтярьов І.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить 104 сторінок, в тому числі 25 рисунків, 16 таблиць, бібліографію із 54 джерела на 5 сторінках, 4 додатків на 15 сторінках.

Проаналізовані: службове призначення машини, вузла, деталі, технічні вимоги і умови, спосіб отримання заготовки, базовий технологічний процес, виконання вимог по охороні праці.

Розроблені: варіант технологічного процесу, структура двох технологічних операцій, контрольно-вимірювальне пристосування.

Зроблені розрахунки: вартості заготовок, похибок базування, режимів різання, технічного нормування.

Мета дослідження – підвищення ефективності механічної обробки деталі «Опора нижня» 1.1650-58-05.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Опора нижня» 1.1650-58-05 центрифуги ОГШ 631К-06.

Предмет дослідження – операції технологічного процесу виготовлення деталі «Опора нижня» 1.1650-58-05

ЦЕНТРИФУГА, ДЕТАЛЬ, БАЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧЕСКАЯ ОПЕРАЦІЯ, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ.

ABSTRACT

The qualification work contains 104 pages, including 25 figures, 16 tables, bibliography from 54 sources on 5 pages, 4 appendices on 15 pages.

Analyzed: the official purpose of the machine, unit, parts, technical requirements and conditions, the method of obtaining the workpiece, the basic technological process, compliance with labor protection requirements.

Developed: a variant of the technological process, the structure of two technological operations, control and measuring device.

Calculations are made: cost of blanks, basing errors, cutting modes, technical rationing.

The purpose of the study is to increase the efficiency of machining of the part "Lower support" 1.1650-58-05.

The object of research - the technological process of manufacturing parts "Lower support" 1.1650-58-05 centrifuge OGSB 631K-06.

The subject of research - operations of the technological process of manufacturing parts "Lower support" 1.1650-58-05

**CENTRIFUG, DETAIL, BASE, TECHNOLOGICAL PROCESS,
TECHNOLOGICAL OPERATION, TOOL, MACHINE, CUTTING MODES.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ

« ____ » _____ 2020 р.

**Удосконалення технологічного процесу виготовлення опори
нижньої 1.1650-58-05 шляхом інтенсифікації комплексної
операції з ЧПК для оброблення отворів**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність *131 Прикладна механіка*

Освітня програма – технології машинобудування

Студент

В. К. Плавко

Керівник

І. М. Дегтярьов

Консультант з охорони праці
та безпеки у надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «Опора нижня».....	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації.....	6
1.2 Аналіз технічних вимог і визначення технологічних завдань по виготовленню деталі.....	13
1.3 Визначення типу виробництва	15
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	18
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу	22
1.6 Висновки	26
Розділ 2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Опора нижня»	28
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі.....	28
2.2 Вибір способу отримання заготівлі.....	36
2.3 Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	38
2.4 Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення	40
2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	43
2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристосувань, металорізального і вимірювального інструменту	45
2.7 Розрахунок режимів різання	47
2.8 Технічне нормування операцій.....	53
2.8 Проектування контрольно-вимірювального пристосування.....	57
РОЗДІЛ 3 Науково-дослідний розділ. Дослідження можливості інтенсифікації технологічної операції «Комплексна з ЧПК».....	72
3.1. Основні поняття інтенсифікації технологічних процесів.....	72
3.2 Моделювання технологічних процесів.....	73
3.2 Дослідження жорсткості універсально-складального	

пристосування з використанням модуля Simulation CAПР SolidWorks.....	75
3.3 Висновок	80
ВИСНОВКИ.....	81
ПЕРЕЛІК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ДЖЕРЕЛ.....	82
Додаток А.....	87
Додаток Б	88
Додаток В	89
Додаток Г	91

ВСТУП.

Машинобудівна галузь є основною технологічною базою що визначає розвиток усієї промисловості будь-якої країни. Тому темпи зростання машинобудування повинні значно перевищувати аналогічні показники інших галузей народного господарства. Нині машинобудування, як жодна з інших галузей, сильно відстає від науково-технічного прогресу, у зв'язку із складністю технологічного устаткування, що випускається. Новітні випущені верстати і інше устаткування являються, нині, морально застарілими, оскільки дуже багато часу йде на розробку конструкторської і технологічної документації, підготовку виробництва і інші організаційні роботи. Тому в даний момент перед машинобудуванням стоїть величезне число складних і важливих завдань, таких як: планування і розробка перспективних технологій; створення високопродуктивних енерго- і матеріалосберегаючих технологій; підвищення якості і технічного рівня машинобудівної продукції; застосування засобів автоматизації і механізації виробництва.

Рівень розвитку машинобудування - один з найзначиміших чинників технічного прогресу, оскільки корінні перетворення у будь-якій сфері виробництва можливі лише в результаті створення досконаліших машин і розробки принципово нових технологій. Розвиток і вдосконалення технологій виробництва сьогодні тісно пов'язані з автоматизацією, створенням роботехнічних комплексів, широким використанням обчислювальної техніки, застосуванням устаткування з числовим програмним управлінням. Усе це складає базу, на якій створюються автоматизовані виробництва, стають можливими оптимізація технологічних процесів, створення гнучких автоматизованих комплексів.

Комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів, переоснащення машинобудівних підприємств сучасними металорізальними верстатами, типізація і стандартизація технологічних процесів, повсюдне впровадження в практику технологічного

проектування електронних обчислювальних машин привели до переоцінки існуючих методів проектування. Нині технологічне проектування - це комплексна система взаємодії засобів і методів, що обумовлюють створення високоякісної технологічної документації на основі широкого застосування стандартних технологічних рішень. Освоєння машинобудівними підприємствами нової технологічної документації створило передумови для розробки і впровадження автоматичних систем управління виробничими процесами в цілому.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ОПОРА НИЖНЯ»

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації

Центрифуга ОГШ-631К-06 - фільтруюча, вертикальна, з шнековим вивантаженням осаду.

Центрифуга призначена для безперервного розділення високо агресивних суспензій на тверду і рідку фази шляхом фільтрації через спеціальне сито, зокрема для кислотоотжима продуктів ПК.

Технічні дані.

Максимальний внутрішній діаметр ротора, мм	405
Частота обертання ротора, об/хв	2650±260
Чинник розділення на максимальному діаметрі.....	1588
Максимально допустиме завантаження, кг	4
Максимальне розрахункове динамічне навантаження, кг	50
Відносна частота обертання шнека, об/хв	50
Максимальний момент, що передається редуктором, кгс м.....	200
Електродвигун головного приводу центрифуги :	
Тип	4A160M4XU3
Потужність, кВт.....	18,5
Частота обертання, об/хв	1500
Габаритні розміри центрифуги, мм без віброізолюючого пристрою, мм :	
довжина	1950
ширина.....	1300
висота.....	1800
Маса центрифуги, кг	1785

Склад виробу

Центрифуга ОГШ-631К-06 (рис. 1.1), складається з наступних основних вузлів: ротора 3, шнека 4, станини 7, планетарного редуктора 6, кожуха 5, труби живлення 2, приводу 13, блокуючого пристрою 8, рами 9 з маслостанцією і нижньої рами 10 з амортизаторами 16.

Будова і робота виробу

Основним робочим вузлом центрифуги ФВШ-401К-01 являється конічний ротор, стінки якого забезпечені наскрізними профільованими щілинами, розташованими паралельно. На внутрішній поверхні ротора викладено і закріплено спеціальне тонколистове сито.

Усередині ротора, співісний з останнім, розташований шнек, призначення якого - безперервно видаляти осад з ротора. Шнек обертається в ту ж сторону, що і ротор, але із швидкістю дещо більшої.

Різниця в швидкостях обертання ротора і шнека створюється планетарним редуктором.

Базовим вузлом центрифуги, на якому встановлюються її основні вузли, є станина.

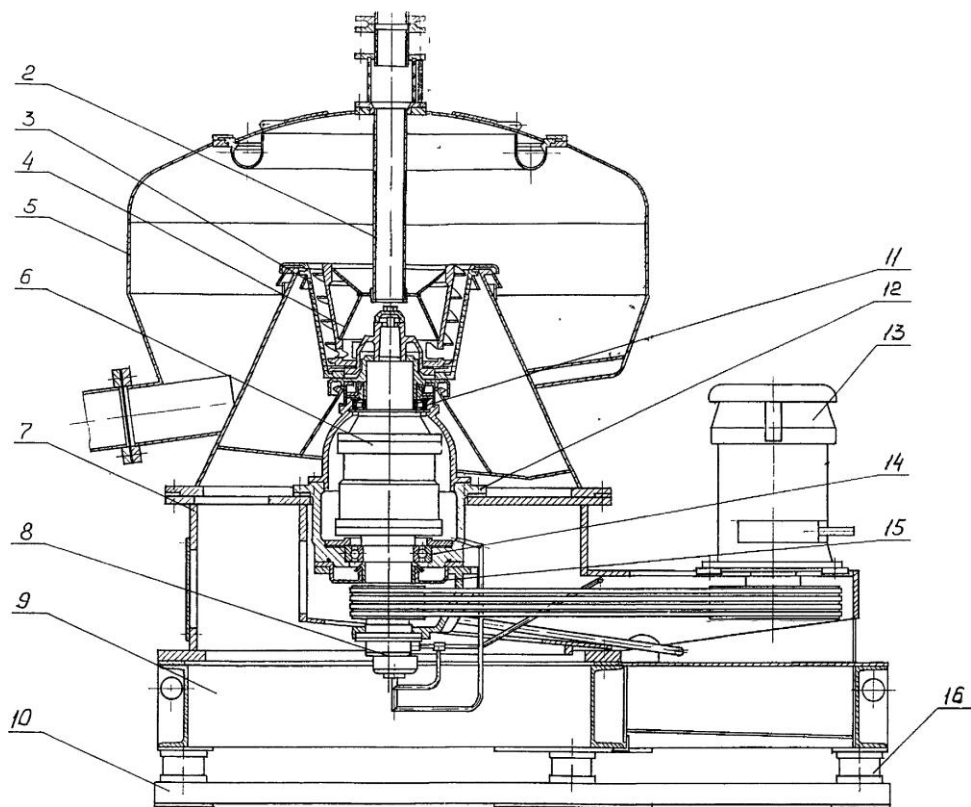


Рисунок 1.1 - Центрифуга ОГШ-631К-06 (розріз).

Для запобігання передачі вібрації на несну конструкцію при роботі центрифуги станина змонтована на рамі з виброізолюючим пристроєм, що дозволяє встановлювати центрифугу у замовника без спеціального фундаменту.

До станини кріпиться кожух, який утворює порожнину для збору і відведення фільтрату і осаду.

Подання суспензії в ротор здійснюється через трубу живлення, розташовану співісному ротору і закріплену в кришці кожуха.

Суспензія, пройшовши по трубі живлення, потрапляє на стінки внутрішнього конуса шнека, розгониться їм і, через завантажувальні вікна, відцентровою силою викидається на поверхню сита ротора. Тут рідка фаза фільтрується, а осад транспортується витками шнека по поверхні сита у бік більшого діаметру ротора.

Досягнувши кромки ротора, осад переходить на конусне кільце, звідки відцентровою силою скидається на стінки кожуха, а звідти виводиться зливною рідиною, що безперервно подається

Рідка фаза, пройшовши дренажні щілини ротора, потрапляє в порожнину кожуха ротора і по зливній трубі видаляється з машини.

Процес відділення твердої фази від рідкої, вивантаження і виведення осаду, злив фільтрату відбувається в центрифугі безперервно.

Деталь «Опора нижня» є коробчатою осесиметричне тіло. У виробі деталь служить опорою, на якій встановлений планетарний редуктор. Її службовим призначенням є забезпечення стійкого вертикального положення редуктора і приєднаних до нього вузлів, захист довкілля від часток агресивної робочої суспензії.

Усі поверхні даної деталі можна розділити на три групи:

- базуючі, які призначені для визначення взаємного розташування збираних деталей у виробі;
- робочі, які виконують яку-небудь робочу функцію;

- з'єднувальні (або вільні), які об'єднують базуючі і робочі поверхні в єдине тіло, формують загальну конфігурацію деталі.

Розглянемо службове призначення поверхонь деталі. Ескіз деталі і нумерація поверхонь представлені на рисунку 1.2.

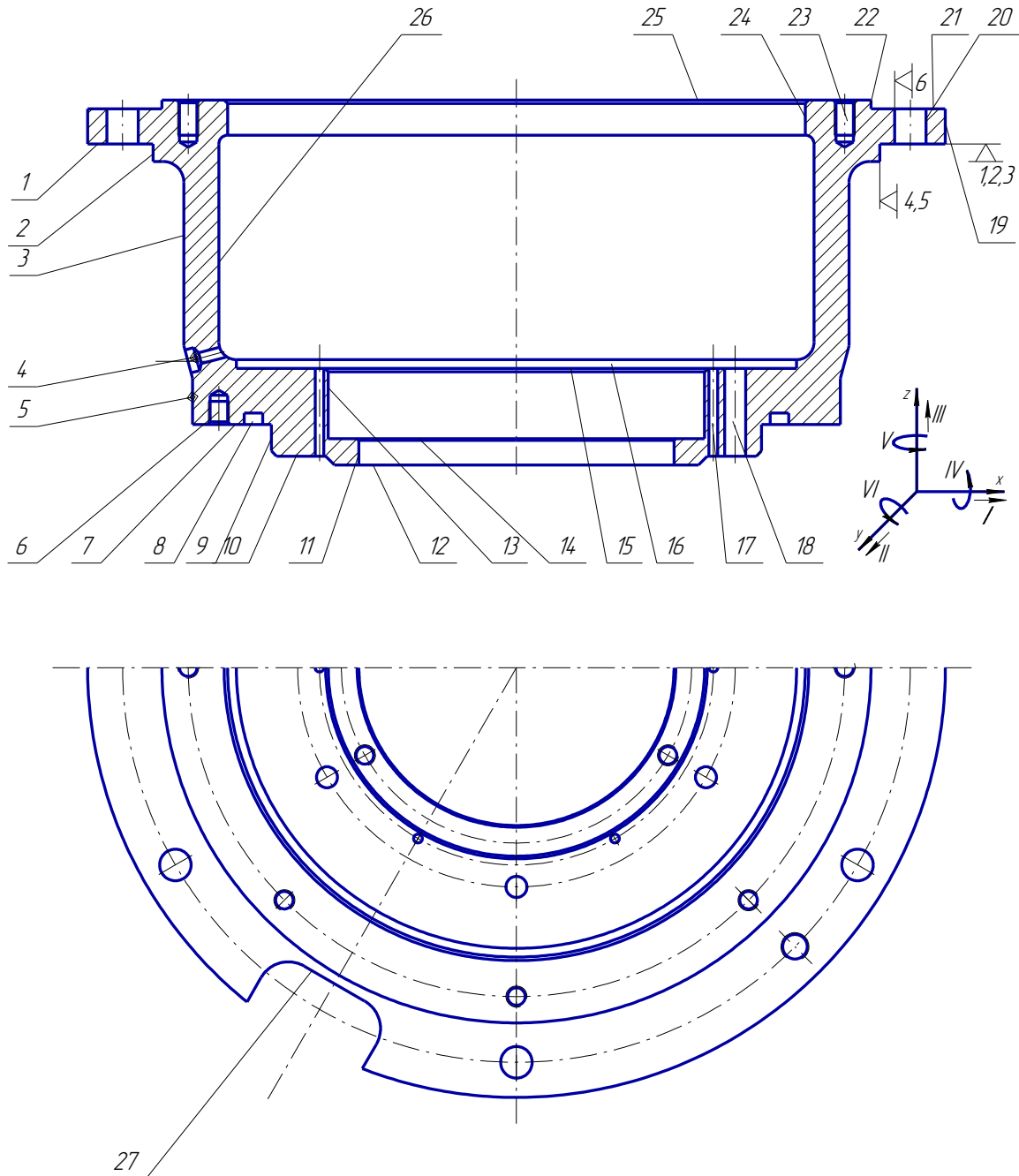


Рисунок 1.2 - Ескіз деталі

Поверхня 1 - плоска торцева поверхня $\varnothing 490/\varnothing 415$, є основною конструкторською базою, визначає осьове лінійне положення деталі при

установці у виробі. Є установчою базою, що позбавляє деталь трьох ступенів свободи.

Поверхня 2 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 415$, є основною конструкторською базою, визначає радіальне положення деталі при установці у виробі. Є подвійною опорною базою, позбавляючи заготівлю двох ступенів свободи.

Поверхня 3 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 380$, є вільною поверхнею.

Поверхня 4 - зовнішня конічна поверхня $\varnothing 380/\varnothing 370$ з кутом конуса 15° , є вільною поверхнею.

Поверхня 5 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 370$, є вільною поверхнею.

Поверхня 6 - глухий різьбовий отвір M12-7H \times 16,75 (8 отв.). Ця поверхня є допоміжною конструкторською базою по якій відбувається базування болтів, що кріплять нижню захисну кришку.

Поверхня 7 - плоска торцева поверхня $\varnothing 370/\varnothing 280$, є допоміжною конструкторською базою, визначає осьове лінійне положення нижньої захисної кришки при складанні виробу.

Поверхня 8 - торцева канавка $\varnothing 290/\varnothing 311$, глибиною 6,5 мм, є допоміжною конструкторською базою, призначена для установки кільця ущільнювача.

Поверхня 9 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 280$, є допоміжною конструкторською базою, визначає радіальне положення нижньої захисної кришки при складанні виробу.

Поверхня 10 - плоска торцева поверхня $\varnothing 280/\varnothing 208$, обмежена конічними фасками $3\times 45^\circ$ і $5\times 45^\circ$, є вільною поверхнею.

Поверхня 11 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 180$, є вільною поверхнею.

Поверхня 12 - плоска торцева поверхня $\varnothing 180/\varnothing 208$, є вільною

поверхнею.

Поверхня 13 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 215$, є допоміжною конструкторською базою, визначає радіальне положення кулькового підшипника при складанні виробу.

Поверхня 14 - плоска внутрішня торцева поверхня $\varnothing 180/\varnothing 215$, є допоміжною конструкторською базою, визначає осьове лінійне положення кулькового підшипника при складанні виробу.

Поверхня 15 - плоска внутрішня торцева поверхня $\varnothing 320/\varnothing 215$, є допоміжною конструкторською базою, що визначає осьове положення кришки, що притискує підшипник.

Поверхня 16 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 320$, є допоміжною конструкторською базою, що визначає радіальне положення кришки, що притискує підшипник.

Поверхня 17 - циліндричний наскрізний отвір $\varnothing 5$ (6 отв.), є вільною поверхнею, призначена для регулювання середовища, в якому знаходиться підшипник.

Поверхня 18 - циліндричний наскрізний отвір $\varnothing 12$ (6 отв.), є допоміжною конструкторською базою, определяющей радіальне положення болтів, що кріплять кришку, що притискує підшипник.

Поверхня 19 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 450$, є вільною поверхнею, обмежує габаритний діаметральний розмір.

Поверхня 20 - циліндричний наскрізний отвір $\varnothing 18$ (6 отв.), є основною конструкторською базою, визначає кутове положення відносно осі симетрії деталі при установці у виробі. Є опорною базою, позбавляючи заготівлю одного ступеня свободи.

Поверхня 21 - плоска торцева поверхня $\varnothing 490/\varnothing 405$, є допоміжною конструкторською базою, яка визначає осьове положення болтів, що кріплять деталь до рами виробу.

Поверхня 22 - зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 405$, є вільною

поверхнею.

Поверхня 23 - глухий різьбовий отвір M12-7H×24 (8 отв.). Ця поверхня є допоміжною конструкторською базою по якій відбувається базування болтів, що кріплять верхню захисну кришку.

Поверхня 24 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 180$, є допоміжною конструкторською базою, забезпечує центрування верхньої захисної кришки при складанні виробу.

Поверхня 25 - плоска торцева поверхня $\varnothing 405/\varnothing 330$, є допоміжною конструкторською базою, визначає осьове лінійне положення верхньої захисної кришки при складанні виробу.

Поверхня 26 - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 340$, є вільною поверхнею.

Розглянемо комплект основних конструкторських баз деталі. Поверхні 1 і 2, по яких деталь встановлюється в корпус, позбавляють деталь 5 ступенів свободи: переміщень уздовж осей X, Y і Z, а також обертання навколо осей X і Y. Таким чином, реалізується настановна баз по поверхні 1 і подвійна опорна база по поверхні 2. Поверхня 6 позбавляє деталь можливості обертатися навколо осі Z і є опорною базою.

Складаємо для основних конструкторських баз матрицю зв'язків (таблиця 1.1) і таблицю відповідностей (таблиця 1.2).

Таблиця 1.1 - Матриця зв'язків

Поверхні	Ступені свободи	Тип бази
1	III, IV, VI	УБ
2	I, II	ДОБ
20	V	О

Таблиця 1.2 - Таблиця відповідностей

Поверхні		Зв'язки		
		X	Y	Z
1	L	0	0	1
	∞	1	1	0
2	L	1	1	0
	∞	0	0	0
20	L	0	0	0
	∞	0	0	1

Аналіз основних конструкторських баз показує, що деталь «Опора нижня» при складанні агрегату втрачає 6 ступенів свободи, що є необхідним для реалізації деталлю свого службового призначення.

1.2 Аналіз технічних вимог і визначення технологічних завдань по виготовленню деталі

Робоче креслення деталі виконане на листі формату А2 і містить 3 види і 4 місцеві розрізи. Представлена на кресленні інформація дає повне уявлення про деталь(конфігурації, розмірах усіх поверхонь, матеріалі і його властивостях, технічних вимогах, шорсткості) і відповідає стандартам ЕСКД по оформленню креслень :

ГОСТ 2.109-68. Основні вимоги до креслень.

ГОСТ 2.305-68. Зображення, види, розрізи перерізу.

ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і граничних відхилень.

ГОСТ 25142-82. Шорсткість поверхонь.

В той же час можна зробити декілька зауважень.

Конструктором призначена велика кількість вимог по радіальному і торцевому биттю поверхонь деталі. При цьому використовуються різні вимірювальний бази: Б (поверхня 2), В(поверхня 9), Ж (поверхня 13).

Одночасно з цим, до вимірювальних баз В і Ж пред'являються вимоги по обмеженню радіального биття відносно бази Б. Велика кількість «прапорців» і вимірювальних баз заважає креслення і утрудняє його читання. Рациональніше було б обрати в якості вимірювальної бази одну поверхню, наприклад базу Б, і відносно цієї поверхні призначити допуски на биття для інших поверхонь. Використання декількох вимірювальних баз ускладнює технологічний процес виготовлення деталі і її контроль.

Крім того, на кресленні не правильно вказано номінальне значення діаметру поверхні 16. Вказане $\varnothing 280H7$, а вимір по кресленню відповідає $\varnothing 320$.

Неправильно призначені номінальні значення лінійних розмірів різьбового отвору M12-7H (поверхня б): глибина отвору 16,75 і довжина різі 13,25. Допуск на ці розміри призначений по 17 квалітету точності і складає 1,8 мм, що на 2 порядки грубіше за точність номінальних розмірів.

Розглянувши вимоги наявні на кресленні бачимо, що початкових даних вистачає для проектування технологічного процесу і виготовлення деталі.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення опори нижньої 1.1650-58.00-05 необхідно врахувати ті моменти у базовому технологічному процесі, які можна змінити під дрібносерійний тип виробництва.

Таким чином, при виготовленні деталі впровадження верстатів з ЧПУ дозволить зменшити допоміжний час на кожній операції, зменшити розряд робітника-верстатника.

Використання інструменту, виготовленого з твердого сплаву, дозволить збільшити режими різання, а отже зменшити машинний час. Застосування інструменту з твердосплавними пластинами збільшить термін його використання.

Застосування спеціальних пристосувань на операціях зменшить час на базування і закріплення деталі, виключить погрішність базування(при збігу

вимірювальної і технологічних баз).

Можна зробити висновок, що застосування вищепереліченого призведе до зменшення собівартості деталі за рахунок зменшення витрат на заробітну плату робітників, на купівлю інструменту, зменшення машинного і допоміжного часу.

1.3 Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва по K_{30}

Визначення типу виробництва здійснюється розрахунковим методом, за методикою [9], яка встановлена ГОСТ 14.004-83. Відповідно до цієї методики тип виробництва визначається по коефіцієнту закріплення операцій K_{30}

Початковими даними для цього є річна програма випуску, яка складає 300 шт. і норми штучного часу по заводському технологічному процесу.

Визначаємо річну програму випуску деталей.

Річна програма випуску деталей :

$$N_{\text{год}} = N \cdot m + \beta, \quad (1.1)$$

де N - річна програма випуску виробів, $N = 300$ шт;

m - кількість деталей у виробі, $m = 1$ шт;

β – кількість запчастин, $\beta = 0$.

$$N_{\text{год}} = 300 \cdot 1 + 0 = 300 \text{ шт.} \quad (1.2)$$

Визначуваний коефіцієнт закріплення операцій.

Визначення штучно-калькуляційного часу $T_{\text{ш-к}}$ на усіх механічних операціях виконуємо по заводському технологічному.

Кількість механічних операцій базового технологічного процесу - 10.
шт

Трудомісткість операцій, хв :

1. Токарна - 25,8
2. Токарна - 23,4
3. Токарна - 21,6
4. Токарна - 19,5
5. Радіально-свердловальна - 22,3
6. Радіально-свердловальна - 27,5
7. Горизонтально-розточувальна - 18,4
8. Круглошлифовальна - 25,9
9. Внутрішньошлифовальна - 29,7
10. Круглошлифовальна - 33,4

Розрахунок виконуємо на ЕОМ. Результати розрахунку приведені в додатку Б.

Характеристика вибраного типу виробництва

Отриманий результат - тип виробництва дрібносерійний. Розглянемо коротку характеристику цього типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві, деталі робляться партіями, які регулярно повторюються через відносно тривалі проміжки часу. Дрібносерійне виробництво - багатомноменклатурне. Дрібносерійне виробництво характеризується виконанням на багатьох робітниках місцях досить великої кількості операцій, що періодично повторюються. Обсяг випуску при такому виробництві може змінюватися від десятків до декількох тисяч виробів в рік.

Як правило, в цьому типі виробництва застосовується універсальне устаткування, але в обґрунтованих випадках знаходить застосування також спеціалізоване і спеціальне устаткування. Застосовується устаткування з ЧПУ.

Технологічне устаткування розміщується по технологічних групах з урахуванням напряму основних вантажопотоків. Вживане оснащення - у більшості випадків універсальна, проте, в особливих випадках створюється

високопродуктивне спеціальне оснащення; при цьому доцільність її застосування має бути заздалегідь обгрунтована техніко-економічним розрахунком. Велике поширення має універсально-соборне, переналагоджуване технологічне оснащення, яке дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності виробництва. Як заготівлі використовується гарячий і холодний прокат, литво в землю, поковки на молотах і на пресах. У обгрунтованих випадку знаходить застосування точні відливання, штампування, спеціальний прокат.

Необхідна точність розмірів досягається як методами автоматичного отримання розмірів(на верстатах з ЧПУ), так і методами пробних ходів і промірів з частковим застосуванням розмітки(на універсальному устаткуванні).

Середня кваліфікація робітників вища, ніж в масовому виробництві, але нижче чим в одиничному. Разом з робітниками високої кваліфікації, працюючими на складному універсальному устаткуванні використовується праця робітників-операторів, працюючих на верстатах з ЧПУ. При складанні деталей в складальні одиниці може забезпечуватися повна, неповна, групова взаємозамінюваність, але в переважній більшості випадку застосовується компенсація розмірів і пригін за місцем.

Характеристика предметної форми організації виробництва.

При предметній формі організації роботи верстати розташовуються в послідовності технологічних операцій для однієї або декількох, що вимагають однакового порядку обробки. У тій же послідовності утворюється і рух деталей. Деталі обробляються на верстатах партіями; при цьому час виконання операції на окремих верстатах може бути не погоджений з іншими верстатами. Виготовлені деталі під час роботи зберігають у верстатів і потім транспортують цілою партією. Деталі, очікуючі вступу на наступний верстат для виконання чергової операції, зберігають або у верстатів, або на спеціальних майданчиках між верстатами, на яких робиться контроль деталей.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Якісний аналіз технологічності

Деталь є тілом циліндричної форми, із ступінчастою зовнішньою поверхнею і циліндричною ступінчастою порожниною. Більшість поверхонь простої форми, досить розвинені і легко доступні, що дозволяє застосувати широко поширені високопродуктивні методи обробки.

Матеріалом для цієї деталі сталь 12Х18Н9ТЛ-II ГОСТ 2176-77.

Ця сталь призначена для виготовлення різних деталей машинобудування, працюючих при температурі не вище 700 °С. Сталь корозійностійка, жаростійка при температурі до 600 °С, аустенітного класу. Сталь є ливарною і призначена для отримання заготовок методами лиття. Хімічний склад цього матеріалу приведений в таблиці 1.3, а механічні властивості в таблицях 1.4 – 1.6.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад, % ГОСТ 2176-77

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	Ti
			не більше					
0,12	0,2-1,0	1,0-2,0	17-20	0,03	0,035	0,3	8-11	0,6

Таблиця 1.4 - Механічні властивості при підвищених температурах

Температура випробування, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/м ²
Аустенізація при 1100 °С, 4 ч, повітря. Стабілізація при 800 °С, 1020 °С, охолодження з піччю.					
20	195-235	500-660	24-25	30-35	78-108
400	195	355-370	12-17	24-41	69-108
500	185	345	17	35-42	69-88
600	155	275	24	47	88
700	175	225-255	15-17	26-38	88

Таблиця 1.5 - Механічні властивості в перерізах до 100 мм

Термообробка, стан постачання	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	K_{CU} , Дж/м ²
Загартування 1050-1100 °С, вода, олива або повітря.	200	450	25	32	60

Таблиця 1.6 - Механічні властивості по перерізу литої заготовки

Термообробка, стан постачання	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	K_{CU} , Дж/м ²	НВ
Переріз заготовки 200 мм.					
Загартування 1060-1070 °С, вода. Місце вирізки зразка - Ц	225- 245	455- 510	30-49	172- 196	143- 156
Стабілізуючий відпал 840-850 °С, 4 ч, повітря. Місце вирізки зразка - К	230- 265	465- 515	42-53	157- 208	156

де σ_B , - тимчасовий опір розриву, МПа; δ_5 , - відносне подовження %; ψ – відносне звуження %; НВ - твердість по Бринеллю.

Деталь «Опора нижня» має високу жорсткість, розвинені поверхні, які можна використати в якості технологічних баз. Це при водить до мінімальних деформацій під дією сил різання і закріплення.

До нетехнологічних елементів на деталі можна віднести:

1. наявність великої кількості висока точних поверхонь з допуском на розмір по 6-7 квалитетам точності, проте виконання цієї вимоги потрібне для виконання деталлю свого службового призначення;
2. велика кількість допусків торцевого і радіального биття, заданих від різних базових поверхонь. При цьому сама величина допуску 30 мкм особливих проблем не викликає. Ускладнюється обробка за рахунок необхідності використати різні схеми базування;

3. наявність на поверхнях деталі великої кількості дрібних(в порівнянні з розмірами деталі) елементів, таких як отвори з різьбленням М12-7Н, Ø5 і так далі;
4. відсутні канавки для виходу інструменту на циліндричних поверхнях з високою точністю, проте їх введення зробить необхідним виконати додаткові об'єми механічної обробки з використанням спеціалізованого інструменту;
5. різеві отвори на фланці деталі (переріз Г-Г) мають двосторонні фаски, обробка яких вимагає спеціального переустановлення деталі.

В цілому, деталь «Корпус» являється досить технологічної і зручної для виконання механічної обробки і дозволяє застосовувати високопродуктивні методи механічної обробки.

Кількісний аналіз технологічності.

Як кількісних показників технологічності можуть розглядатися наступні параметри: маса деталі, коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхонь, коефіцієнт уніфікації поверхонь, рівень технологічності конструкції за технологічною собівартості.

Коефіцієнт точності обробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (1.3)$$

де $T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}$ – середня точність розмірів,

T_i – номер квалітета;

n_i – кількість розмірів і-того квалітета.

Кількість розмірів різних квалітетів для даної деталі представлено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Кількість розмірів різних квалітетів

Квалітет	6	7	11	14	16	17
Кількість розмірів	2	24	1	72	16	16

Визначаємо середню точність розмірів:

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 24 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 72 + 16 \cdot 16 + 16 \cdot 17}{2 + 24 + 1 + 72 + 16 + 16} = 13,18$$

Визначаємо коефіцієнт точності:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{13,18} = 0,924$$

Коефіцієнт точності досить високий, що свідчить про технологічність деталі з точки зору досягання точності розмірів.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначаємо за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.4)$$

де $Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i}$ - середня шорсткість поверхонь,

$Ш_i$ - значення шорсткості за критерієм Ra, мкм;

n_i - кількість поверхонь з і-тою шорсткістю.

Кількість поверхонь з різними параметрами шорсткості для даної деталі представлено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Кількість поверхонь з різною шорсткістю

Шорсткість по Ra, мкм	1,6	3,2	6,3	12,5
Кількість поверхонь	9	24	8	22

Визначаємо середню шорсткість поверхонь:

$$Ш_{cp} = \frac{1,6 \cdot 9 + 3,2 \cdot 24 + 6,3 \cdot 8 + 12,5 \cdot 22}{9 + 24 + 8 + 22} = 6,61$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{6,61} = 0,849 .$$

Коефіцієнт шорсткості досить високий, що свідчить про технологічність деталі з точки зору досягається шорсткості поверхонь.

Визначаємо коефіцієнт уніфікації поверхонь як відношення числа уніфікованих поверхонь до загальної кількості поверхонь:

$$K_{ун.пов.} = \frac{K_{ун}}{K_{заг}} = \frac{57}{63} = 0,905 , \quad (1.5)$$

де $K_{ун} = 22$ шт. - кількість уніфікованих поверхонь;

$K_{заг} = 25$ шт. - загальна кількість поверхонь.

Коефіцієнт уніфікації поверхонь високий, що говорить про можливість застосування до більшості поверхонь уніфікованих технологічних методів їх отримання.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси готової деталі до маси заготовки:

$$K_{им} = \frac{G_{д}}{G_{заг}} = \frac{68,5}{78,9} = 0,86 . \quad (1.6)$$

Коефіцієнт використання матеріалу досить високий.

Аналіз деталі на технологічність показав, що деталь досить технологічна, хоча і має ряд нетехнологічних елементів.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу

Заводський технологічний процес виготовлення деталі "Опора нижня" складається з 20 операцій, з яких :

- 10 механічних;
- 3 розмічальних;
- 6 контрольних;
- 1 слюсарна.

Короткий зміст заводського техпроцесса.

Операція №005 "Токарно-гвинторізна".

Операція виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. Завдання операції - чорнова обробка зовнішніх поверхонь відливання. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується. Інструмент - стандартні токарні різці з напайками з твердого сплаву.

Операція №010 "Токарно-гвинторізна".

Операція виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. Завдання операції - чорнова обробка внутрішніх поверхонь відливання. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується. Інструмент - стандартні розточувальні різці з напайками з твердого сплаву.

Операція №015 "Контрольна".

Робиться контроль якості виконання обробки на попередніх операціях.

Операція №020 "Токарно-гвинторізна".

Операція виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. Завдання операції - напівчистова обробка зовнішніх поверхонь відливання. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується. Інструмент - стандартні токарні різці з напайками з твердого сплаву.

Операція №025 "Токарно-гвинторізна".

Операція виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. Завдання операції - напівчистова обробка внутрішніх поверхонь відливання. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується. Інструмент - стандартні розточувальні різці з напайками з твердого сплаву.

Операція №030 "Контрольна".

Робиться контроль якості виконання обробки на попередніх

операціях.

Операція №035 "Розмічальна".

Операція виконується на слюсарному верстаку. Завдання операції - розмітити осі отворів з боку фланця для подальшого свердління отворів.

Операція №040 "Радіально-свердлувальна".

Операція виконується на універсальному радіально-свердлувальному верстаті моделі 2P135. Завдання операції - просвердити отвори під кріпильне різьблення з боку фланця (450 . Як пристосування використовується УСП. Інструмент - стандартні спіральні свердла зі швидкорізальної сталі.

Операція №045 "Розмічальна".

Операція виконується на слюсарному верстаку. Завдання операції - розмітити осі отворів з протилежною від фланця (450 сторін для подальшого свердління отворів.

Операція №050 "Радіально-свердлувальна".

Операція виконується на універсальному радіально-свердлувальному верстаті моделі 23135. Завдання операції - просвердити отвори під кріпильне різьблення з протилежною від фланця (450 сторін. Як пристосування використовується УСП. Інструмент - стандартні спіральні свердла зі швидкорізальної сталі.

Операція №055 "Розмічальна".

Операція виконується на слюсарному верстаку. Завдання операції - розмітити вісь ступінчастого похилого отвору (10,5/(6, розплодженого збоку деталі.

Операція №060 "Вертикально-свердлувальна".

Операція виконується на універсальному вертикально-свердлувальному верстаті моделі 2Г125. Завдання операції - свердління ступінчастого похилого отвору (10,5/(6, розплодженого збоку деталі. Як пристосування використовується спеціальне пристосування. Інструмент - стандартні спіральні свердла зі швидкорізальної сталі.

Операція №065 "Контрольна".

Робиться контроль якості виконання обробки на попередніх операціях.

Операція №070 "Круглошлифовальна".

Операція виконується на круглошлифовальному верстаті моделі 3М197. Завдання операції - чистова обробка зовнішніх точних поверхонь. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується.

Операція №075 "Контрольна".

Робиться контроль якості виконання обробки на попередніх операціях.

Операція №080 "Внутрішньошліфувальна".

Операція виконується на внутрішньошліфувальному верстаті моделі 3К229В. Завдання операції - Остаточна обробка внутрішніх точних поверхонь. Як пристосування використовується трикулачковий патрон, що центрується.

Операція №085 "Контрольна".

Робиться контроль якості виконання обробки на попередніх операціях.

Операція №090 "Круглошліфувальна".

Операція виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3М197. Завдання операції - остаточна чистова обробка зовнішніх точних поверхонь. Як пристосування використовується спеціальне оправляння.

Операція №095 "Слюсарна".

Операція виконується на слюсарному верстаку. Завдання операції - зняття задирок, нарізування різьблення в кріпильних отворах, маркування деталі.

Операція №100 "Контрольна".

Робиться контроль якості виготовлення деталі, її відповідності технічним вимогам.

Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі "Опора нижня" показує, його структура складена з урахуванням принципу поетапності обробки, постійності технологічних баз. В основному виконується принцип концентрації обробки, що є характерним для дрібносерійного і одиничного виробництва.

Практично уся обробка виконується на металорізальних верстатах, що вказує на досить високий рівень механізації технологічного процесу.

Використовуване верстатне устаткування відноситься до універсального, з ручним управлінням, що говорить про низький рівень автоматизації технологічного процесу. Вважаємо раціональним використання верстатів з ЧПУ, особливо при збільшенні концентрації обробки і зменшення кількості операцій.

При виготовленні деталі використовуються в основному універсальні пристосування, іноді універсально-складальні, з ручним приводом.

Використовуваний інструмент - універсальний і стандартизований. Спеціальний інструмент не застосовується, що характерно для дрібносерійного виробництва.

В цілому заводський технологічний процес забезпечує отримання якісної деталі і відповідає основним принципам проектування технології в умовах дрібносерійного виробництва.

1.6 Висновки

Виконаний аналіз конструктивних особливостей деталі «Опора нижня» дозволив встановити, що вона відповідає її службовому призначенню та забезпечує виконання покладених функцій.

Було визначено для заданої річної програми випуску дрібносерійний тип виробництва на відміну від одиничного виробництва на базовому підприємстві.

Деталь «Опора нижня» має достатньо високий рівень технологічності за критеріями точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, що відповідає вимогам нормативної документації.

При розробці нового технологічного процесу основними завданнями будуть:

1) Сформувати структуру технологічного процесу відповідно до умов дрібносерійного виробництва з широким застосуванням автоматизованого верстатного обладнання (наприклад, верстатів з ЧПК), спеціалізованих верстатних пристосувань та іншого технічного оснащення.

2) При проектуванні нового технологічного процесу необхідно провести укрупнення технологічних операцій з метою зменшення їх кількості.

3) Застосувати високопродуктивний прогресивний металорізальний інструмент.

4) Розробити конструкцію контрольно-вимірювального пристрою для контролю точності виготовлення деталі.

Реалізація цих запланованих завдань дозволить інтенсифікувати процес механічної обробки деталі «Опора нижня».

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ОПОРА НИЖНЯ»

2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі

Для деталі «Опора нижня» можна запропонувати наступний маршрут обробки.

Операція №005 «Токарна з ЧПУ». Чорнова і напівчистова обробка на токарному верстаті з ЧПУ внутрішніх і торцевих з боку фланця поверхонь.

Операція №010 «Токарна з ЧПУ». Чорнова і напівчистова обробка на токарному верстаті з ЧПУ зовнішніх поверхонь заготівлі.

Операція №015 «Контрольна». Контроль точності токарної обробки.

Операція №020 «Радіально-свердлувальна з ЧПУ». Свердління отворів з боку протилежної до фланця, нарізування резьб.

Операція №025 «Радіально-свердлувальна з ЧПУ». Свердління отворів з боку фланця, нарізування резьб.

Операція №030 «Горизонтально-розточувальна». Свердління ступінчастого отвору у бічній стінці деталі.

Операція №035 «Контрольна». Контроль якості виконання свердлувальних операцій.

Операція №040 «Токарна з ЧПУ». Чистова обробка на токарному верстаті з ЧПУ зовнішніх поверхонь заготівлі.

Операція №045 «Токарна з ЧПУ». Чистова обробка на токарному верстаті з ЧПУ внутрішніх і торцевих з боку фланця поверхонь.

Операція №050 «Контрольна». Контроль якості виготовлення деталі.

Пропонований маршрут обробки складений з урахуванням вибраного типу виробництва і дотриманням принципу концентрації операцій. За рахунок використання високопродуктивного автоматизованого устаткування кількість операцій зменшена, що

дозволить зменшити кількість зайнятих робітників, кількість потрібного устаткування, зменшити розміри виробничої ділянки. Усе це приведе до зменшення витрат на виготовлення деталі і зниження її собівартості.

Розробка структури операції

Розробка структури технологічної операції має на увазі визначення послідовності виконання у рамках операції установов, позицій, переходів, робочих ходів.

Розглянемо структури операцій механічної обробки технологічного процесу, що розробляється.

Операція №005 - Токарна з ЧПК.

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК мод. 16К30Ф305. Заготовка встановлюється в трикулачковий самоцентруючий патрон. Ескіз операції представлений на рисунку 2.1.

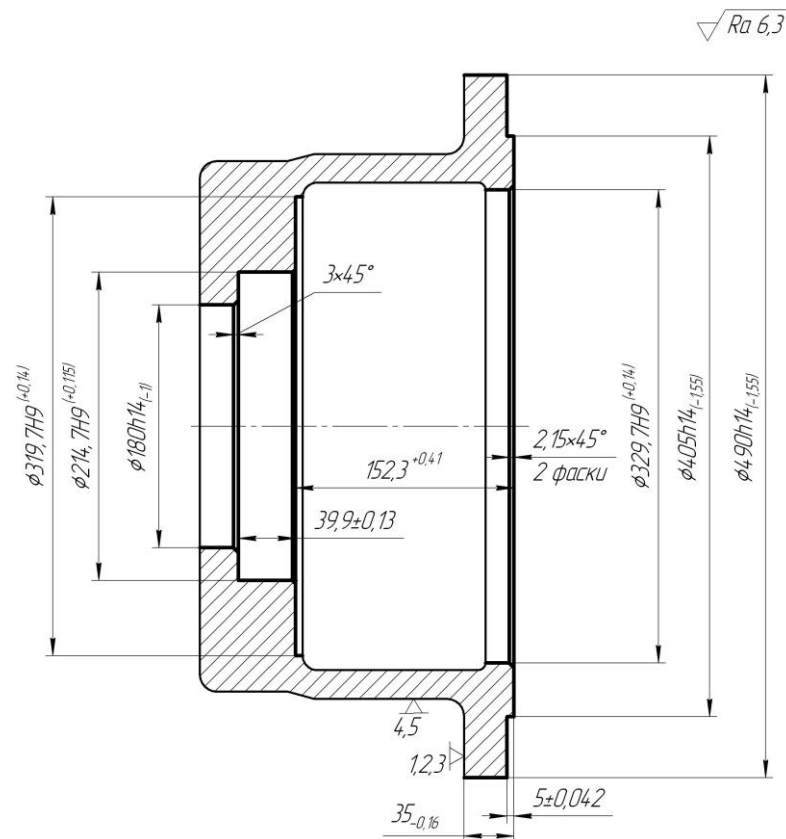


Рисунок 2.1 - Ескіз операції 005.

Послідовність переходів.

А. Установка заготівлі в патрон.

- 1) Підрізати торець в розмір $\varnothing 35_{-0,16}$.
- 2) Точити фланець, витримавши $\varnothing 490h14_{(-1,55)}$.
- 3) Підрізати торець фланця в розмір $5 \pm 0,042$, з обточуванням уступу $\varnothing 405h14_{(-1,55)}$.
- 4) Розточити начорно отвір витримавши $\varnothing 328,6H12^{(+0,57)}$ замість $\varnothing 330H7$;
- 5) Розточити попередньо отвір, витримавши $\varnothing 329,7H9^{(+0,14)}$ замість $\varnothing 330H7$;
- 6) Підрізати дно в розмір $152,3^{(+0,41)}$ з розточуванням ступеня $\varnothing 318,6H12^{(+0,57)}$ замість $\varnothing 320H7$.
- 7) Розточити попередньо ступінь $\varnothing 319,7H9^{(+0,14)}$ замість $\varnothing 320H7$ витримавши глибину $152,3^{(+0,41)}$;
- 8) Розточити наскрізний отвір витримавши $\varnothing 180H14^{(+1,0)}$
- 9) Розточити начорно ступінь $\varnothing 213,6H12^{(+0,46)}$ замість $\varnothing 215Js7$, на глибину 39,8;
- 10) Розточити начорно ступінь $\varnothing 214,7H9^{(+0,115)}$ замість $\varnothing 215Js7$, витримавши глибину $39,9^{(+0,13)}$;
- 11) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

Операція №020 «Вертикально-свердлильна з ЧПК

Обробка виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПУ мод. 2P135Ф2-1. Заготівля встановлюється в спеціальному верстатному пристосуванні. Ескіз операції представлений на рисунку 2.2.

Послідовність переходів.

А. Установка заготівлі в пристосуванні.

- 1) Засверлить 6 отворів $\varnothing 5$ мм на глибину 2,5 мм, витримавши $\varnothing 225$;
- 2) Засверлить 6 отворів $\varnothing 12$ мм на глибину 6 мм, витримавши $\varnothing 250$;
- 3) Засверлить 3 отвори $\varnothing 18$ мм на глибину 9 мм під різьблення M12-7H, витримавши $\varnothing 200$;
- 4) Засверлить 8 отворів $\varnothing 12$ мм на глибину 6 мм, витримавши (340 згідно

з ескізом;

- 5) Свердли́ти 6 отворів $\varnothing 5$ мм на прохі́д, витрима́вши $\varnothing 225$;
- 6) Свердли́ти 6 отворів $\varnothing 12$ мм на прохі́д, витрима́вши $\varnothing 250$;
- 7) Свердли́ти 3 отворів $\varnothing 10,2$ мм під різьбле́ння М12-7Н на прохі́д, витрима́вши $\varnothing 200$;
- 8) Свердли́ти 8 отворів $\varnothing 10,2$ мм під різьбле́ння М12-7Н на глиби́ну $16,75 \pm 0,9$ витрима́вши розмі́ри згідно ескі́за;
- 9) Нарізува́ти різьбле́ння М12-7Н в 3 отвора́х на прохі́д;
- 10) Нарізува́ти різьбле́ння М12-7Н в 8 отвора́х на глиби́ну $13,25 \pm 0,9$ витрима́вши розмі́ри згідно ескі́за.
- 11) Контро́ль отримани́х розмі́рів вико́навцем.

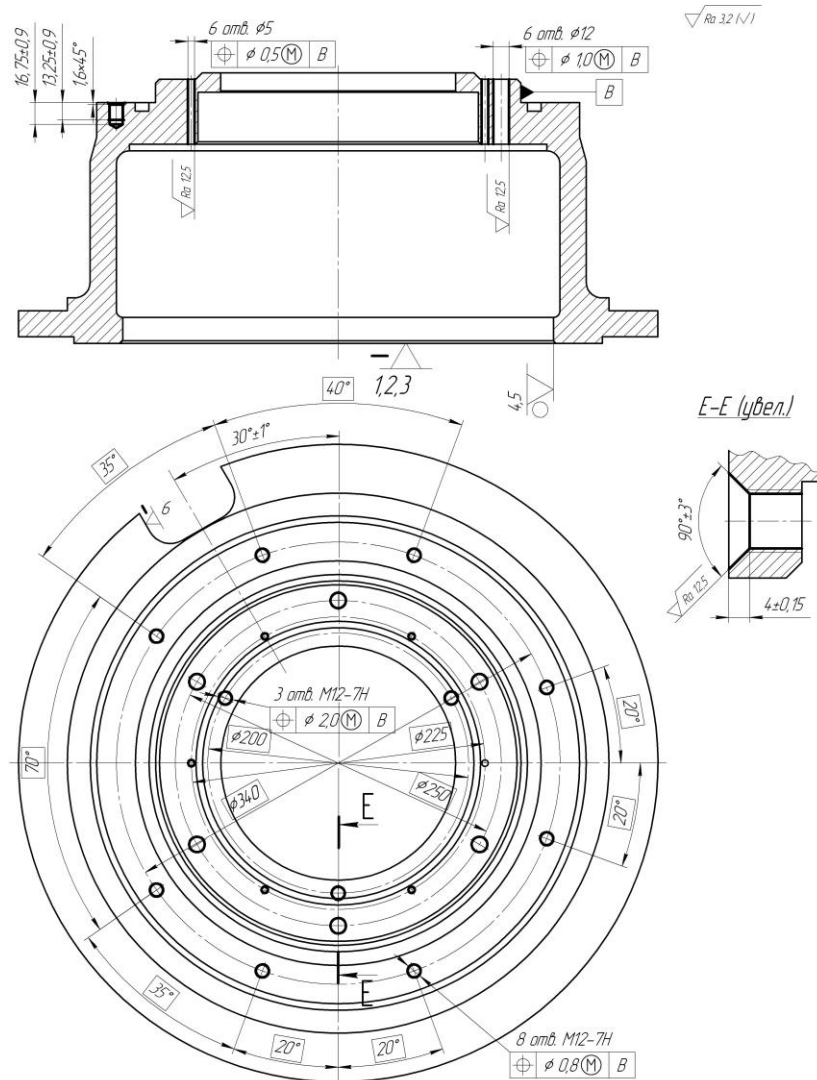


Рисунок 2.2 - Ескіз операції 020.

Операція №025 - Вертикально-свердлувальна з ЧПУ

Обробка виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПУ мод. 2P135Ф2-1. Заготівля встановлюється в спеціальному верстатному пристосуванні. Ескіз операції представлений на рисунку 2.3.

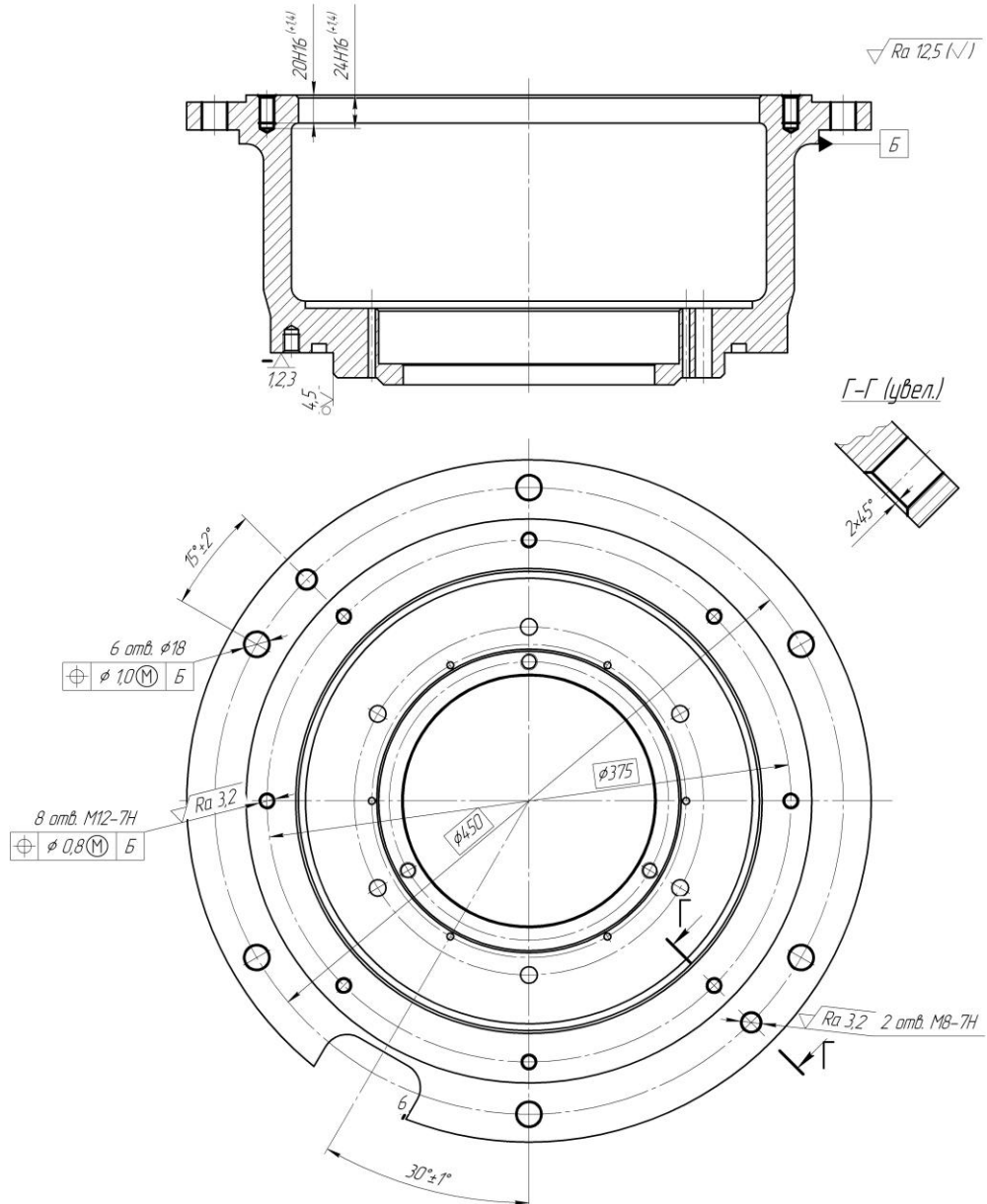


Рисунок 2.3 - Ескіз операції 025.

Послідовність переходів.

А. Установка заготівлі в пристосуванні.

- 1) Засверлить 8 отворів $\varnothing 12$ мм на глибину 6 мм, витримавши $\varnothing 375$;
- 2) Засверлить 6 отворів $\varnothing 22$ мм на глибину 11 мм, витримавши $\varnothing 450$;

- 3) Засверлить 2 отвори $\varnothing 16$ мм на глибину 8 мм під різьблення М16-7Н, витримавши $\varnothing 450$ і кут 15° згідно ескиза;
- 4) Свердли 8 отворів $\varnothing 10,2$ мм глибиною 24Н16^(+1,4), витримавши $\varnothing 450$;
- 5) Свердли 6 отворів $\varnothing 18$ мм на прохід, витримавши $\varnothing 450$;
- 6) Свердли 2 отвори $\varnothing 14$ мм під різьблення М16-7Н на прохід, витримавши розміри згідно ескиза;
- 7) Нарізувати різьблення М16-7Н в 2 отворах на прохід;
- 8) Нарізувати різьблення М12-7Н в 8 отворах на глибину 20Н16^(+1,4) витримавши розміри згідно ескиза.
- 9) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

Операція №030 - Горизонтально-розточувальна

Обробка виконується на горизонтально-розточувальному верстаті мод. 2М615. Заготівля встановлюється в спеціальному верстатному пристосуванні. Ескіз операції представлений на рисунку 2.4.

Послідовність переходів.

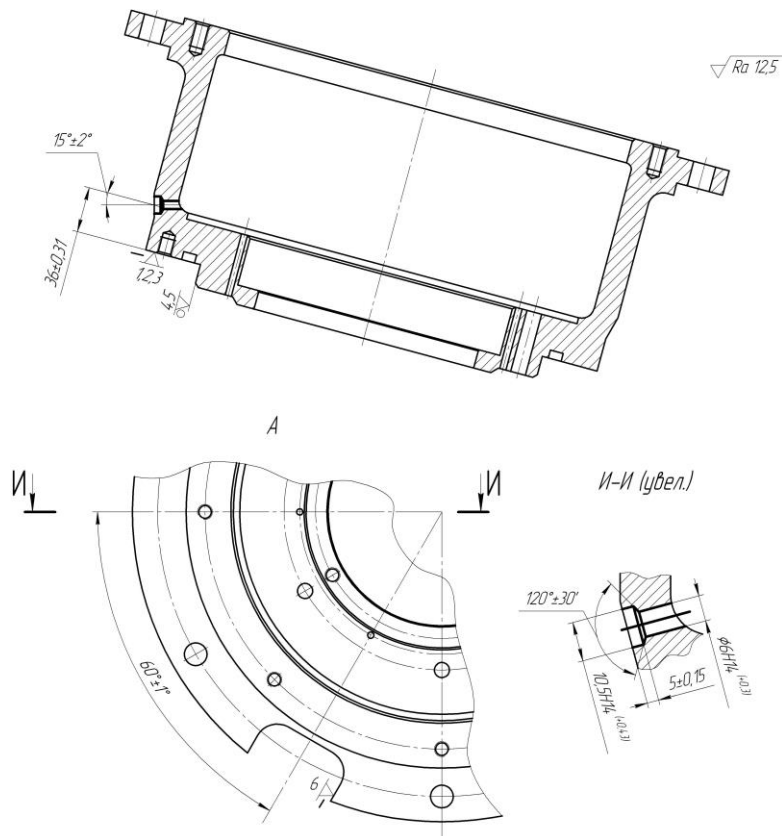


Рисунок 2.4 - Ескіз операції 020.

А. Установка заготівлі в пристосуванні.

- 1) Свердли́ти отвір $\varnothing 10,5$ мм на глибину 5 мм, витримавши розміри 36, $15^\circ \pm 2^\circ$, $60^\circ \pm 1^\circ$;
- 2) Свердли́ти наскрі́зний отвір $\varnothing 6$ мм витримавши розміри згідно ескіза;
- 3) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

Операція №040 - Токарна з ЧПУ.

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПУ мод. 16К30Ф305. Заготівля встановлюється в трикулачковий патрон, що центрується, із задалегідь обточеними куркульками. Ескіз операції представлений на рисунку 2.5.

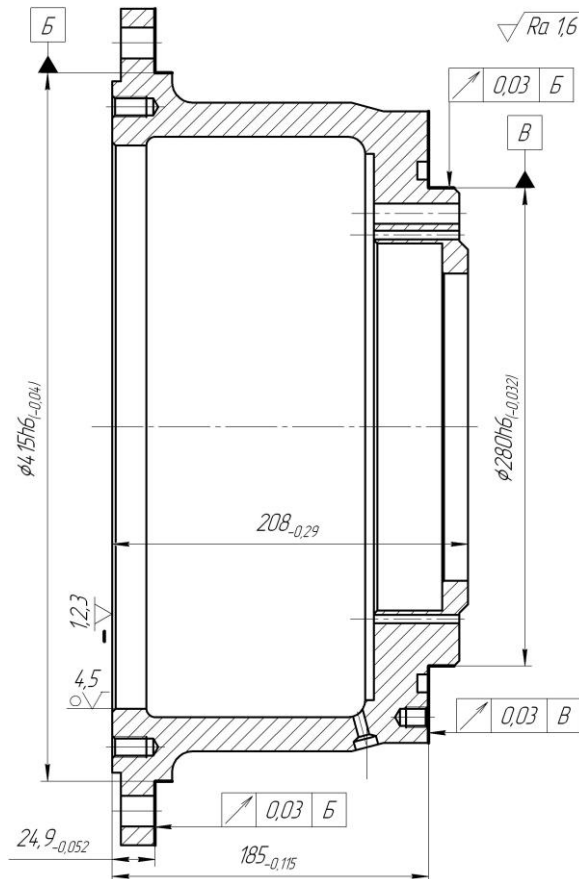


Рисунок 2.5 - Ескіз операції 040.

Послідовність переходів.

А. Установка заготівлі в патрон.

- 1) Обточити уступ $\varnothing 370/\varnothing 280$ з підрізуванням торця, витримавши розміри

- 2) $185_{-0,115}$, $\varnothing 280h6(-0,032)$ згідно ескіза;
- 3) Обточити уступ фланця $\varnothing 490/\varnothing 415$ з підрізуванням торця, витримавши розміри $24,9_{-0,052}$, $\varnothing 415h6(-0,04)$ згідно ескіза;
- 4) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

Операція №045 - Токарна з ЧПУ.

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПУ мод. 16К30Ф305. Заготівля встановлюється в трикулачковий патрон, що центрується, із задалегідь розточеними куркульками. Ескіз операції представлений на рисунку 2.6.

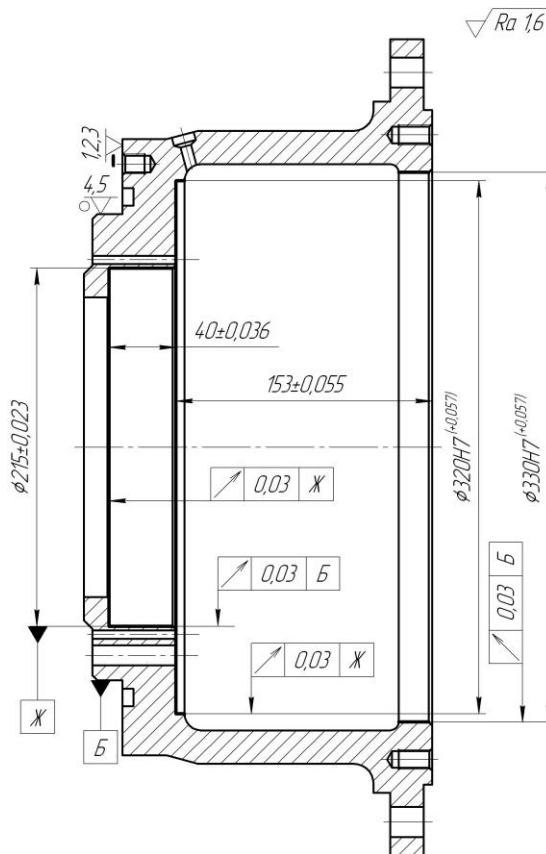


Рисунок 2.6 - Ескіз операції 045.

Послідовність переходів.

А. Установка заготівлі в патрон.

- 1) Розточити начисто отвір витримавши $\varnothing 330H7(+0,057)$;
- 2) Розточити начисто ступінь $\varnothing 320H7(+0,057)$ витримавши глибину

- 153±0,055;
- 3) Розточити начисто ступінь $\varnothing 215\text{Js7}(\pm 0,026)$, витримавши глибину $40\pm 0,036$;
- 4) Контроль отриманих розмірів виконавцем.

2.2 Вибір способу отримання заготівлі

Розглянемо наступні два варіанти, в яких операціями виготовлення, що відрізняються, є:

- а) по першому варіанту: отримання заготівлі відливанням в піщані форми;
- б) по другому варіанту: отримання заготівлі відливанням в металеві форми.

Показники по першому і другому варіантам зводимо в таблиці.2.1

Ескіз заготовки представлений на рисунку 2.7.

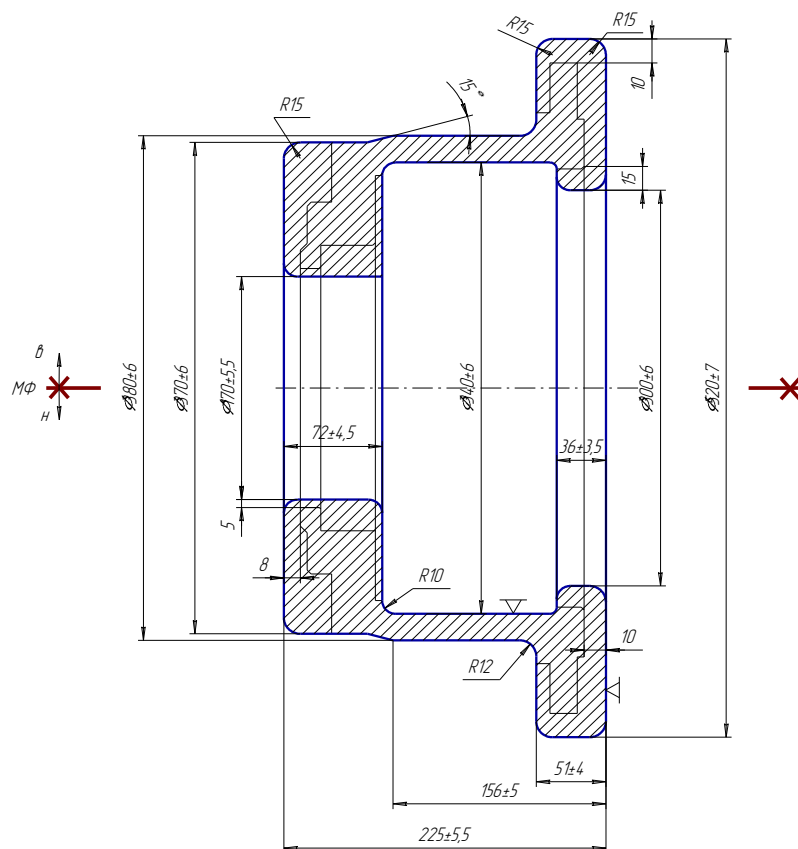


Рисунок 2.7 - Ескіз заготовки

Довідкові дані і порядок розрахунку приймаємо за заводськими даними і по рекомендаціях [9].

Таблиця 2.1 - Дані для розрахунку вартості заготівлі по варіантах

Найменування показників	1 варіант	2 варіант
Вид заготівлі	відливання в піщані форми	відливання в кокіль
Клас точності	10	9
Група складності	3	3
Маса заготівлі Q	74,3	72,1
Вартість 1 т. заготівель, прийнятих за базу С, грн	190000	205000
Вартість 1 т. стружки S _{отх} , грн	5950	5950

Вартість заготівлі визначаємо по формулі [9]:

$$S_{заг} = ([C/1000] (Q \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_P) - (Q - q) S_{отх}/1000) \quad (2.1)$$

де $K_T = 1.05$ - коефіцієнт нормальної точності;

$K_C = 1$ - коефіцієнт, залежний від групи складності;

$K_B = 1,4$ - коефіцієнт, залежний від маси;

$K_M = 1$ - коефіцієнт, залежний від матеріалу;

$K_P = 1$ - коефіцієнт, залежний обсягу виробництва заготовок.

Вартість заготовки по 1 варіанту:

$$S_{заг} = \left(\frac{190000}{1000} \times 74,3 \times 1,05 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 1 \right) - (74,3 - 68,5) \times \frac{5950}{1000} = 20717,48 \text{ грн}$$

Вартість заготовки по 2 варіанту:

$$S_{заг} = \left(\frac{190000}{1000} \times 72,1 \times 1,05 \times 1 \times 1,4 \times 1 \times 1 \right) - (72,1 - 68,5) \times \frac{5950}{1000} = 21069,99 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект

$$E \times N \times 300 = 105753,9 \text{ грн} \quad (2.2)$$

З приведенного розрахунку видно, що 1 варіант економічно вигідніший. Зменшення вартості заготівлі сталося за рахунок використання простішого оснащення, а підвищення точності формоутворення не привело до якого-небудь істотного зменшення механічної обробки і не дало ефекту із-за низьких обсягів виробництва. Таким чином, застосування першого варіанту виготовлення деталі дає річний економічний ефект в сумі більш ніж 100 тис. грн, що порівнянно з вартістю 5 заготовок.

2.3 Розрахунок припусків на діаметральні розміри

Розрахунок припусків і допусків зробимо для внутрішньої циліндричної поверхні $D=330H7(+0,057)$ мм. Технологічний процес виготовлення деталі припускає обробку поверхні на 2 механічних операціях із застосуванням наступних 3 переходів:

- чорнове розточування;
- чистове розточування;
- тонке розточування.

Розрахунок припусків, допусків і міжопераційних розмірів виконуємо за допомогою ЕОМ, розрахунково-аналітичним способом за методикою професора В. М. Кована, для чого готуємо таблицю початкових даних(див. додаток В). Значення допуску на розмір заготівлі визначається за способом отримання заготівлі - для відливання 10 класу точності по

ГОСТ26645-85, і його величина дорівнює 4,0 мм. Допуски на міжопераційні розміри заготівлі визначаються по таблицях точності відповідних методів обробки (1). Мінімальні значення припусків підрахуємо по формулі:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (2.3)$$

де Rz_{i-1} - шорсткість поверхні, отримана на попередній обробці, мкм;

H_{i-1} - глибина дефектного шару з попередньої обробки, мкм;

ρ_{i-1} - величина просторових відхилень з попередньої обробки, мкм;

ϵ_{yi} - погрішність установки на цьому переході, мкм.

Величина цих складових визначаємо по довідковій літературі.

Отримані значення заносимо в ЕОМ при розрахунку. Результати розрахунку представлені в додатку В. Схема розташування полів припусків і допусків представлена на рисунку 2.8.

На підставі виконаних розрахунків припусків, можна зробити висновок, що значень маньше, що набувають за допомогою аналітичних методів, табличних. Це пояснюється повнішим обліком конкретних виробничих умов і дозволяє понизити витрати на виготовлення заготівлі і її механічну обробку.

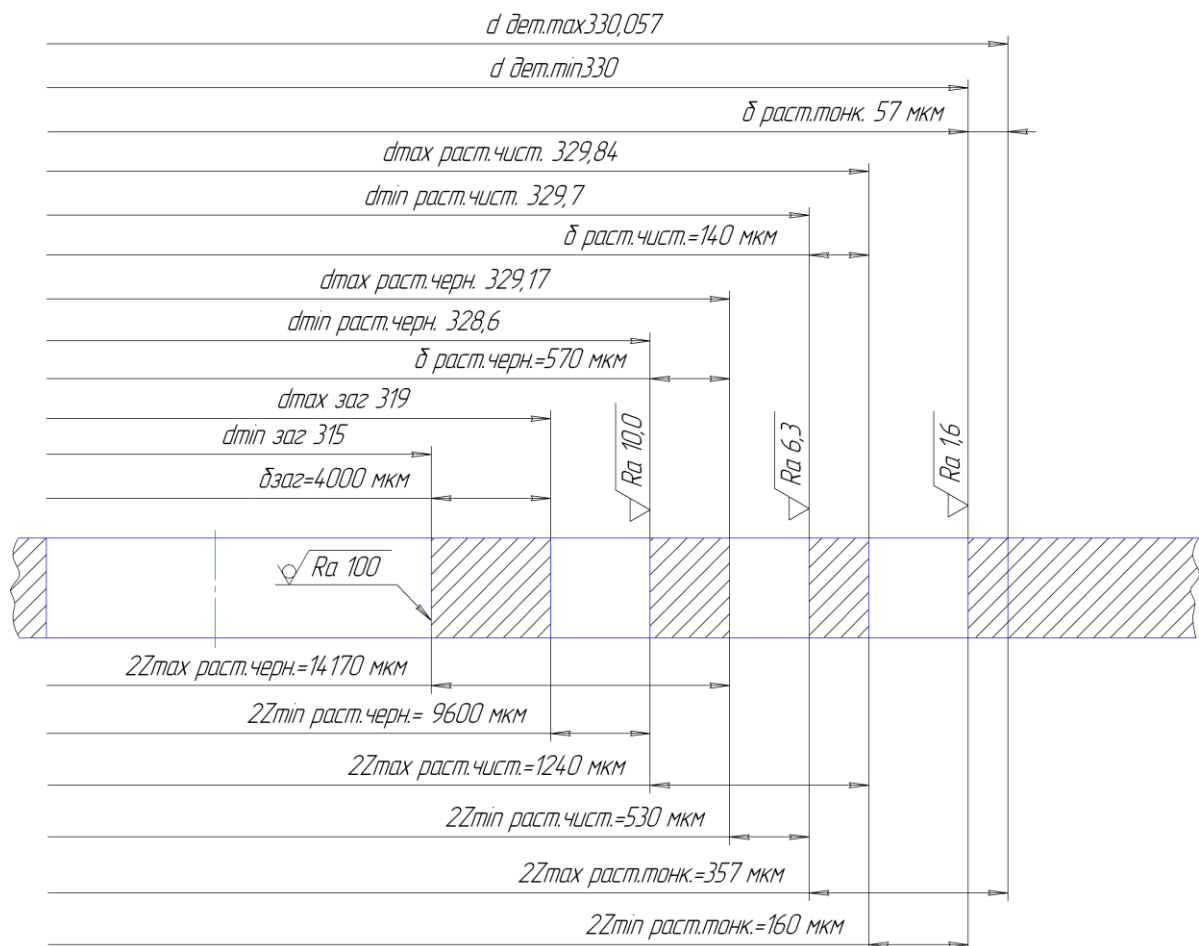


Рисунок 2.8 - Схема розташування полів припусків і допусків на розмір

$\varnothing 330H7$

2.4 Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення

Від правильного вибору технологічних баз залежить фактична точність виконання розмірів, правильність взаємного розташування поверхонь, міра складності пристосувань, різальних і вимірювальних пристроїв. На першій операції робиться визначення поверхонь, які використовуватимуться як бази на подальших операціях. Такими поверхнями, як правило, є основні бази, від яких задана більшість розмірів, які координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. Відступи від цих правил можливі лише тоді, коли основна база має недостатню протяжність для надійного базування деталі або коли обробку виконують, використовуючи пристрій супутник. Визначивши технологічні бази для подальших операцій, вибирають технологічні бази для першої операції.

При виборі баз необхідно враховувати наступні рекомендації:

- -базові поверхні мають бути простими за формою і мати достатню протяжність. Заготівля повинна займати в пристосуванні стійке положення під дією власної ваги;
- -базові поверхні мають бути чистими для забезпечення однозначності базування;
- -чистові бази мають бути найбільш відповідальними;
- -бази повинні забезпечувати можливість обробки з одного установа максимальна кількість поверхонь.

Дотримуючись цих рекомендації вибираємо схеми базування для двох операцій механічної обробки деталі.

005 «Токарна з ЧПК»

Необхідно вибрати схему базування на першій операції, коли виконується чорнова обробка поверхонь, отриманих у відливанні. На першій операції рекомендується [3] в якості базових поверхонь вибирати ті

поверхні які у деталі є необроблюваними. Цим умовам відповідає внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 340$ (поверхня 26, рис 1.2) і зовнішня $\varnothing 380$. Дані поверхні забезпечують по дві опорні точки і є подвійними опорними базами. Перевагу віддаємо базуванню по зовнішній поверхні, оскільки це у поєднанні з торцем фланця забезпечить виконання ряду заданих конструктором розмірів, зокрема товщину фланця 35 мм, який заданий від поверхні відливання. Використання фланцевої поверхні як настановної бази позбавить заготовлю трьох ступенів свободи. Схема базування представлена на рисунку 2.9.

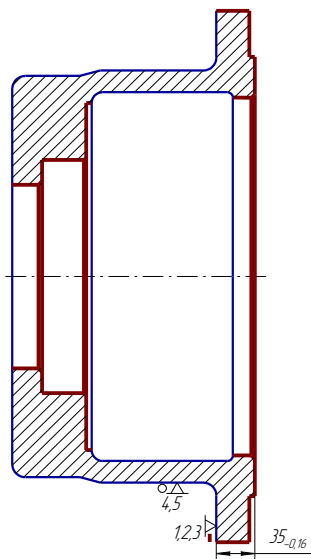


Рисунок 2.9 - Схема базування при чорновій обробці.

Ця схема базування позбавляє заготовку 5 ступенів свободи і залишає вакантним тільки обертання навколо власної осі. Цього досить для реалізації токарної обробки. До переваг цієї схеми базування можна віднести: визначення положення необроблюваних поверхонь деталі відносно оброблюваних; можливість виконати з однієї установки обробку усіх внутрішніх поверхонь частини деталі.

Операція №020 «Вертикально-свердлувальна з ЧПК»

На операції № 020 «Вертикально-свердлувальна з ЧПК»

здійснюється обробка наскрізних і глухих отворів різного діаметру, розташованих в нижній основі деталі. Тому в якості установчої бази вибираємо верхню площину деталі.

На розташування осей отворів конструктором призначені позиційні допуски відносно баз «Б» і «В». Для уникнення похибки базування необхідно використати ці ж поверхні в якості технологічних баз. Проте розташування цих поверхонь робить їх використання ускладненим. Тому в якості технологічної бази використовуємо внутрішню циліндричну поверхню фланця деталі. Оскільки ця поверхня пов'язана з вимірювальними базами допуском взаємного розташування і обробляється спільно з ними, то це дозволить зменшити похибку базування.

Пропонована схема базування представлена на рисунку 2.10.

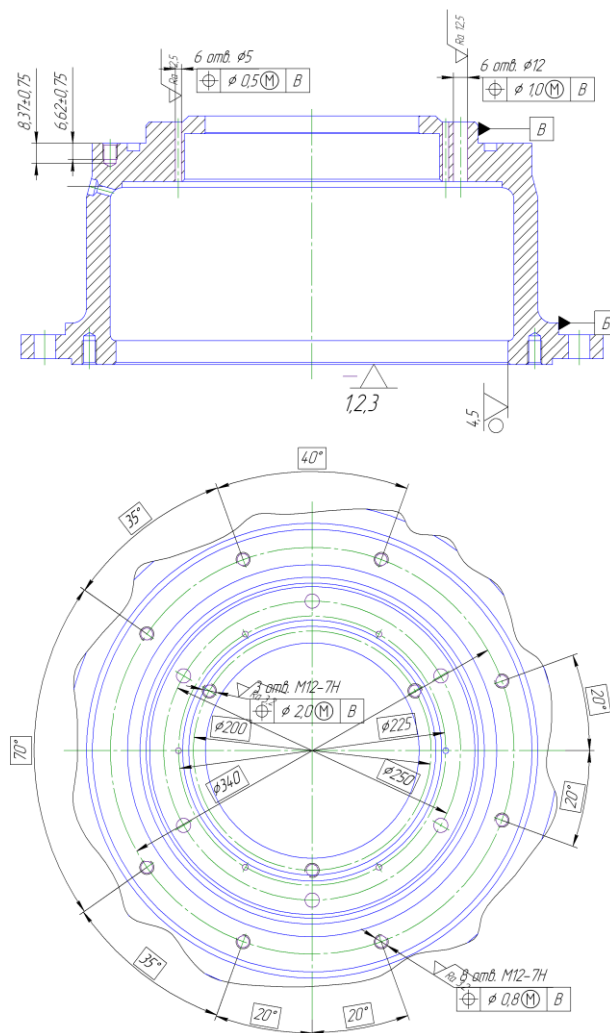


Рисунок 2.10 - Схема базування на операції №020 «Вертикально-свердлильна ЧПК»

Деталь втрачає 5 ступенів свободи. Вакантним при базуванні залишається обертання деталі навколо осі симетрії. Запобігання повороту при обробці здійснюється за рахунок сил закріплення.

2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

005 «Токарна з ЧПК»

При виборі верстата або системи верстатів спочатку необхідно перевірити їх відповідність виконуваному виду і об'єму роботи.

Що забезпечує детальним вивченням технологічних можливостей відносності точності, продуктивності, габаритних розмірів робочої зони і інших параметрів.

Для виконання токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь вибираємо токарний верстат з ЧПУ моделі 16К30Ф305 (верстат з трикулачковим патроном, що центрується, і пневматичним приводом), що має наступну характеристику :

1. найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм :
 - над станиною 630
 - над супортом 320
2. частота обертання шпинделя, об/хв 6,3-1250
3. число швидкостей шпинделя 24
4. подовжнє подання супорта, мм/ хв 1-1200
5. поперечне подання супорта, мм/хв 1-600
6. число східців подань Би/з
7. швидкість швидкого переміщення супорта, мм/хв :
 - подовжнього 4800
 - поперечного 2400
8. потужність електродвигуна головного приводу, кВт 22
9. габаритні розміри, мм 4350×2200×1600
10. маса, кг 6300

Застосування цього верстата обумовлене типом виробництва (дрібносерійне) і дає ряд переваг перед універсальним устаткуванням:

- зменшує об'єм розмічальних робіт;
- швидкий і простий рух переналадки при переході від однієї деталі до іншої;
- підвищення продуктивності праці за рахунок основного і допоміжного часу;
- зниження витрат на пристрої, контрольно-вимірювальні пристосування і інструмент.

020 «Вертикально-свердлильна з ЧПК»

Аналізуючи структуру операції, бачимо, що необхідно виконати обробку великої кількості отворів різного діаметру ($\varnothing 5$, M12, $\varnothing 18$) при забезпеченні точного положення осей отворів, зробити зняття фасок, нарізувати різьблення. Використовуваний в заводському техпроцесі верстат вимагає ручної зміни інструменту, спеціальних прийомів по досягненню необхідної точності позиціонування (розмітка або спеціальне кондукторне пристосування). Це приводить збільшенню трудомісткості операції свердління і необхідності додаткових операцій розмітки і слюсарних. Тому доцільно використати верстат ЧПУ і автоматичною зміною інструменту.

Враховуючи вищесказане вибираємо вертикально-свердлувальний верстат з ЧПУ 2P135Ф2-1 має наступну технічну характеристику:

- | | |
|--|-----------|
| 1) найбільший умовний діаметр свердління в сталі, мм..... | 35 |
| 2) робоча поверхня столу, мм | 400×710 |
| 3) виліт шпинделя, мм | 450 |
| 4) найбільше вертикальне переміщення револьверної голівки, мм..... | 560 |
| 5) конус Морзе отвору шпинделя..... | 4 |
| 6) число швидкостей шпинделя..... | 12 |
| 7) частота обертання шпинделя, об/хв | 45 - 2000 |

8) число подань шпинделя	18
9) потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	3,7
10) габаритні розміри, мм.....	1800×2170×2700
11) маса, кг	4700

Верстат оснащений шестипозиційною револьверною голівкою, хрестовим столом.

Застосування верстата 2P135Ф2-1 також дає можливість обробки заготовлі з точно розташованими отворами без застосування кондукторів при забезпеченні точності міжцентрових відстаней в межах $\pm 0,1$ мм.

2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристосувань, металорізального і вимірювального інструменту

005 «Токарна з ЧПК»

Для реалізації запропонованої схеми базування можна використати стандартний трикулачковий самоцетруючим патрон.

Позначення *Патрон 7100-0076 ГОСТ 2675-80*.

При обґрунтуванні необхідності застосування механізованого приводу необхідно виконати проект самоцентруючого патрона з гідравлічним або пневматичним приводом.

Використання для чорнової і напівчистої обробки деталі з обох боків однотипних верстатних пристосувань дозволить сконцентрувати вказану обробку на мінімальній кількості операцій.

Для забезпечення високої ефективності використання інструменту застосовуються токарні різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин з твердого сплаву. Для зменшення кількості інструментів в налазці пропонується використати токарні різці для контурного точіння з кутом в плані $\varphi=93^\circ$, що дозволить використати один інструмент і для обточування зовнішніх циліндричних поверхонь і для підрізування торців і уступів на обох установах. Переріз державки різця 32×32 мм.

В якості матеріалу різальної частини при чорновій і напівчистовій приймаємо відповідно до рекомендацій [2, стр.116] твердий сплав Т15К6.

Позначення різця *Різець 2103-0725 Т15К6 ГОСТ 20872-80.*

Для розточування внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь використовуємо розточувальний державковий різець з пластиною з твердого сплаву Т15К6 [14]. Різець має виконання 1 з перерізом державки $b \times h = 12 \times 12$ мм; кут врізання твердосплавної пластини – 0° .

Позначення різця : *Різець 2142-0284 Т15К6 ГОСТ 9795-84.*

Різець кріпиться на розточувальній оправці.

Позначення оправляння : *Оправка 2-30 ОСТ2 П14-12-84.*

Для вимірювання отриманих розмірів використовуємо універсальний шкальний мірильний інструмент. Для виміру діаметральних і лінійних розмірів застосовуємо штангенциркуль ШЦ-ІІ-500-0,1 ГОСТ166-89. Вказаний вимірювальний інструмент дозволяє виконати виміри в робочому діапазоні з необхідною точністю.

При контролі точності обробки після тонкого точіння і розточування використовуємо також *Мікрометр МРМ 400 ГОСТ4381-80* і *Нутромір НМ600 ГОСТ 10-75*

020 «Вертикально-свердлильна з ЧПК»

На свердлувальних операціях необхідно використати пристосування, яке забезпечить необхідну стійкість і кріплення деталі. Для заданих умов обробки застосовуємо спеціальне верстатне пристосування, яке komponуємо з остаточно оброблених взаємозамінних, стандартних елементів.

Внаслідок безкондукторного методу обробки на верстаті з ЧПУ рекомендується застосовувати свердла із спеціальними формами заточування задньої поверхні і підгострюванням поперечної кромки, що дозволяє обробляти отвори з малим відхиленням від осей необхідного положення і забезпечувати краще самоцентрування свердел на початку

свердління і менше відведення осі оброблюваних отворів. Застосовуємо свердла $\varnothing 5$, $\varnothing 12$, $\varnothing 10,2$, $\varnothing 10,5$, $\varnothing 25$ матеріал різальної частини Р6М5 ГОСТ 28319-89 [37].

Свердла встановлюються через перехідну втулку «конус Морзе №4/№1».

Зацентровування під свердління: Втулка 6104-0025 ГОСТ 13598-85; Свердло 2-20 ОСТУ 2 И20-5-80.

Свердління отвору $\varnothing 5$ мм - Втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-85; Свердло 2300-6173 ГОСТ 10902-77.

Свердління отвору $\varnothing 10,2$ мм - Втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-85; Свердло 2301-0400 ГОСТ 2092-77.

Свердління отвору $\varnothing 12$ мм - Втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-85; Свердло 2301-0409 ГОСТ 2092-77.

Свердління отвору $\varnothing 25$ мм - Втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-85; Свердло 2301-0431 ГОСТ 2092-77.

Для нарізування різь М12-7Н в глухих і наскрізних отворах застосовуємо мітчики з гвинтовими канавками з кутом нахилу 30°

Позначення інструменту: Мітчик 2640-0153 Н2 ГОСТ1604-81; Втулка 6143-0106 ГОСТ 15936-70; Патрон 6152-0181 ГОСТ 14077-83; Втулка 6100-0204 ГОСТ 13598-85.

Для технічного контролю нарізаного різьблення застосовуємо пробки різьбові ПР-НЕ М12-7Н СТП 3300-2470-82. Інші розміри контролювати згідно креслення.

2.7 Розрахунок режимів різання

Токарна обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь

Розрахунок режимів різання виконуємо згідно з методикою, викладеною в [2], для усіх токарних переходів механічної обробки.

Послідовність обробки заготівлі на операції вказана в п. 2.1.

Величини припусків призначаємо відповідно до виконаного розрахунку припусків і заносимо в таблицю 2.2.

Величину подання призначаємо відповідно до рекомендацій [2, табл.11, стор. 266]. Набутих значень заносимо в таблицю 2.2.

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \quad (2.4)$$

де C_v , x , y , m - коефіцієнт і показники міри формулі швидкості різання, [2, таблиця.17, стор. 269]. $C_v=350$, $x=0,15$, $y=0,23$, $m=0,2$;

$T = 60$ мін - період стійкості різця [2, стор. 268];

$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} K_{\phi v} K_{\phi 1v} = 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 0,7 \times 0,91 = 0,61$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

K_{Mv} - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготівлі на швидкість різання [2, таблиця.1, стор. 261];

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{1,0} = 1,2 \quad (2.5)$$

$K_{Пv} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготівлі на швидкість різання [2, таблиця.5, стор. 263];

$K_{Иv} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріала на швидкість різання [2, таблиця.6, стор. 263];

$K_{\phi v} = 0,7$ - поправочний коефіцієнт по куту ϕ [2, таблиця.18, стор. 271];

$K_{\phi 1v} = 0,91$ - поправочний коефіцієнт по куту ϕ_1 [2, таблиця.18, стор. 271];

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (2.6)$$

Набуваємо по паспорту верстата найближчого меншого значення.

Таблиця 2.2 - Результати розрахунку режимів різання при токарній обробці.

№ операції	№ переходу	Розмір заготовлі, мм	Розмір після обробки, мм	Число проходів, і	Глибина різання t, мм	Подача s, мм/об	Швидкість різання V _{РОЗ} , м/хв	Частота обертання П _{РОЗ} , об/хв	П _{ПР}	V _{ПР}	Сила різання P _Z , Н	Потужність N, кВт
5	1	39	35,00	1	4,00	0,5	87,93	55,45	50	79,29	2962,94	3,84
5	2	505	490,00	1	7,50	0,5	88,91	56,07	50	79,29	5555,50	7,20
5	3	34	29,00	1	5,00	0,5	106,30	69,09	63	96,93	3703,67	5,87
5	4	317	328,60	1	5,80	0,5	83,16	80,60	80	82,54	4296,26	5,79
5	5	328,6	329,70	1	0,55	0,3	176,99	170,96	160	165,64	277,74	0,75
5	6	72	67,00	1	5,00	0,5	85,04	85,16	80	79,88	3703,67	4,83
5	7	318,6	319,70	1	0,55	0,3	176,99	176,31	160	160,62	277,74	0,73
5	8	170	180,00	1	5,00	0,5	85,04	150,45	125	70,65	3703,67	4,28
5	9	180	213,60	3	5,60	0,5	104,50	155,81	160	107,31	4148,11	7,27
5	10	213,6	214,70	1	0,55	0,3	176,99	262,54	250	168,54	277,74	0,76
10	1	214	208,00	1	6,00	0,5	82,74	71,22	63	73,19	4444,40	5,32
10	2	208	203,00	1	5,00	0,5	85,04	73,19	63	73,19	3703,67	4,43
10	3	203	185,80	3	5,73	0,5	83,31	71,71	63	73,19	4246,87	5,08
10	4	35	25,50	2	4,75	0,5	85,69	55,70	50	76,93	3518,49	4,42
10	5	281	280,40	1	0,30	0,3	215,38	244,10	250	220,59	151,49	0,55
10	6	416	415,40	1	0,30	0,3	215,38	164,88	160	209,00	151,49	0,52
10	7	311	290,00	1	10,50	0,2	51,67	40,00	40	46,47	3911,98	2,97
40	1	280,4	280,00	1	0,20	0,1	470,69	534,59	500	440,23	44,31	0,32
40	2	415,4	415,00	1	0,20	0,1	470,69	360,86	315	410,87	44,31	0,30
45	1	329,7	330,00	1	0,15	0,1	442,30	426,85	400	414,48	33,23	0,23
45	2	319,7	320,00	1	0,15	0,1	442,30	440,19	400	401,92	33,23	0,22
45	3	214,7	215,00	1	0,15	0,1	442,30	655,16	630	425,31	33,23	0,23

Визначаємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.7)$$

Визначаємо тангенціальну складову сили різання по формулі [2, стор. 271]:

$$P_z = C_p \times t^x \times s^y \times v^n \times K_p \quad (2.8)$$

де C_p , q , x , y , n - коефіцієнт і показники міри у формулі сили різання, [3, таблиця.41, стор. 291]. $C_p=204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$;

$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} = 0,74 \times 0,89 \times 1 (1(0,93=0,61$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

K_{M_p} - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготівлі на швидкість різання [2, таблиця.9, стор. 264];

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{500}{750} \right)^{0.75} = 0,74 \quad (2.9)$$

$K_{\varphi_p} = 0,89$ - поправочний коефіцієнт по куту φ [2, таблиця. 23, стор. 275];

$K_{\gamma_p} = 1$ - поправочний коефіцієнт по куту γ [2, таблиця. 23, стор. 275];

$K_{\lambda_p} = 1$ - поправочний коефіцієнт по куту λ [2, таблиця. 23, стор. 275];

Ефективну потужність різання визначаємо по формулі, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.10)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Операція №065 «Вертикально-свердлувальна з ЧПУ»

Зміст операції :

- 1) Зацентровать отвору в розмір $\varnothing 5$, $\varnothing 12$, $\varnothing 16$.
- 2) Свердли 6 отворів $\varnothing 5$ мм на прохід, витримавши розміри згідно з ескізом;

- 3) Свердлимо 6 отворів $\varnothing 12$ мм на прохід, витримавши розміри згідно з ескізом;
- 4) Свердлимо 3 отвори в $10,2$ мм під різьблення М12-7Н на прохід;
- 5) Свердлимо 8 отворів $\varnothing 10,2$ мм під різьблення М12-7Н на глибину $16,75$ згідно ескіза;
- 6) Нарізувати різьблення М12-7Н в 3 отворах на прохід;
- 7) Нарізувати різьблення М12-7Н в 8 отворах на глибину $13,25$ згідно ескіза.

Розрахунок режимів різання ведемо за методикою [2]. Проміжні результати заносимо в таблицю 2.3.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструменту, м/хв :

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^{y_v}} K_v \quad (2.11)$$

де C_v , q_v ; y_v , m - значення коефіцієнта C_v і показників ступеня приведені в [2];

$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{iv} K_{zv}$ - загальний поправочний коефіцієнт:

де K_{mv} - поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

K_{uv} - поправочний коефіцієнт враховує вплив інструментального матеріалу [2]: $K_{uv} = 1,0$;

K_{iv} - поправочний коефіцієнт, що враховує глибину свердління [2];

K_{zv} - поправочний коефіцієнт, що враховує форму заточування свердла.

Визначаємо частоту обертання шпинделя :

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.12)$$

Вибираємо по паспорту верстата $n_d = 500$ об/хв. Тоді дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.13)$$

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку режимів різання свердлувальної обробці.

№ Операції	№ пере-хода	Діаметр, мм	Кількість отворів	Довжина свердління, мм	Подача, s, мм/о	швидкість різання V _{РОЗ} , м/хв	частота обертання n _{РОЗ} , об/хв	n _{ПР} , об/хв	V _{ПР} , м/мін	Сила різання P _z , Н	Момент, що крутить, Н(м)	Мощність N, кВт
20	1	5	6	5	0,1	11,24	716,08	710,00	11,15	1897,39	2,72	0,35
20	2	12	6	8	0,1	17,42	462,23	450,00	16,96	4553,75	15,67	1,26
20	3	18	3	11	0,1	21,33	377,41	315,00	17,80	6830,62	35,25	1,99
20	4	12	8	8	0,1	17,42	462,23	450,00	16,96	4553,75	15,67	1,26
20	5	5	6	45	0,1	7,17	456,81	450,00	7,07	1897,39	2,72	0,22
20	6	12	6	45	0,14	11,94	316,80	315,00	11,87	5763,13	19,83	1,12
20	7	10,2	3	20	0,14	14,67	458,15	450,00	14,41	4898,66	14,33	1,15
20	8	10,2	8	16	0,14	14,67	458,15	450,00	14,41	4898,66	14,33	1,15
20	9	12	3	25	1,25	1,79	47,58	45,00	1,70		9,79	0,45
20	10	12	8	17	1,25	1,79	47,58	45,00	1,70		9,79	0,45
25	1	12	8	8	0,1	17,42	462,23	450,00	16,96	4553,75	15,67	1,26
25	2	22	6	13	0,1	23,58	341,38	315,00	21,76	8348,54	52,66	2,97
25	3	16	2	10	0,1	20,11	400,30	315,00	15,83	6071,66	27,85	1,57
25	4	10,2	8	26	0,14	14,67	458,15	450,00	14,41	4898,66	14,33	1,15
25	5	18	6	30	0,28	17,12	302,97	315,00	17,80	14043,35	72,48	4,09
25	6	14	2	30	0,2	17,57	399,69	315,00	13,85	8630,51	34,64	1,95
25	7	16	2	30	2	2,00	39,85	45,00	2,26		29,63	1,37
25	8	12	8	24	1,25	1,79	47,58	45,00	1,70		9,79	0,45
30	1	10,5	1	10	0,14	14,89	451,56	450,00	14,84	5042,74	15,18	1,22
30	2	6	1	20	0,1	7,86	417,01	315,00	5,93	2276,87	3,92	0,22

Визначаємо осьову силу при свердлінні:

$$P_o = 10 C_p D^q S_o^y K_p \quad (2.14)$$

де C_p ; q ; y - коефіцієнт і показники ступеня [1, прил. 18, стр.156].

$K_p = K_{MP} K_{ФР}$ - поправочний коефіцієнт;

$K_{ФР} = 1,33$ - поправочний коефіцієнт враховує вплив форми заточування свердла на силу різання [2].

Визначуваний момент, що крутить, і потужність, яка використовується на різання.

$$M_{кр} = 10 \times C_m \times D^{q_m} \times S^{y_m} \times K_p, \quad (2.15)$$

де $C_m = 0,0345$; $q_m = 2,0$; $y_m = 0,8$ - значення коефіцієнта C_m і показників ступеня [10].

$$M_{кр} = 10 \times 0,0345 \times 12^2 \times 0,14^{0,8} \times 1,175 = 9,08 \text{ Н} \times \text{м}$$

Потужність різання N_e (кВт) визначається по формулі:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_d}{9750} \quad (2.16)$$

Визначаємо достатність потужності приводу верстата. Обробка можлива, якщо виконується умова $N_{рез} < N_{шп}$.

2.8 Технічне нормування операцій

Операція №005 «Токарна з ЧПУ»

Розрахунок норми технічного часу на операцію виконуємо відповідно до [13]. Результати розрахунків норм часу заносимо в таблицю 2.4.

Основний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_o = (L + l_{ВР} + l_{ПЕР}) / (n \cdot S_o), \quad (2.17)$$

де L - довжина обробки, мм;

$l_{ВР}$ - величина врізування, мм;

$l_{\text{ПЕР}}$ - величина перебігання, мм.

Допоміжний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{Д}} = T_{\text{УСТ}} + T_{\text{ПЕР}} + T_{\text{ВИМ}} + T_{\text{П.В.}} + T_{\text{ЗМ.ІНС.}} + T_{\text{ЗМ.ПОД.}} + T_{\text{ЗМ.ОБ.}} \quad (2.18)$$

де $T_{\text{УСТ}}$ - час на установку і зняття деталі, хв [13, карта 6];

$T_{\text{ПЕР}}$ - час, пов'язаний з переходом, хв [13, карта 18];

$T_{\text{ВИМ}} = 0$ - час на виміри одного розміру, виконується під час автоматичної роботи верстата;

$T_{\text{П.В.}}$ - час на переміщення органів верстата, хв [13, карта 18];

$T_{\text{ЗМ.ІНС.}}$ - час на зміну інструменту;

$T_{\text{ЗМ.ПОД.}} = 0$ - виконується спільно з неодруженими переміщення верстата;

$T_{\text{ІЗ.ОБ.}} = 0$ - виконується спільно з холостими переміщеннями верстата.

Норму штучного часу визначаємо по формулі, хв:

Таблиця 2.4 - Розрахунок норми основного і допоміжного часу для операції №005

№ з/п	$L+l_{\text{ВР}}+l_{\text{ПЕР}}$ мм	$T_{\text{О}}$, хв	$T_{\text{УСТ}}$, хв	$T_{\text{ПЕР}}$, хв	$T_{\text{ВИМ}}$, хв	$T_{\text{П.В.}}$, хв	$T_{\text{ЗМ.ІНС.}}$, хв	$T_{\text{Д}}$, хв
1	98	3,920	4,5	0,02		0,06		4,58
2	39	1,560		0,02		0,06		0,08
3	45	1,429		0,02		0,06		0,08
4	25	0,625		0,03		0,16	0,1	0,29
5	25	0,521		0,03		0,06		0,09
6	83	2,075		0,03		0,06		0,09
7	83	1,729		0,03		0,06		0,09
8	72	1,152		0,03		0,06		0,09
9	45	1,688		0,1		0,15		0,25
10	83	1,107		0,03		0,06		0,09
Σ		15,806						5,73

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{O}} + T_{\text{B}}K_{\text{ТВ}}) \left(1 + \frac{a_{\text{ОБС}} + a_{\text{ОТЛ}}}{100} \right) \quad (2.19)$$

де $K_{\text{ТВ}}=1$ - поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт [13, карта 1];

$a_{\text{ОБС}}=5,5\%$ - час на обслуговування робочого місця, мін [13, карта 19];

$a_{\text{ОТЛ}}=4\%$ - час на відпочинок і особисті потреби, мін [13, карта 19];

$$T_{\text{шт}} = (15,806 + 5,73) \left(1 + \frac{5,5 + 4}{100} \right) = 23,581.$$

Розрахунок норми підготовчо-завершальний час.

Підготовчо-завершальний час включає:

1. Час на наладку верстата - 22 мін, [13, карта 19];
2. Час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей - 10 мін [13, карта 19].

$$T_{\text{ПЗ}}=22+10=32 \text{ хв.}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо по формулі:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{N_{\text{ДЕТ}}} = 23,581 + \frac{32}{25} = 24,861 \quad (2.20)$$

Призначення науково обгрунтованої норми штучного часу дозволило понизити виробничі витрати на виконання токарних операцій.

Операція №020 «Вертикально-свердлувальна з ЧПУ»

Виконуємо розрахунок норми технічного часу на операцію.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.5.

Основний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_o = \frac{L_p}{n_d \cdot S_d} \cdot i \quad (2.21)$$

$$L_p = l + l_1' + l_1'' \quad (2.22)$$

де i - кількість оброблюваних отворів

l - довжина свердління;

$l_1' = 0,5 D \operatorname{ctg} \varphi$ - величина урізування, мм;

$l_1'' = 2$ мм - величина перебігання.

Допоміжний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{п.в.}} + T_{\text{зм.інс.}} + T_{\text{зм.под.}} + T_{\text{зм.об.}} \quad (2.23)$$

Норму штучного часу визначаємо по формулі, хв:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{о}} + T_{\text{в}} K_{\text{тв}}) \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отл}}}{100} \right) = (22,817 + 9,02) \left(1 + \frac{1,7 + 6}{100} \right) = 34,288 \quad (2.24)$$

де $K_{\text{тв}} = 1$ - поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт [1];

$a_{\text{обс}} = 1,7\%$ - час на обслуговування робочого місця, хв [1];

$a_{\text{отл}} = 6\%$ - час на відпочинок і особисті потреби, хв [1];

Розрахунок норми підготовчо-завершальний час.

Таблиця 2.5 - Розрахунок норми основного і допоміжного часу для операції №020

№ з/п	$L + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}$ мм	К-ть отв.	$T_{\text{о}}$ хв	$T_{\text{уст}}$, хв	$T_{\text{пер}}$, хв	$T_{\text{вим}}$, хв	$T_{\text{п.в.}}$, хв	$T_{\text{зм.інс.}}$, хв	$T_{\text{д}}$ хв
1	5	6	0,423	5	0,2		0,1		5,3
2	8	6	1,067		0,2		0,1		0,3
3	11	3	1,048		0,1		0,1		0,2
4	8	8	1,422		0,25		0,1		0,35
5	45	6	6,000		0,2		0,2	0,13	0,53
6	45	6	6,122		0,2		0,2	0,13	0,53
7	20	3	0,952		0,1		0,2	0,13	0,43
8	16	8	2,032		0,25		0,1		0,35
9	25	3	1,333		0,2		0,2	0,13	0,53
10	17	8	2,418		0,4		0,1		0,5
Σ			22,817						9,02

Підготовчо-завершальний час включає:

1) Час на наладку верстата - 15 хв, [1];

2) Час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей - 10 хв [1].

$$T_{ПЗ}=15+10=25 \text{ хв.}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо по формулі:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{ПЗ}}{N_{ДЕТ}} = 34,288 + \frac{25}{25} = 35,288 \text{ хв.} \quad (2.25)$$

Розрахунок норм часу для інших операцій вироблюваних за цією ж методикою, користуючись нормативами [17, 18]. Величини норм часу і коефіцієнтів заносимо в таблицю 2.6.

Використовуючи отримані значення норм основного, допоміжного, штучного і підготовчо-завершального часу по усіх операціях формуємо звідну таблицю 2.6 норм часу на механічну обробку деталі «Опора нижня».

Таблиця 2.6 - Норми часу на механічну обробку деталі

№ опер.	Найменування операції	T _О хв.	T _Б хв.	T _{ШТ} хв	T _{ПЗ} хв	T _{ШТ-К} хв
005	Токарна з ЧПК	15,805	5,73	23,581	32	24,861
010	Токарна з ЧПК	19,56	5,28	27,200	32	28,480
020	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	22,817	9,020	34,288	25	35,288
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	14,908	8,550	25,264	25	26,264
030	Горизонтально-розточувальна	0,794	8,8	10,333	25	11,333
040	Токарна з ЧПК	2,947	6,84	10,717	32	11,997
045	Токарна з ЧПК	4,017	6,91	11,965	32	13,245

2.8 Проектування контрольно-вимірювального пристосування.

Обґрунтування мети операції контролю

Завдання на проектування: спроектувати КПІ для контролю радіального биття зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 280h6$ мм деталі «Опора нижня» відносно $\varnothing 415h6$. Биття складає 0,03 мм.

Початкові дані для проектування:

програма випуску - 300 шт;

тип виробництва - дрібносерійний;

такт випуску деталі - 791,60 хв.

Контроль здійснюватиметься після токарної чистової операції на контрольній плиті.

Нині, в умовах одиничного типу виробництва, цей параметр контролюється за допомогою стандартної індикаторної стійки встановлюваною на станину верстата, а деталь при цьому кріпиться в патроні. Цей спосіб виміру незручний і в умовах дрібносерійного типу виробництва не доцільний. У зв'язку з цим виникає необхідність в проектуванні КІП, який розташовуватиметься на контрольно-вимірювальній плиті і дозволить швидко і легко контролювати партії деталей.

В цілому контроль радіального биття не викликає яких-небудь труднощів, оскільки сама контрольована поверхня має досить розвинену поверхню, до неї є вільний доступ і є досить розвинені і точні базові поверхні. Проте, викликає сумнів номінал параметра. Згідно з таблицею 5.3 [1, с. 109] допуск радіального биття для поверхні $\varnothing 415h6$ мм складає 0,02 мм, а не 0,03 мм, як вказано на кресленні. Мабуть, немає конструктивних протипоказань проти призначення даного, грубішого, номінала контрольованого параметра.

Продукція, що випускається, за своїми техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам тих, що діють ГОСТ, ОСТ, ТУ. Таку продукцію відносять до першої категорії якості. Приймаємо третю категорію контролю [14, таблиця 1.4, с. 36]. Приймаємо нормальний режим контролю, т. до. виробництво подібного технологічного класу деталей можна вважати давно освоєним і сталим.

Встановимо наступні показники операції контролю : за об'ємом - вибірковий контроль; за часом - періодичний; по структурі - одноразовий [14, таблиця 1.4, с. 36].

Вибір контрольних точок виміру.

Контрольований параметр характеризує радіальне биття зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 280$ мм (рисунок 2.11).

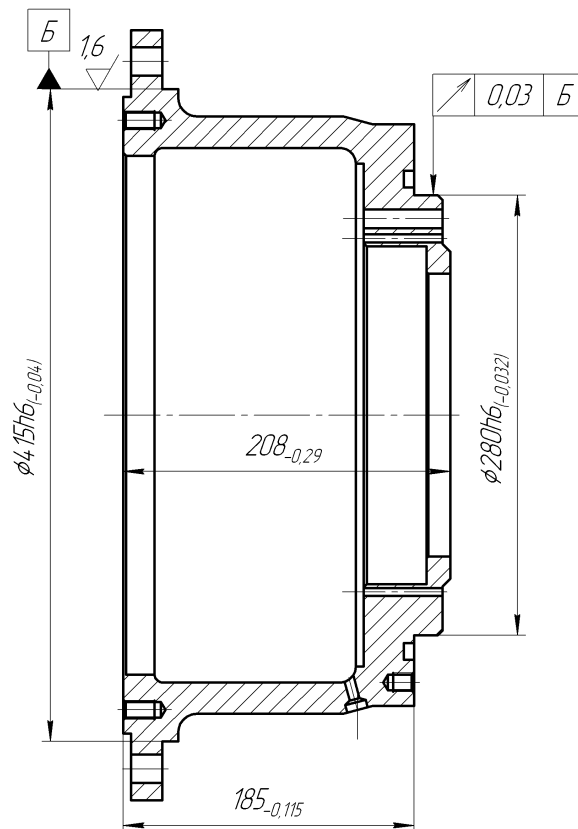


Рисунок 2.11 - Ескіз деталі

Виберемо в якості контрольної точки точку розташовану по середині цієї поверхні, при цьому при контролі допускається коливання розташування точки контролю як в одну так і в інший бік.

Визначимо кількісно-точнісні параметри контрольованої поверхні.

Точність розміру.

Як вже встановлено, номінал контрольованого параметра дорівнює 0,03 мм. Він повинен відповідати точності 6-го квалітета ($\varnothing 280h6$ мм), проте він відповідає точності 7-го квалітета [1, таблиця 5.4, с. 108].

Точність форми.

Точність форми вибраної поверхні нормується контрольованим параметром, т. е. радіальним биттям і складає 0,03 мм.

Міра шорсткості.

Вона задана на кресленні і прийнята конструктором рівної Ra 1,6.

Визначення конструктивно-технологічних особливостей контрольованої деталі.

Радіальне биття деталі контролюється після токарної чистової обробки. Деталь по конструктивних особливостях відноситься до тіл обертання. Матеріал - високоякісна високолегована сталь 12X18H9ТЛ-II.

Вибір схеми контролю

З усієї сукупності поверхонь, що утворюють деталь, претендувати на базові можуть дві: зовнішня циліндрична поверхня діаметром 220 мм (поверхня Г) і її торець (рисунок 2.11). Цей вибір обумовлений можливістю поєднання конструкторської і технологічної баз. Проведемо уточнення і аналіз точностних параметрів поверхні Г, т. до. саме відносно неї задане биття і по ній базуватиметься деталь в пристосуванні, а торець є тільки настановною базою і на параметри контрольованої поверхні не впливає.

Точність розмірів.

Діаметр поверхні Г складає $D=220h6$ мм. Нижнє відхилення $e_i=-0,032$ мм, верхнє $e_s=0$ мм. Величина допуску складає $T=0,032$ мм [1, таблиця 3.2, с. 45].

Точність форми.

Розглянемо можливі відхилення форми базової поверхні, які можуть робити вплив на точність положення деталі при вимірі. До них передусім відносяться відхилення від круглої: овальність і ограновування. Відхилення профілю подовжнього перерізу може виражатися таким спотворенням форми: конусообразность, бочкоподібність і

седлообразность. Оскільки креслення особливо не обумовлює відхилення форми, то вони обмежуються полем допуску на розмір діаметру _ мм.

Точність розташування.

У зв'язку з тим, що на кресленні немає обмежень на відхилення того, що має в розпорядженні базової поверхні Г і торця В, призначимо їх самостійно виходячи з точності виготовлення. Приймаємо: допуск радіального биття поверхні Г рівним 0,02 мм [1, таблиця 5.4, с. 109].

Міра шорсткості.

Конструктор визначив міру шорсткості поверхні рівної Ra 1,6 мкм, а торця - Ra 6,3 мкм.

Вибір і обґрунтування схеми базування

Складемо таблицю точностных параметрів базових і контрольованою поверхонь (таблиця 2.7). вона дозволить прийняти обґрунтоване рішення про придатність даних поверхонь в якості базових.

Оцінюючи точностные дані(таблиця 2.7), приходимо до висновку, що якість базової поверхні забезпечує задану точність положення контрольованої деталі в процесі контролю.

Таблиця 2.7 - Точностные параметри базової і контрольованої поверхонь

Найменування точностного параметра.	Контрольований параметр.	Базова поверхня
Точність розміру(квалитет)	6	6
Точність форми(ступінь точності)	5	5
Точність розташування (ступінь точності)	5	5
Міра шорсткості (Ra), мкм	1,6	1,6

Рекомендованою схемою базування в цій ситуації є використання як базова поверхня б $\varnothing 415$ мм і прямий вимір радіального биття поверхні $\varnothing 280$. Проте з рис. 13.1 видно, що доступ до поверхні б закритий з одного

боку фланцем, а у разі установки деталі іншою стороною буде закритий доступ до контрольованої поверхні $\varnothing 280$. Тому в якості базової використовуємо поверхню $\varnothing 280$ мм, а контроль вироблюваний по поверхні $\varnothing 415$ мм. Така заміна не вплине на точність виміру.

З рисунка 2.11, на якому представлена схема базування, видно, що поверхня $\varnothing 415$, будучи встановленою на опорну поверхню що є кільцем, позбавляє заготівлю двох ступенів свободи, т. е. є подвійною опорною базою. Торець є настановною базою, він позбавляє деталь 3-х ступенів свободи.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо побудувавши таблицю односторонніх зв'язків (таблиця 2.7).

З таблиці 2.7 видно, що деталь позбавлена восьми односторонніх зв'язків.

Оскільки вибрана схема базування дозволила поєднати технологічну і вимірювальну бази для вимірюваного параметра, то погрішність базування для контрольованої поверхні дорівнює нулю.

Таблиця 2.7 - Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку	X	X	Y	Y	Z	Z	WX	WX	WY	WY	WZ	WZ
Реакція опри	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R

Вибір і обґрунтування схеми закріплення

Якщо розташувати деталь горизонтально, то сила гравітації притискатиме опорну поверхню до настановного елемента пристосування. Напрямок вимірювального зусилля $P_{ус}$ буде прагнути зрушити деталь у напрямі опори, що так само сприяє поліпшенню контакту опорної бази і опори. Обертання навколо горизонтальної осі сприяє проведенню операції контролю. Для полегшення обертання необхідно забезпечити настановний елемент пристосування роликami, що вільно обертаються.

Оскільки необхідності в закріпленні деталі в КВП немає, то E_3

Вибір і обґрунтування методів виміру

З можливих альтернатив прямого і непрямого методів віддаємо перевагу прямому, оскільки його простіше зробити. При цьому немає необхідності в перерахунку розмірів і отримувана точність цілком достатня для параметра, що перевіряється.

При виборі контактного або безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що прочностні характеристики матеріалу деталі високі і контрольована поверхня без деформацій і смятій може сприймати значне вимірювальне зусилля.

Для забезпечення точкового контакту приймаю наконечник сферичної форми при радіусі сфери не менше 5 мм (рисунок 2.12).

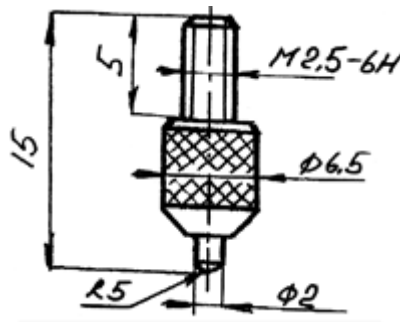


Рисунок 2.12 - Наконечник з твердого сплаву

Наконечник типу НР має твердосплавну вставку (ГОСТ 11007-66). Враховуючи твердість вимірюваної поверхні і допуск вимірюваного параметра (ІТ=32 мкм), орієнтовно призначаю зусилля 3Н. В цьому випадку очікувана погрішність від вимірювального зусилля визначається по формулі Герца :

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{ус}^2}{r}}, \quad (2.26)$$

де $\Delta_{зус}$ - величина погрішності за рахунок контактної деформації, мкм;

K - коефіцієнт, залежний від матеріалу вимірювального наконечника
(для твердого сплаву $K=0,8$);

$P_{ус}$ – вимірювальне зусилля, Н;

r - радіус сфери наконечника, мм.

$$\Delta_{\text{выс}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{3^2/5} = 0,42 \text{ мкм};$$

Зупиняємо свій вибір на пасивному методі контролю, хоча для сучасного виробництва методи, які на кінцевому етапі виробництва лише фіксують рівень якості, застосовувати не бажано.

Тривалість операції обробки деталі на чистовій операції складає 13,245 хвилин. Встановлюємо час на контрольну операцію 2 хвилину. Така тривалість контролю не вимагає високого рівня механізації, оскільки може бути здійснена вручну на простому вимірювальному пристрої без істотних енергетичних витрат з боку робітника.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірної напруги зору.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення зумовлене значною мірою контактним методом контролю. У його користь говорить великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність і надійність роботи безпосередньо на робочих місцях і контрольних пристосуваннях.

Вибір і обґрунтування засобу виміру

Вибирання засобу виміру(ЗВ)

Визначимо оптимальні метрологічні, експлуатаційні і надійностные характеристики, які повинна мати ЗВ.

Сумарна похибка виміру КВП, що припускається :

$$/\delta_{\text{вим}}/ = k \cdot IT; \quad (2.27)$$

де $k=0,32$ - залежить від квалитета або снетгуз точності контрольованого параметра.

$$/\delta_{\text{вим}}/ = 0,32 \cdot 32 = 10,24 \text{ мкм};$$

Відповідно до ГОСТ 8051-81 [14, табл. 4.1, с. 118], рекомендується прийняти $/\delta_{\text{вим}}/ = 10 \text{ мкм}$.

Визначаємо допустиму погрішність засобу виміру (інструментальна погрішність) по формулі ([15], стр.127) :

$$/\Delta_{\text{ін}} / = 0,7 \cdot \delta_{\text{вим}} = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм.} \quad (2.28)$$

Ціну ділення розраховую залежно від величини допустимої інструментальної погрішності ЗВ. Приймаємо $C = \Delta_{\text{ін}} = 7 \text{ мкм}$.

Інтервал ділення шкали (а) беру 2 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами може утруднити прочитування свідчень ЗВ.

Межа вимірів за шкалою (А) повинна перевищувати допуск на вимірюваний параметр, щоб зняття свідчень не викликало утруднень. Приймаю $A = 4 \cdot IT = 4 \times 30 = 120 \text{ мкм}$.

Межа вимірів засобу (діапазон вимірів) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $[B] = 1 \text{ мм}$.

Вимірювальне зусилля $[P_{\text{зус}}] = 3 \text{ Н}$ (див. вище). Допустиме колювання вимірювального зусилля обумовлене величиною $\Delta P_{\text{зус}} = 1 \text{ Н}$.

Вірогідністю безвідмовної роботи задамося $[P] = 0.85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Пошук ЗВ по заданих обмеженнях.

Здійснюємо пошук ЗВ по таблицях важільно-зубчастих вимірювальних голівок. Найбільш близьким за показниками є індикатор пружинного типу ЛІЗ моделі 01ГИП [16, таблиця 4.15, с. 506] у якого наступні параметри:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ін}} &= 0.3 \text{ мкм,} & Z &= 0.1 \text{ мкм} \\ A &= 130 \text{ мкм,} & B &= 2 \text{ мм} \\ P_{\text{зус}} &= 1.5 \text{ Н,} & \Delta P_{\text{зус}} &= 0.2 \text{ Н} \\ P &= 0.9. \end{aligned}$$

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються.

$$\Delta_{iH}=0.3 \text{ мкм} < [\Delta_{iH}]=7 \text{ мкм},$$

$$\Delta P_{yc}=0.2 \text{ Н} < [\Delta P_{yc}]=1 \text{ Н}$$

$$C=0.1 \text{ мкм} < [C],$$

$$A=130 \text{ мкм} > [A]=120 \text{ мкм}$$

$$B=2 \text{ мм} > [B]=1 \text{ мм},$$

$$P_{yc}=H < [P_{yc}]=3H$$

$$P=0.9 > [P]=0.85.$$

Ескіз вибраної пружинної голівки представлений на рисунку 2.13.

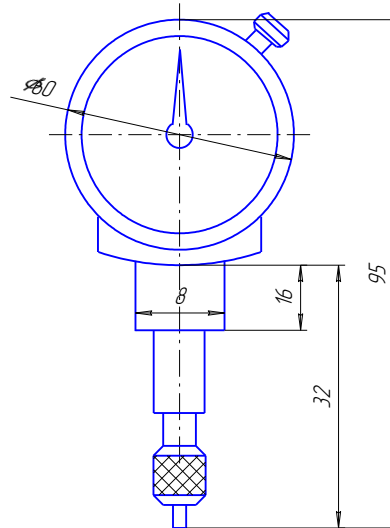


Рисунок 2.13 - Ескіз пружинної голівки

Ескізне проектування КВП

Складання структурної схеми КВП

В процесі контрольної операції в пристосуванні реалізуються наступні приватні функції:

- 1) базування вимірюваної деталі;
- 2) установка і закріплення ЗВ;
- 3) прийом, передача і перетворення вимірювальної інформації;
- 4) переміщення ЗВ з настановної в робочу позицію;
- 5) об'єднання функціональних вузлів(корпус).

Таким чином, структурна схема проектованого КВП виглядає так, як показано на рисунку 2.14.

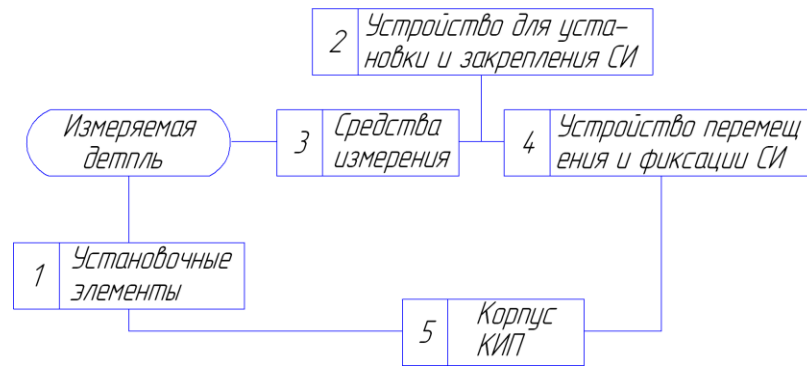


Рисунок 2.14 - Структурна схема КВП

Розробка ескізного компоунвання КВП

Компонувальну схему розробляємо на основі інформації отриманою на різних етапах проектування. Тому, узагальнюючи дані приведені вище, приходимо до висновку, що найбільш зручна для конкретних умов кутова схема компоунвання.

При використанні цієї схеми досягається зручність установки деталі, сили гравітації, що діють на деталь, сприяють надійному контакту базових поверхонь з настановними елементами і не вимагають додаткового притиску (виключається перекидання деталі).

Розробка ескіза функціонального вузла

З п'яти приватних функцій, які необхідно реалізувати в проєктованому КВП, найбільш важливими є установка і закріплення ЗВ і переміщення його на вимірювальну позицію. Здійснимо пошук технічного рішення цих функцій.

Найбільш раціональним, в нашому випадку, варіантом технічного рішення реалізації функції установки і закріплення ЗВ є варіант кріплення представлений на рисунку 2.15.

Цей спосіб гарантує точність, швидкість і надійність кріплення. Крім того, є можливість швидкого регулювання положення вимірювальної голівки по висоті зі зміною натягу і при цьому, немає необхідності в допоміжному інструменті (викрутка).

Функція переміщення ЗВ на вимірювальну позицію і виведення її з відти може здійснюватися або обертальним, або прямолінійним рухом. Доцільніше обертальне переміщення.

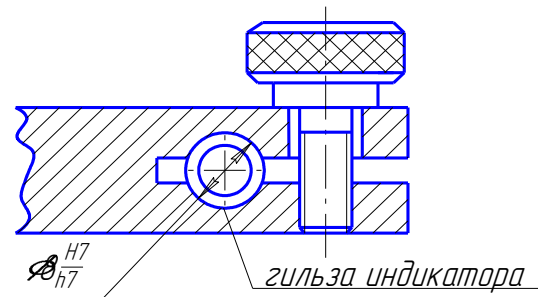


Рисунок 2.15 - Кріплення ЗВ.

Його відрізняють простота реалізації, більш висока технологічність виготовлення тих, що направляють. Найбільш простий і в теж час досить точний функціональний вузол той, що реалізовує функцію переміщення ЗВ представлений на рисунку 2.16.

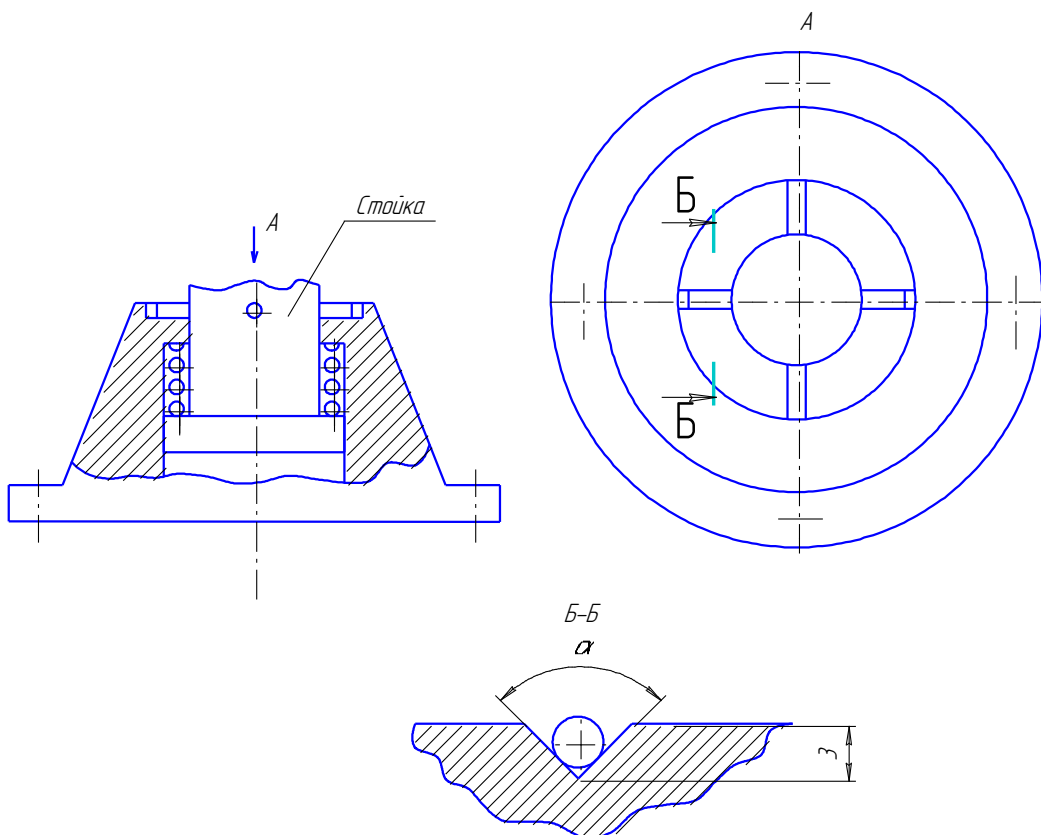


Рисунок 2.16 - Вузол КВП реалізовує функцію переміщення ЗВ

Визначення точності виготовлення і складання розроблених функціональних вузлів

Проаналізуємо можливі погрішності положення вимірювального наконечника.

1) Зміщення осі наконечника в площині креслення без порушення паралельності до осі стійки (по координатах X і Y). Величина цих зміщень залежатиме від допуску на кут центруючої канавки. Згідно [1, таблиця 4.8, с. 95] при довжині що утворює до 10 мм і шостій мірі точності допуск дорівнює 5 мкм. Але, оскільки для випадку переміщення наконечника уздовж осі Y зрушення здійснюватиметься уздовж контрольованої поверхні, то таке відхилення положення наконечника від заданої точки виміру не викличе спотворення свідчень ЗВ. Тому приймаємо $\Delta_1 = 0$ мкм.

Для випадку переміщення наконечника уздовж осі X зміщення положення наконечника від заданої точки виміру викликати спотворення свідчень ЗВ. Тому приймаємо $\Delta_2 = 2,5$ мкм.

2) Перекосу осі стійки не буде завдяки центруючим штирям, $\Delta_3 = 0$ мкм.

3) Погрішність виміру, яка може виникнути в наслідку відхилення від паралельності переміщення вимірювального наконечника відносно осі похилої частини стійки дорівнює нулю ($\Delta_4 = 0$ мкм). Це обумовлено способом кріплення частин стійки (рисунок 2.17) осей стійки і вимірювального наконечника, що забезпечують паралельність.

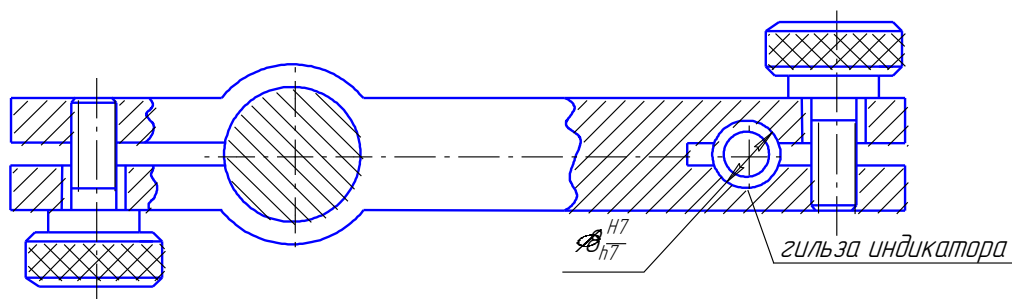


Рисунок 2.17 - Кріплення частин стійки

Розрахунок фактичної сумарної погрішності КВП

Фактична сумарна погрішність КВП визначається по формулі:

$$\varepsilon_{\text{кин}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{Э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{ус}}, \quad (2.28)$$

де ε - погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні, вона визначається по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2}, \quad (2.29)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - погрішність базування, в нашому випадку вона дорівнює 0;

$\varepsilon_{\text{з}}$ - погрішність закріплення, в нашому випадку $\varepsilon_{\text{з}}=0$;

$\varepsilon_{\text{нр}}$ - неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь в формуванні розмірного ланцюга.

$\varepsilon_{\text{нр}}$ визначається квадратичним підсумовуванням елементарних погрішностей, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки ЗВ, так і для базування деталі. Елементарна погрішність елементів пристосування дорівнює половині поля допуску на виготовлення опорного ролика діаметром 8h6 мм. Тобто: $\Delta_{\text{з}}=4,5$ мкм [1, табл. 3.2, с. 45].

$$\varepsilon_{\text{нр}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_{\text{Э}}^2} = \sqrt{0 + 2.5^2 + 0 + 0 + 4.5^2} = 5.1 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2} = \sqrt{0 + 0 + 5.1^2} = 5.1 \text{ мкм};$$

$\Delta_{\text{п}}$ - погрішність передатного пристрою. Оскільки в конструкції нашого КВП передатний пристрій відсутній, то $\Delta_{\text{п}}=0$;

$\Delta_{\text{Э}}$ - погрішність виготовлення еталонної деталі. Оскільки налаштування КВП робитиметься без еталонної деталі, то $\Delta_{\text{Э}}=0$;

$\Delta_{\text{ин}}$ - погрішність вибраного засобу виміру, $\Delta_{\text{ин}}=0.3$ мкм;

$\Delta_{\text{зус}}$ - погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації :

$$\Delta_{\text{зус}} = 0.43 \times 0.81 \times \sqrt[3]{\frac{P_{\text{зус}}^2}{r}} = 0.43 \times 0.81 \times \sqrt[3]{\frac{1.5^2}{5}} = 0.26 \text{ мкм} \quad (2.30)$$

де $P_{\text{зус}}$ - вимірювальне зусилля, Н;

$r=5$ мм, радіус вимірювального наконечника.

Δ_t - погрішність, викликана зміною температури довкілля :

$$\Delta_l = l \times \alpha \times (t_1 - t_2) = 220 \times 95 \times 10^{-6} \times 10 = 4.2 \text{ мкм}$$

де $l = 220$ мм розмір вимірюваного об'єкту;

α - коефіцієнт лінійного розширення, для СЧ 20 $\alpha = 95 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$;

$(t_1 - t_2) = 10^\circ\text{C}$ - можливий перепад температури.

Підставивши знайдені значення елементарних погрішностей, отримаємо:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = 5,1 + 0,3 + 0,26 + 4,2 = 9,86 \text{ мкм};$$

Зіставимо фактичну сумарну погрішність (КВП) з допустимою:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = 9,86 < 10 = [\Delta_{\text{ВИМ}}] \text{ мкм}$$

Значить, необхідна умова точності дотримується.

Опис пристрою і роботи КВП

Спроекований КВП складається із стійки (1) і настановної плити(6), встановленої на валу(5), що обертається, які кріпляться до основи(1).

Контролер встановлює деталь в пристосування. Для цього він просто ложит деталь на настановну плиту(6), поєднуючи циліндричний уступ з поясочком на настановній плиті, і вона, під дією сили тяжіння, притискається до опорних поверхонь пристосування. При установці деталі стійка має бути повернена в положення, при якому індикатор не заважав би установці деталі.

Після установки деталі контролер повертає стійку(1) так, щоб індикатор торкнувся контрольованої поверхні. Потім він виставляє шкалу індикатора на нуль і, повертаючи деталь, робить вимір радіального биття. Після виміру контролер виводить індикатор із зони контролю, для чого повертає стійку(1) і, замінивши деталь, повторює увесь цикл.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ «КОМПЛЕКСНА З ЧПК»

3.1. Основні поняття інтенсифікації технологічних процесів

Під інтенсифікацією виробничих (технологічних) процесів розуміють отримання прямого чи непрямого економічного ефекту за рахунок збільшення продуктивності, ККД, зменшення енерго- і матеріалоємності обладнання, тривалості лімітують стадій, підвищення якості продукту, ергономічних і соціальних показників. Всі перераховані параметри є складовою енергетичної ефективності виробничих процесів і представляють її техніко-економічні та соціальні характеристики (цільові функції). При інтенсифікації роблять цілеспрямована зміна будь-якої групи факторів, які впливають на цільові функції. Всі ці техніко-економічні показники багато в чому взаємопов'язані один з одним. Так зменшення тривалості лімітують стадій технологічного процесу зазвичай призводить до збільшення продуктивності, зменшення енерго- і матеріалоємності, сприяє зростанню ККД.

В даний час одним з перспективних методів інтенсифікації технологічних процесів і підвищення ефективності технологічного обладнання (ТО) визнаються методи, засновані на енергетичних впливах із застосуванням різних електричної енергії.

Розрізняють два види завдань інтенсифікації [17]:

- 1) вдосконалення існуючих технологічних систем;
- 2) розробка принципово нових.

Для інтенсифікації необхідно розглядати механізми, що сприяють прискоренню основних технологічних стадій з отриманням продукту необхідного або підвищеної якості (іноді можна, значно виграючи у швидкості технологічного процесу, кілька втратити в якості продукту).

Можливі кілька варіантів результатів інтенсифікації:

1) інтенсифікація сприяє прискоренню процесу при погіршенні якості продукту;

2) інтенсифікація сприяє прискоренню процесу при незмінній якості продукту; наприклад, збільшення швидкості омивання дисперсних частинок при розчиненні прискорює процес, але гранична концентрація розчину не дозволяє змінити зміст кількості речовини в об'ємі рідини;

3) інтенсифікація збільшує швидкість процесу і покращує якість продукту; наприклад, інтенсифікація процесу емульгування дозволяє отримати емульсію з меншими розмірами частинок.

В даний час, в умовах ринкових відносин, першочерговими, принциповими завданнями в сфері виробництва АПК є інтенсифікація діючих виробничих процесів, підвищення якості продукції, економія матеріалів і енергії і, в кінцевому підсумку, підвищення енергоефективності технологічних систем. Виявлення резервів виробництва або конкретного процесу, як правило, пов'язано з його аналізом на основі сучасних методів дослідження і сучасних технічних засобів. При цьому, особлива увага приділяється моделям технологічних процесів і способам їх побудови.

3.2 Моделювання технологічних процесів

При вирішенні ряду задач, пов'язаних з проектуванням, підготовкою і функціонуванням технологічних процесів а АПК вдаються до їх моделювання, тобто, до вивчення окремих сторін, характеристик, властивостей ТП нема на реальному об'єкті, а на його моделі. Під моделлю розуміють таку подумки подану або матеріально реалізовану систему, яка, відображаючи об'єкт дослідження, здатна відтворювати з тією або іншою точністю його функції і заміщати його на певному етапі дослідження.

Таким чином, модель - це деяка система, яка зберігає істотні властивості оригіналу і допускає дослідження певних властивостей останнього фізичними або математичними методами. Іншими словами, модель - це відображення, опис технологічного об'єкта (процесу або обладнання) за допомогою деякого мови, розроблене для досягнення певної мети. До теперішнього часу розроблена загальна теорія моделювання складних систем, яка вказує на можливість використання різних видів моделей для опису технічних і технологічних об'єктів.

Модель грає активну роль в дослідженні ТП: з її допомогою можна з мінімальними витратами і в стислі терміни визначати різні характеристики ТП, такі як витрати енергії, витрата сировини і вихід готового продукту, показники якості цього продукту, кількість відходів, бракованих виробів, конструктивні параметри елементів обладнання. Можна намітити і апробувати ефективну стратегію управління технологією, зробити процедуру оптимізації і т. Д.

Доцільність моделювання ТП визначається двома основними умовами:

- дослідження на моделі дешевше, простіше, безпечніше, швидше, ніж на об'єкті-оригіналі;
- відомо правило перерахунку характеристик і параметрів моделі до відповідних величини оригіналу, т. К. В іншому випадку моделювання втрачає сенс.

Мета, поставлена при розробці моделі, визначає її вид, інформативність і ступінь відповідності реальному об'єкту, т. Е. При формулюванні мети необхідно ретельно відібрати ті суттєві властивості, які в повній мірі характеризують даний об'єкт, визначити необхідний ступінь відповідності моделі реальному об'єкту (точність моделі). Це дозволяє в ряді випадків спростити модель, усунути з розгляду малозначущі, несуттєві взаємозв'язку між величинами, знизити витрати на моделювання.

При описі технологічних процесів частіше використовуються натурне, фізичне і математичне моделювання.

3.2 Дослідження жорсткості універсально-складального пристосування з використанням модуля Simulation CAIP SolidWorks

Пакет прикладних програм «SOLIDWORKS Simulation» - це інтегральний комплекс, який створює функційне середовище для проведення комплексного інженерного розрахунку та аналізу, має повну інтеграцію в робоче середовище «SOLIDWORKS».

За допомогою «SOLIDWORKS® Simulation» можна виконати оцінку поведінки виробу за умов реальної експлуатації. Система проводить аналіз цифрової CAD-моделі з використанням методу скінченних елементів. Система зможе виконувати лінійний та нелінійний статичний аналіз, а також динамічний аналіз.

Для проведення аналізу міцності та жорсткості спроектованого пристосування зформуємо його 3d-модель. До складу моделі включимо основні компоненти: корпус, поршень, оброблювану заготовку деталі «Опора нижня», оправку розжимну, конус. Для спрощення розрахунків виключимо другорядні компоненти, які не впливають на міцність та жорсткість системи «Пристосування-заготовка». Кофігурацію компонентів спрощуємо з тією ж метою. Отриману модель пристосування (в розрізі) представлено на рис. 3.1.

Активуємо доданок «SOLIDWORKS®» Simulation і натискаємо на панелі інструментів іконку «Почати нове дослідження». Виразимо дослідження типу «Статичний аналіз». В правій частині вікна з'являється дерево параметрів дослідження.

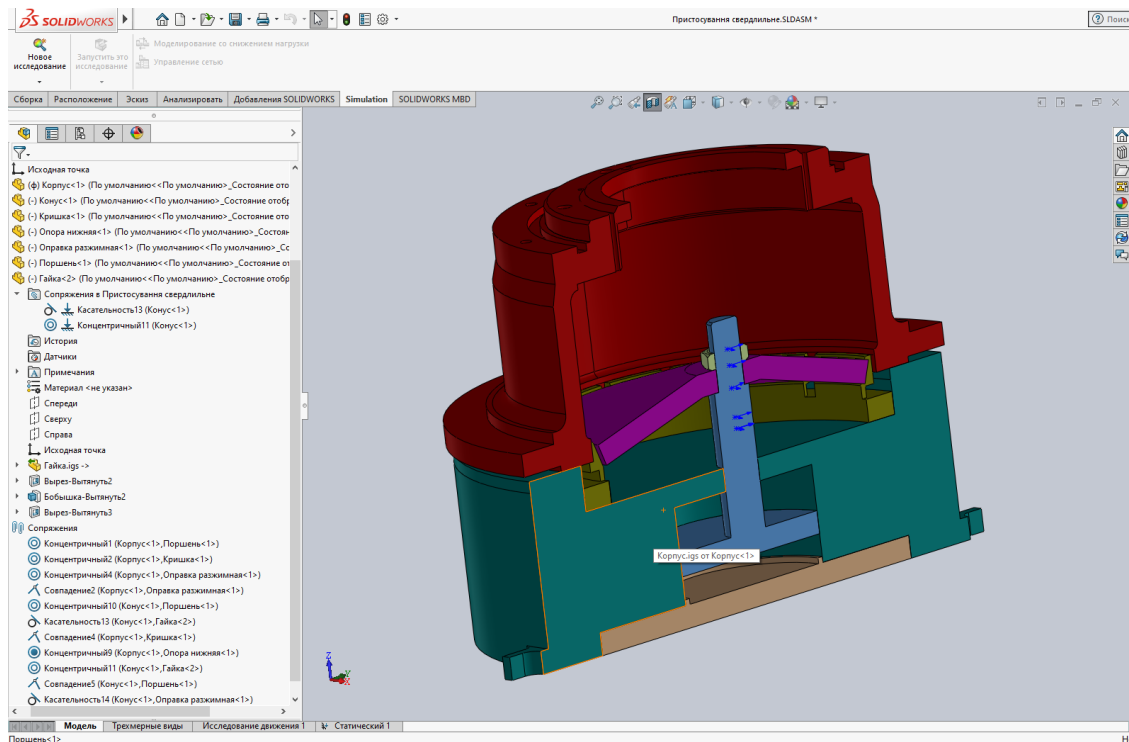


Рисунок 3.1 – Розріз 3D-моделі спроектованого пристосування.

Початковими даними при проведенні досліджень в системі є зовнішні сили, що діють на пристосування. Для нашого випадку такими силами будуть сили різання з боку сверла сили тиску в пневмокамері, які формують силу закріплення. Сили різання було визначено в п.2. даної роботи. Так як на операції виконується обробка великої кількості отворів послідовно по одному за один робочий хід, то розрахунок проводимо по найбільшим значенням сил різання. А саме: Осьова сила $P_o=14043,35$ Н, крутний момент $M_{кр}=72,48$ Н×м (див. табл. 2.3).

Тиск повітря на поршень приймаємо 1 МПа, що відповідає робочому тиску в пневмережі підприємства. Комплект зовнішніх сил показано на рис. 3.2.

Наступним необхідним кроком є позначення в системі нерухомої поверхні, закріплення пристосування. Верстатний пристрій встановлюється на стіл металорізального верстата нижньою площиною корпусу та фіксується по вушках болтами. На рис. 3.3 представлено умовне позначення закріплення пристрою.

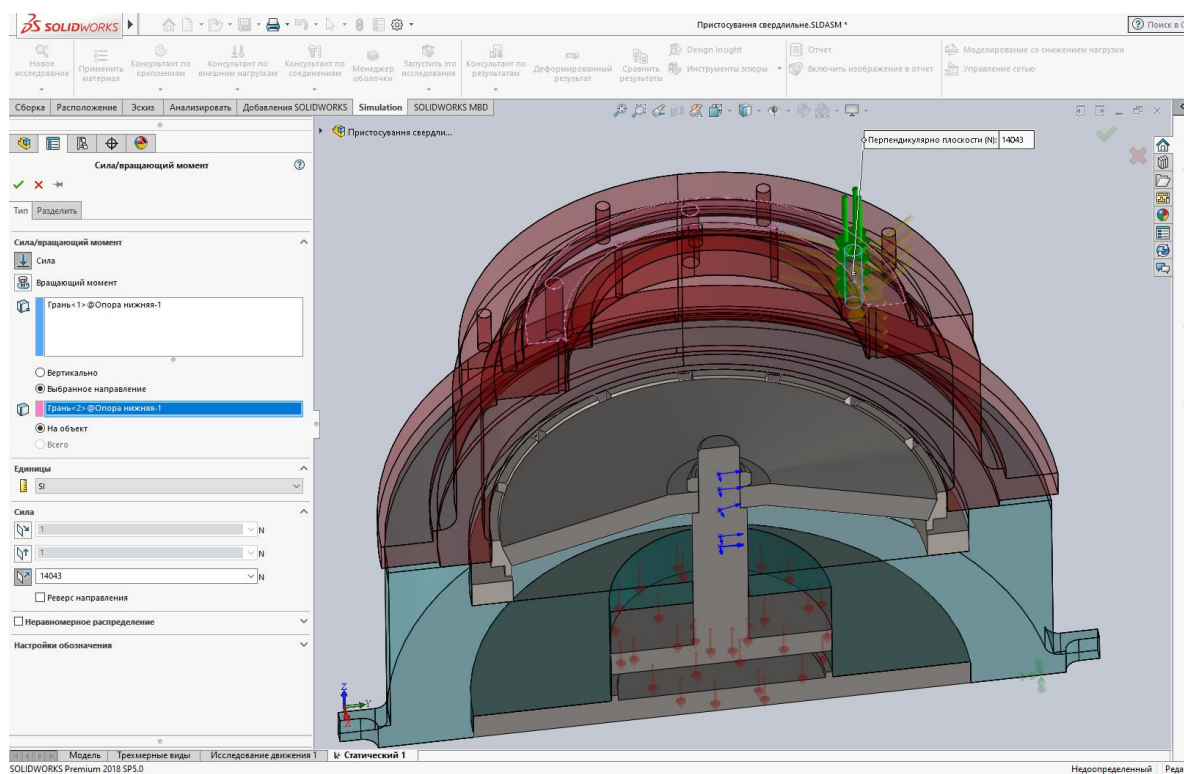


Рисунок 3.2 – Схема зовнішніх сил та сил закріплення.

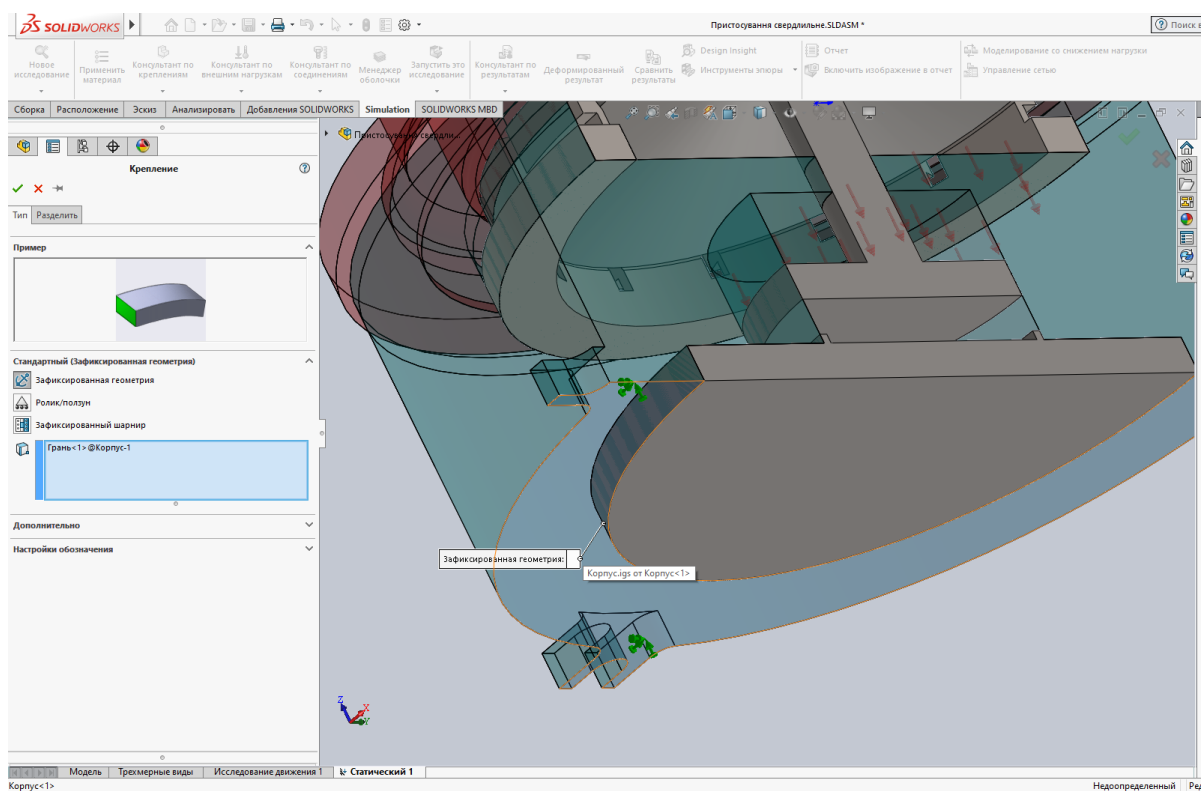


Рисунок 3.3 – Визначення закріплення пристосування.

Після накладання на ситему зовнішніх сил запускаємо процес генерації сітки скінчених елементів. Ця процедура виконується за

допомогою спеціальної утиліти – майстра. Отриманий результат представлено на рис. 3.4.

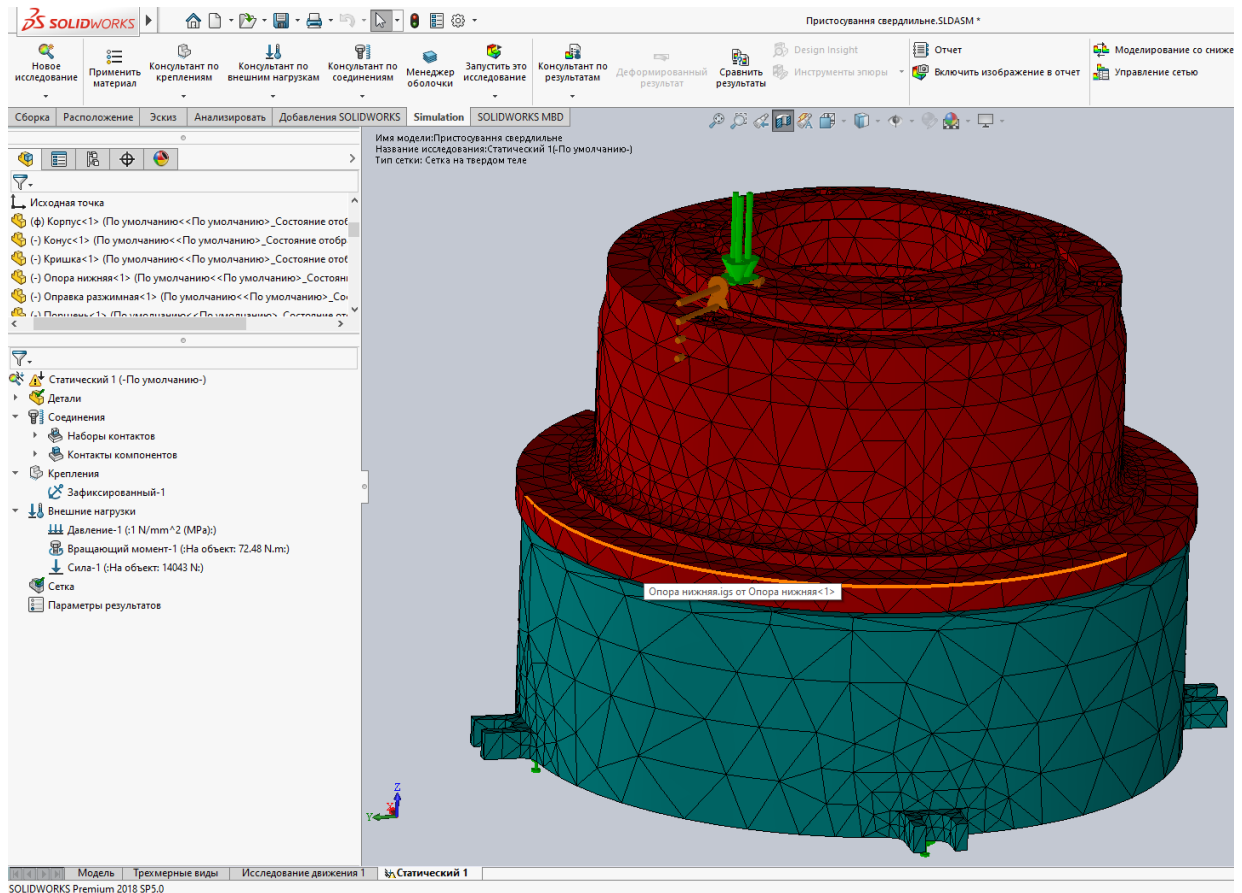
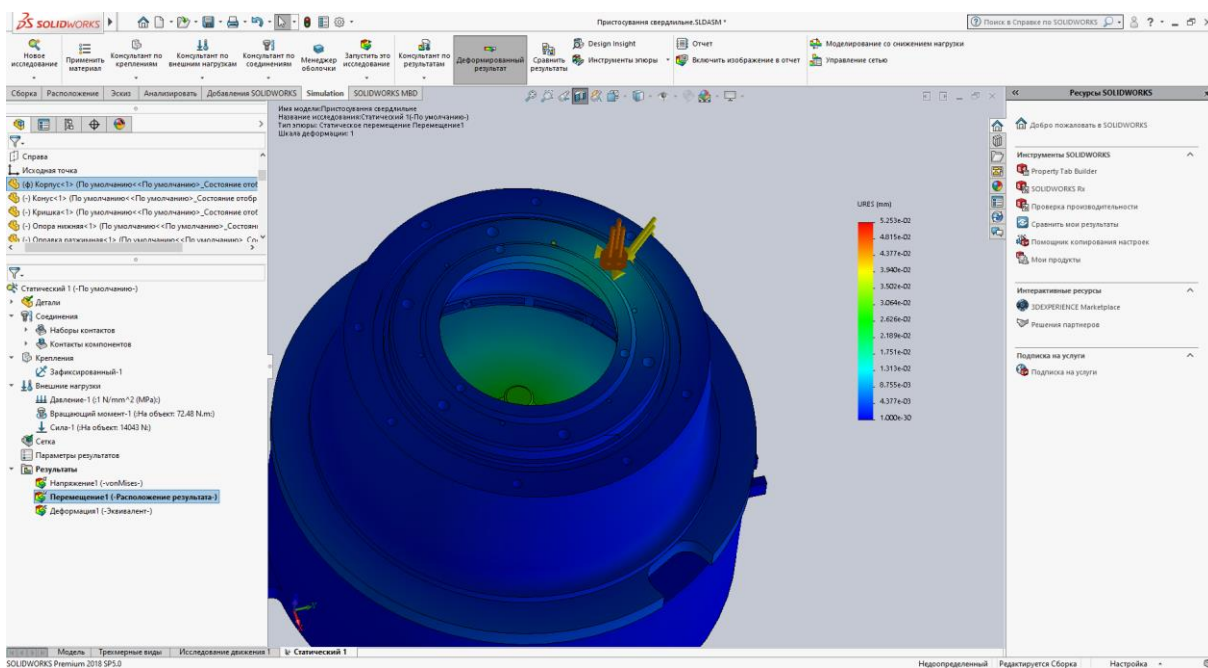
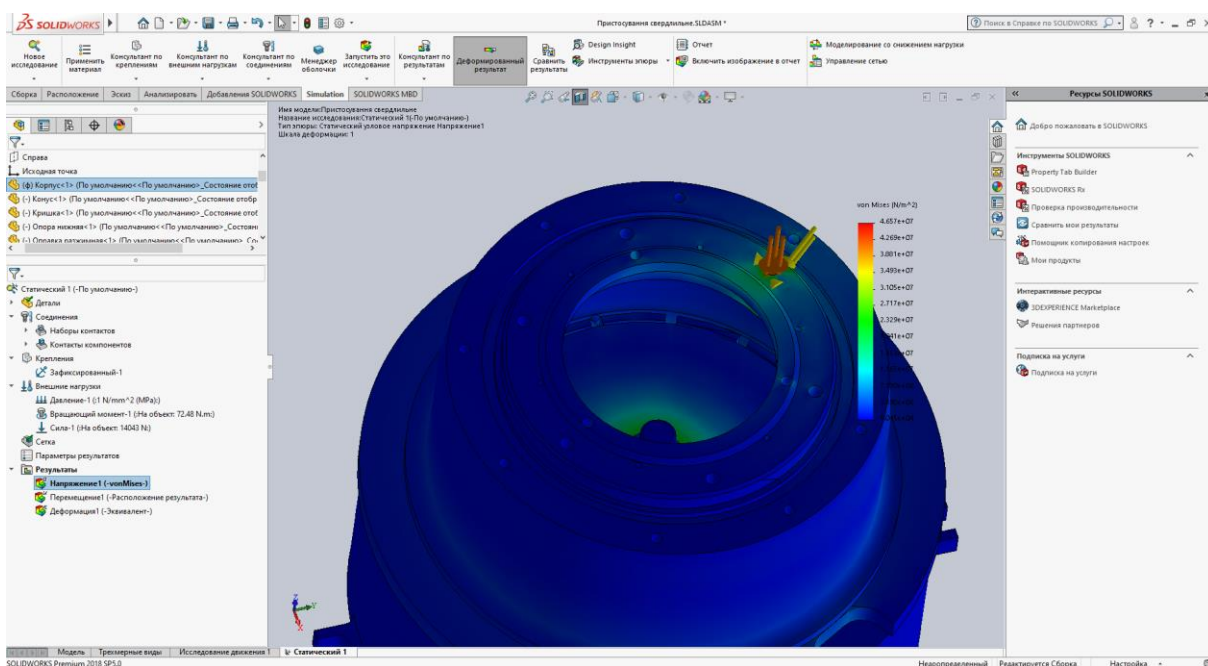


Рисунок 3.4 – Пристосування УСП з сіткою кінцевих елементів.

Після визначення всіх необхідних параметрів запускаємо процедуру розрахунку, що триває певний час, який залежить від кількості скінченних елементів та навантажень. По отриманих результатах розрахунку система виконує візуалізацію напружено-деформованого стану та за кольоровою шкалою «розфарбовує» задану модель в залежності від внутрішніх напружень (рис. 3.5) та деформацій (рис. 3.6).



Аналізуючи отримані результати ми бачимо, що максимальні еквівалентні напруження складають 46 МПа, що цілком задовільняє умову міцності з великим коефіцієнтом запасу, а величина переміщень максимальна становить 0,053 мм. В зоні обробки переміщення направлені

перпендикулярно площині простановки розмірів і, таким чином, не впливають на точність обробки.

3.3 Висновок

Спираючись на отримані результати моделювання операції «Комплексна з ЧПК» можна зробити наступні висновки:

1. Спроектований верстатний пристрій має необхідну міцність та жорсткість і забезпечує мінімальні похибки при виконанні запланованої обробки.

2. Резерв міцності та жорсткості системи «верстатний пристрій-заготовка» дозволяють проводити інтенсифікацію обробки на операції «Комплексна з ЧПК» як за рахунок збільшення режимів різання, так і за рахунок виконання паралельної обробки декількох отворів.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської відповідно до завдання був виконано удосконалення технологічного процесу виготовлення опори нижньої 1.1650-58-05 шляхом інтенсифікації комплексної операції з ЧПК для оброблення отворів.

Проведений аналіз виявив ряд недоліків існуючого технологічного процесу, які надалі були усунені

Запропонований раціональний варіант обробки деталі. Побудова технологічного процесу була виконана за принципом концентрації операцій, характерного для одиничного і дрібносерійного виробництва. Це дозволило скоротити кількість операцій механічної обробки до 8 штук.

Були обгрунтовані вибір заготовки, способи обробки поверхонь деталі, схеми базування і закріплення. Вибрані металорізальні верстати, при чому перевага була віддана високопродуктивним верстатам з ЧПУ. При виборі оснащення перевага віддавалася універсальному оснащенню, окрім тих поверхонь, для формування яких потрібний спеціальний інструмент.

У дослідницькій частині були отримані результати моделювання операції «Комплексна з ЧПК» можна зробити наступні висновки:

1. Спроектований верстатний пристрій має необхідну міцність та жорсткість і забезпечує мінімальні похибки при виконанні запланованої обробки.

2. Резерв міцності та жорсткості системи «верстатний пристрій-заготовка» дозволяють проводити інтенсифікацію обробки на операції «Комплексна з ЧПК» як за рахунок збільшення режимів різання, так і за рахунок виконання паралельної обробки декількох отворів.

ПЕРЕЛІК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДЖЕРЕЛ

1. Маталин А. А. Технологія Машиностроения.-л.: Машинобудування. 1985.-496с.
2. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсове проектування за технологією машиностроения.-4-е видавництва, перераб. і доп.- Мінськ: Вища школа, 1983.-256 с.
3. Ківш А. Н. Технологія Машиностроения.-м.: Машинобудування, 1987.-320с.
4. Худобин Л. В. та ін. Курсове проектування по ТМС.-м.:Машиностроение, 1989.-288с.
5. Руденко П. А. Проектування технологічних процесів в машиностроении.- Київ: Вища школа, 1985.-255с.
6. Розрахунки економічної ефективності нової техніки : Справочник./ під ред. Великанова К. М. - Л.:Машиностроение, 1975-432с.
7. Велетнів К. М., Власов В. Ф., Карандашева К. С. Економіка і організація виробництва в дипломних проектах. Видавництво 3-е, перераб. і Доп.-л.: Машинобудування, 1977-208с.
8. Обробка металів різанням : Довідник технолога / Під общ. ред. А. А. Панова.-м .: Машинобудування, 1988.-736с.
9. Довідник технолога машинобудівника. У 2 т. Т. 1 / під ред. А. Г. Косиловой і Р. К. Мещерякова. - 4-е видавництво, перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1986.-656с.
10. Ансеров М. А. Пристосування для металорізальних верстатів. - М: Машинобудування, 1964.-652с.
11. Горошкин А. К. Пристосування для металорізальних верстатів. Справочник.-7-е видавництва, перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1979.-303с.
12. Верстатні пристосування. Довідник в 2т. Т. 1 / Під ред. Б. И. Вардашкина, А. А. Шатилова. - М.: Машинобудування, 1984-656с.
13. Семенченко И. И. Проектування металорізальних інструментов.-

- М.;Машинобудування -1963.-950с.
- 14.Корсаків В. С. Основи конструювання пристосувань в машиностроєнии.- М.: Машинобудування, 1971.-228с.
 - 15.Бабук В. В. та ін. Дипломне проектування за технологією машинобудування -Минск : Вища школа. 1979.-464с.
 - 16.Довідник технолога машинобудівника. У 2 т. Т. 2. / Під ред. А. Г. Косилової і Р. К. Мещерякова. - 4-е видавництво, перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985. - 496 с.
 - 17.Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. Ч. 1 Токарні, карусельні, токарно-револьверні, алмазно-расточные, свердлувальні, довбальні і фрезерні станки.- М.: Машинобудування, 1974. - 416с.
 - 18.Загальномашинобудівні нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця і підготовчо-завершального для технічного нормування верстатних робіт. Серійне виробництво. - М.: Машинобудування, 1974.-421с.
 - 19.Гипп Б. А. та ін. Контрольні пристосування - М.: ГОСИНТН машиностроит. літ., 1960. - 339 с.
 - 20.Городецкий Ю. Г. Конструкція, розрахунок і експлуатація вимірювальних приладів. - М.: Машинобудування, 1971.-367с
 - 21.Безпека виробничих процесів : Довідник / Белов С. В., Бринза В. Н і др.:под общ. ред. Белова С. В. - М.:Машиностроение, 1985.-448.
 - 22.Довідкова книга для проектування електричного освітлення / Під ред.Г. М Кноринга - Л.: «Енергія», 1976.-384с.
 - 23.Верстати і інструменти .№10-82г.
 - 24.Юдін Е. А., Белов С. В. та ін. Охорона праці і машиностроєния./ Під ред. Юдіна Е. Я., Белова С. В. - М.:Машиностроение, 1983.
 - 25.Методичні вказівки по оформленню документації в курсових і дипломних проектах по курсах: «Технологія машинобудування», «Основи технології виробництва електрофізичних приладів» для

- студентів спеціальностей 12.01, 12.02 усіх форм навчання. Ч. 1 /Сост. А. А. Ягуткин, А. Б. Руденко.- Суми: СФТИ, 1992.-42с.
- 26.Методичні вказівки по оформленню документації в курсових і дипломних проектах по курсах: «Технологія машинобудування», «Основи технології виробництва електрофізичних приладів» для студентів спеціальностей 12.10, 12.02 усіх форм навчання. Ч. 2 /Сост. А. А. Ягутин, А. Б. Руденко.- Суми: СФТИ, 1992.-42с.
- 27.Методичні вказівки до практичного зайняття «Аналіз службового призначення машини і деталі» по курсу «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 0501 денної і вечірньої форм навчання /Сост. О. А. Топоров.-Харків: ХПИ, 1987.-16с.
- 28.Методичні вказівки до практичного зайняття «Аналіз технічних вимог і виявлення технологічних завдань при виготовленні виробів» по курсу «Технологія машинобудування» для студентів спеціальностей 0501 денної і вечірньої форм навчання /Сост. О. А. Сокир,- Харків: ХПИ, 1987.-16с.
- 29.Методичні вказівки до практичного зайняття по курсу «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 0501 денної і вечірньої форм навчання /Сост. А. А. Ягулин.- Харків: ХПИ, 1988.-22с.
- 30.Методичні вказівки до практичного і самостійного зайняття «Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів при виготовленні втулок» по курсу «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 12.01 і 12.02 усіх форм навчання /Сост. О. А. Топоров.- Харків: ХПИ, 1991.-56с.
- 31.Методичні вказівки до виконання контрольної роботи по проектуванню верстатних пристосувань для студентів заочної форми навчання спеціальності 0501 «Технологія машинобудування, металорізальні верстати і інструменти» /Сост. Г. С. Чумаков.- Харків: ХПИ. 1986.-34с.
- 32.Методичні вказівки до виконання контрольної роботи по курсу «Проектування контрольно-вимірювальних пристосувань» для

- студентів заочної форми навчання спеціальності 0501 «Технологія машинобудування, металорізальні верстати і інструменти» /Сост. Г. С. Чумаков.- Харків: ХПИ. 1987.-57с.
- 33.ГОСТ 2.105-95. Правила оформлення документів загального призначення.
- 34.ГОСТ 3.1107-81. Позначення умовні графічні, вживані в технологічних процесах. Опори і затиски.
- 35.ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень.
- 36.ГОСТ 2.305-68. Зображення - види, розрізи, перерізи.
- 37.ГОСТ 3.1201-85. ЕСТД. Система позначення технологічної документації.
- 38.ГОСТ 12.0.001-82 ССБТ. Основні положення.
- 39.ГОСТ 12.0.003-74 ССТБ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація.
- 40.ГОСТ 12.1.003-83 ССТБ. Шум. Загальні вимоги безпеки.
- 41.ГОСТ 12.1.004-85 ССТБ. Пожежна безпека. Загальні вимоги.
- 42.ГОСТ 12.1.005-88 ССТБ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.
- 43.ГОСТ 12.1.007-76 ССТБ. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки.
- 44.ГОСТ 12.1.02-90 ССТБ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги.
- 45.ГОСТ 12.1.019-79 ССТБ. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту.
- 46.ГОСТ 12.2.003-91 ССТБ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки.
- 47.ГОСТ 12.2.009-80 ССТБ. Верстати металообробні. Загальні вимоги безпеки.
- 48.ГОСТ 12.2.061-81 ССТБ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць.
- 49.ГОСТ 12.2.062-81 ССТБ. Устаткування виробниче. Обгороджування

захисні.

50.ГОСТ 12.2.101-84 ССТБ. Пневмопроводи. Загальні вимоги безпеки до конструкцій.

51.ГОСТ 12.3.002-75 ССТБ. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки.

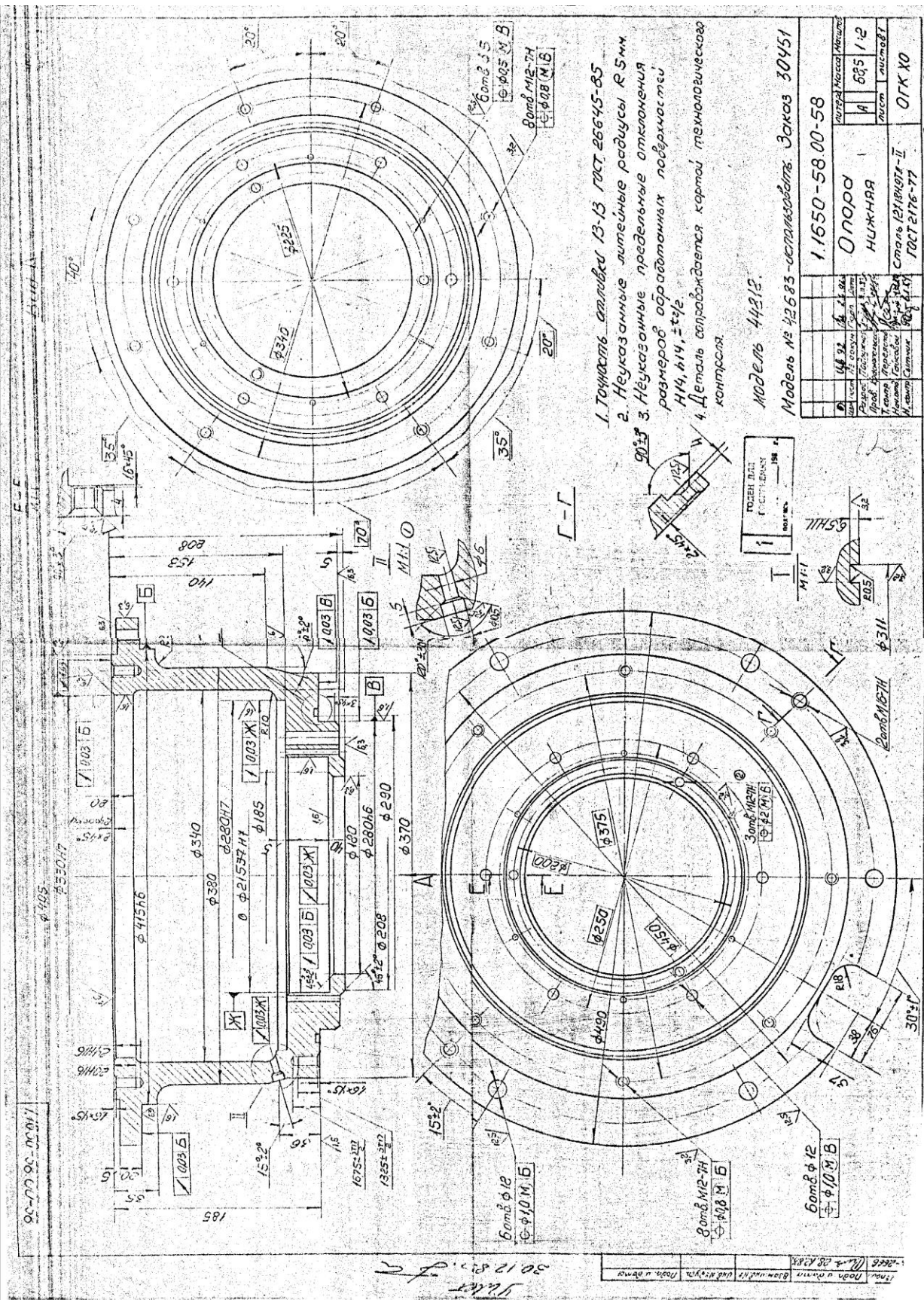
52.ГОСТ 12.3.009-77 ССТБ. Роботи навантажувально-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки.

53.ГОСТ 12.3.010-82 ССТБ. Тара виробнича. Вимоги безпеки при експлуатації.

54.ГОСТ 14.201-83. Загальні правила відробітку конструкції на технологічність.

Додаток А

Креслення деталі «Опора нижня» 1.1650-58.00-58



1. Точність вимірювань 13-13 ГОСТ 26645-85
2. Неуказані лінійні радіуси R5mm
3. Неуказані предельные отклонения размеров обработанных поверхностей H14, h14, ±0.12
4. Деталь изготавливается картой технологического контроля.

МОДЕЛЬ 44212

Модель № 42683 - оптимизована. Заказ 30451

1.1650-58.00-58	
Опора	нижняя
Материал	Сталь 121ВНГМ-II
Лист	1 из 1
Листов	1 из 1
Гос. стандарт	ГОСТ 2175-77
ОТК	Ю

Контроль

Лист 30.12.83

Испол.	Проф. и прораб.	Инж. и техн.	Инж. и техн.	Инж. и техн.	Инж. и техн.
1-1868	1-1868	1-1868	1-1868	1-1868	1-1868

Додаток Б

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

04.05.2020

Расчет выполнен для Плавко В.К., группа - ТМм-91

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием ϕ 330+0.057
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz(i-1)	дефект слой h(i-1)	простр отклон p(i-1)	погрешность базир Еб(i)	загр. Ез(i)
Отливка	кл. точн. 13	+6.000	-	-	-	-	-
	ГОСТ 26645-85	-6.000					
Растачивание черновое	кавалитет IT12	+0.570 0	320	380	9930	0	180
Растачивание чистовое	кавалитет IT9	+0.140 0	40	50	398	0	90
Растачивание тонкое	кавалитет IT7	+0.057 +0.057 0	20	20	16	0	20

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.	
-	-	294.836	294	300	+6.000	294	306	-	-	-
					-6.000					
21264	33264	328.133	328.1	328.1	+0.570	328.1	328.67	22100	34100	34670
					0					
997	1567	329.728	329.7	329.7	+0.140	329.7	329.84	1030	1600	1740
					0					
132	272	330	330	330	+0.057	330	330.057	160	300	357
					0					

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

Додаток В

Формат	Зона	Лаз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
							Изм./Лист
Перв. преимен.				<i>Документация</i>			
			TM 19510213-08-00.00 СК	Складальне креслення	1		
Справ. №				<i>Сборочные единицы</i>			
		1	TM 19510213-08-01.00	Стійка	1		
Подп. и дата				<i>Детали</i>			
	A2	4	TM 19510213-08-00.01	Основа	1		
		5	TM 19510213-08-00.02	Вал	1		
		6	TM 19510213-08-00.03	Плита контрольна	1		
	A2	7	TM 19510213-08-00.04	Плита опорна	1		
		8	TM 19510213-08-00.05	Опора	1		
		9	TM 19510213-08-00.06	Втулка	1		
		10	TM 19510213-08-00.07	П'ята верхня	1		
		11	TM 19510213-08-00.08	П'ята нижня	1		
		12	TM 19510213-08-00.09	Гайка	1		
		13	TM 19510213-08-00.10	Ушко	4		
		14	TM 19510213-08-00.11	Кулька d14	25		
		15	TM 19510213-08-00.12	Кулька d 28	1		
					<i>TM 19510213-08-00.00</i>		
	Инв. № подл.	Разраб.	Плавко		Приспосовання для контролю радіального біття	Лит. К.П.	Лист 1
Проб.		Дегтярьов					
Нконтр. Утв.				<i>СумГУ, ТМ-91</i>			
				<i>Копіював</i>	<i>Формат А4</i>		

Додаток Г

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Г.1 Аналіз небезпек і шкідливих факторів, що виникають на дільниці

На проєктованій механічній дільниці буде виконуватися механічна обробка різних деталей. Для виготовлення деталей використовуватиметься наступне устаткування: токарно-гвинторізні верстати, токарні верстати з ЧПУ і вертикально-сверлильні, шпонково-фрезерні, шліце-фрезерні, шліце-шліфувальні, круглошліфувальні верстати. Прибирання стружки проводиться уручну. Обробка ведеться із застосуванням СОЖ.

Основними травмонебезпечними виробничими чинниками, які можуть виникати в процесі обробки деталі, є:

- Ріжучі інструменти, особливо швидко оброблювальні фрези, свердла. Вони можуть завдати травми, зокрема з важким результатом, при випадковому дотику з ними в процесі роботи, у разі захоплення ними одягу, а також раптового їх руйнування.
- Пристосування для закріплення оброблюваних деталей, особливо кулачкові патрони. Вони представляють небезпеку як при випадковому до них дотику, так і у разі захоплення одягу виступаючими частинами в процесі роботи верстата.
- Оброблювана деталь. При сучасних режимах різання деталь може вириватися із закріплюючих пристроїв. Травма може бути також нанесена обробленою деталлю при її знятті з верстата уручну, без відповідних пристосувань.
- При порушенні заземлення робочий може бути уражений електричним струмом.
- Приводні і передавальні механізми верстатів, особливо ходові гвинти токарних верстатів, ремінні, ланцюгові і зубчаті передачі, які можуть завдати травми в процесі наладки, мастила і ремонту верстатів.
- Металева стружка. Стрічкова (зливна) стружка, що утворюється при

точінні і свердленні сталей, зачіпає частини верстата і, упираючись в підлогу, згортається в петлі, заплутуючись навколо різця, деталі, супорта, задньої бабці, важелів управління і інших частин верстата. Розплутування стружки викликає додаткові витрати часу, крім того робочий наражається на небезпеку поранення рук і особи. Стружка сколювання, що утворюється при точінні і фрезеруванні, а також крупні пилові частинки можуть травмувати очі робочому.

Основними шкідливими виробничими чинниками на проєктованій ділянці є:

- Шум верстатів, який ослабляє увагу робочих. Його значення не повинне перевищувати гранично допустимих норм, що регламентуються ГОСТ 12.1.003-85 «НБГ Шум. Загальні вимоги безпеки».
- Пил оброблюваних матеріалів. Запилена в зоні дихання верстатників повинна відповідати гранично допустимим нормам, передбачених ГОСТ 12.1.005-76 «ССБТ. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги».
- СОЖ. Унаслідок випаровування СОЖ відбувається забруднення зони дихання верстатників, їх одягу і відкритих частин тіла. Це є причиною специфічних захворювань робочих. СОЖ може надавати також дратівливу дію на слизисті оболонки верхніх дихальних шляхів.
- Недостатнє штучне освітлення робочої зони. Це приводить до перенапруження зору робочого і примушує наближатися його до зони обробки, що пов'язане з небезпекою травмування. Відповідно до ГОСТ 12.2.009-80 для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання слід приймати напругу не більше 24 В.

Для усунення і запобігання нещасним випадкам на ділянці необхідно строго дотримуватися заходів, що рекомендуються ГОСТ 12.2.003-74 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки» і ГОСТ 12.2.009-80 «СБТС. Верстати металообробні. Загальні вимоги безпеки».

ГОСТ вимагає:

- Передачі (ремінні, ланцюгові, зубчаті та інші), розташовані зовні корпуси верстата повинні бути захищені суцільними, з жалюзі або сітчастими укриттями залежно від необхідності спостереження за механізмом, що захищається. Передбачається забарвлення в сигнальні кольори рухомих складальних одиниць і пристроїв, що захищають.
- Органи управління верстатів необхідно забезпечувати фіксаторами, що виключають випадкове їх включення або переміщення рухомих органів, а також пояснюючими написами і символами.
- Пристрої (патрони, повідці і ін.), що обертаються, або гладкі зовнішні поверхні за наявності виступаючих частин або поглиблень повинні мати огорожі.

Для попередження порізів стрічковою стружкою необхідна зміна її форми в процесі різання шляхом того, що завиває в гвинтову спіраль або дроблення на окремі елементи. Щоб роздроблена стружка не потрапила в очі робочому необхідно використовувати захисні екрани і окуляри.

Для зниження кількості пилу, випаровувань СОЖ до гранично допустимих значень необхідно застосовувати пылеотсасывающие пристрої, які розташовуються над зоною різання і приєднуються до індивідуальних або групових вентиляційних установок.

Для поліпшення освітлення на робочих місцях необхідно передбачити комбіновану систему освітлення, яка поєднує загальне і місцеве освітлення. Конструкція кронштейна світильника місцевого освітлення повинна забезпечувати його фіксацію у всіх необхідних положеннях без додаткових операцій по його закріпленню. Підведення електричних проводів до світильника повинне здійснюватися усередині кронштейна. Конструкція вузлів і шарнірів кронштейна повинна виключати перекручення і перетерання проводів і попадання на них вживаних при обробці рідин.

Для зменшення рівня шуму необхідно:

- змащувати поверхні, що труть, в з'єднаннях, застосовувати

- балансування елементів, що обертаються, використовувати матеріали прокладок і інші вставки в з'єднаннях, щоб виключити або зменшити передачі коливань від однієї деталі або частини верстата до іншої;
- застосовувати облицювання стенів і стелі приміщення звукоізолюючими матеріалами, оскільки вони знижують рівень шуму поблизу джерела його виникнення на 2-3 дБ.

Г.2 Засоби захисту

Засоби захисту працюючих за характером їх застосування поділяються на дві категорії: колективні та індивідуальні.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи:

- нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць;
- нормалізації освітлення виробничих приміщень та робочих місць;
- засоби захисту від шуму, вібрації, інфрачервоних випромінювань, іонізуючих випромінювань, ультрафіолетових випромінювань, магнітних і електричних полів, випромінювання оптичних квантових генераторів, ураження електричним струмом, електростатичних зарядів, ультразвуку, електромагнітних випромінювань, від підвищених і знижених температур поверхонь обладнання, матеріалів, виробів, заготовок, від підвищених і знижених температур повітря робочої зони, від впливу механічних, хімічних, біологічних чинників.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи: ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння і інші аналогічні засоби, захисні дерматологічні засоби.

Всі вживані у виробництві захисні пристрої можна розділити на

наступні основні групи:

- охоронні;
- запобіжні;
- блокуючі;
- сигналізуючі;
- системи дистанційного керування; спеціальні пристрої (глушники шуму, вентиляція, освітлення, заземлення);
- індивідуальні захисні засоби.

Загальні вимоги до засобів захисту:

- створення оптимальних умов для трудової діяльності
- максимальне зниження небезпек і шкідливостей на робочих місцях, тобто високий рівень захисту;
- облік індивідуальних особливостей устаткування, пристосувань, інструменту, або технологічних процесів;
- надійність, міцність, зручність обслуговування машин та механізмів в цілому, включаючи засоби захисту, врахування рекомендацій технічної естетики.

Захисні пристрої – засоби захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону. Захисні пристрої: стаціонарні (незнімні); рухомі (знімні), переносні. Застосовуються для ізоляції систем привода машин, зон обробки деталей, зон інтенсивного випромінювання, виділення шкідливих речовин. Конструктивно вирішення цього питання залежить від різновиду устаткування, місця роботи працівника, специфіки шкідливих виробничих факторів, що супроводжують технологічний процес.

Стаціонарні огорожі демонтуються лише періодично (зміна робочого інструменту, мастило, перевірка контрольних вимірювань і т.д.). Вони виконуються так, що пропускають оброблювану деталь, але не пропускають руки робочого. Такі огорожі можуть бути повними, коли локалізується небезпечна зона разом із машиною, або частковою, коли ізолюється лише небезпечна частина машини. Прикладом повної огорожі є

огорожі розподільчих пристроїв електрообладнання, вентиляторів, корпуса електродвигунів, насосів.

Рухома огорожа закриває доступ в робочу зону при настанні небезпечного моменту (особливо поширено у верстатобудуванні).

Переносні огорожі використовуються при ремонтних і налагоджувальних роботах для захисту від випадкових дотиків до струмопровідних частин, а також від механічних травм і опіків. Крім того, їх застосовують на постійних робочих місцях зварювачів.

Огорожі виконуються у вигляді зварних і литих кожухів, ґрат, сіток, щитків, екранів, мотузок з прапорцями і т.д.

Запобіжні захисні засоби застосовуються для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра за межі допустимих значень. На установках, що працюють під тиском більше атмосферного, використовуються запобіжні клапани важеля, пружинного і мембранного типу. У разі утворення вибуху, пожежонебезпечних сумішей, при концентраціях 5-50% від вибухонебезпечної, спрацьовує аварійна вентиляція. При підвищеному тиску в ресиверах застосовують теплові реле, що вимикають двигун при збільшенні температури зрідженого повітря понад припустимого значення.

У електромагнітних плитах для закріплення оброблюваного матеріалу, підйому і перенесення різних виробів слід передбачити запасну проводку від запасного джерела живлення, обмежувачі руху, кінцеві вимикачі, гальмівні і утримуючі пристрої і т.д. Введення слабкої ланки полягає у внесенні до конструкції технологічного устаткування деталей і вузлів, розрахованих на руйнування (або неспрацьовування) при перевантаженнях (штифти, що зрізають, шпонки, фрикційні муфти, плавкі запобіжники в електроустановках, розривні мембрани і т.д.).

Блокуючі пристрої виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний чинник на час перебування людини в цій зоні (механічні, електричні, фотоелектричні, радіаційні,

гідравлічні, пневматичні, комбіновані).

Сигналізуючі пристрої – це засоби інформації про роботу технологічного устаткування, а також про небезпечні і шкідливі чинники, які при цьому виникають. За призначенням системи сигналізації діляться на оперативні; попереджуючі; пізнавальні. За способом інформації: звукові; візуальні; комбіновані; одоризаційні (по запаху, в газовому господарстві).

До сигналізуючих пристроїв візуальної інформації можна віднести опізнавальне забарвлення трубопроводів, електропроводів і знаки безпеки.

Знаки безпеки широко застосовуються практично у всіх сферах діяльності, на транспорті, наприклад:

- що забороняють (крізний проїзд заборонений, не вмикати - працюють люди);
- застережливі (стій – напруга, не влізай – уб'є, небезпечний поворот);
- що вирішують (працювати тут);
- вказівні (заземлено).

Г.3 Розрахунок повітряно-теплової завіси дільниці

Розрахунок повітряної завіси зводиться до визначення необхідної витрати повітря, по якому розраховується перетин повітрепроводу й підбирається вентилятор. Для повітряно-теплових завіс додатково до цього необхідно підрахувати витрату тепла й підібрати калорифер [28].

Для боротьби з холодним повітрям у зовнішніх воріт і дверей улаштовують повітряно-теплову завісу. Принцип дії полягає в тому, що повітря, що забирається вентилятором з повітряної верхньої зони приміщення, з великою швидкістю випускається із щілин назовні під певним кутом до площини воріт, створюючи перешкоду до надходження зовнішнього повітря в приміщення. Якщо повітря, що подається в щілині, попередньо підігрівається, то завіса називається повітряно-тепловий, а при

подачі повітря без підігріву - повітряної. Залежно від розташування завіс стосовно периметра воріт. Вони бувають нижні, а також бічні - двосторонні.

По кількості повітря, що витрачається, нижні завіси ефективніше й більш економічні порівняно з бічними, але складніше в експлуатації, тому що часто засмічуються.

Вихідні дані

Дільниця має світловий ліхтар з одинарними металевими рамами, у яких загальна довжина притворів становить 600 мм. Вона - з подвійними дерев'яними рамами; загальна довжина притворів дверей 30 м. Відстань між центрами воріт і стулок ліхтаря 6 м.

Температура в робочій зоні $t_{pz}=+16^{\circ}$, у верхній $t_6=+18^{\circ}$, у нижній $t_n=+22^{\circ}$.

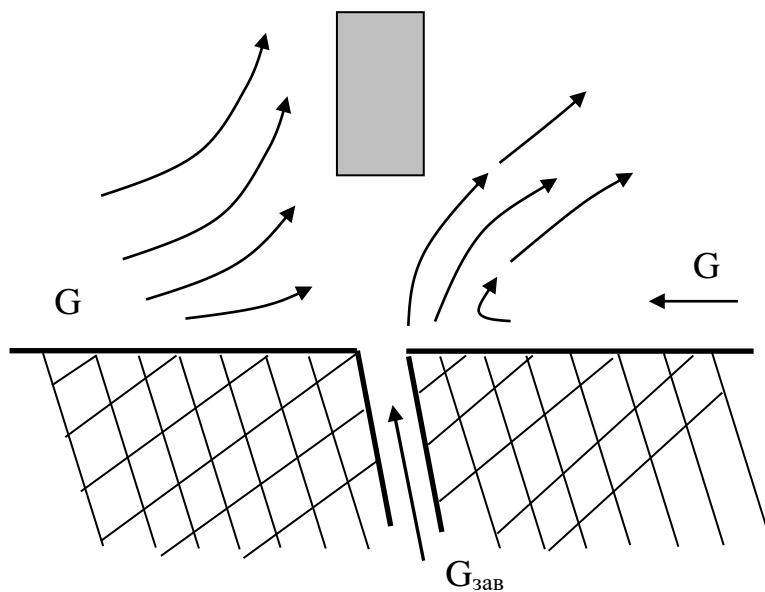


Рисунок Г.1 – Схема розподілу повітряних потоків при завісі з нижньою подачею повітря.

Розрахувати повітряно-теплову завісу з нижньою подачею повітря для воріт з розмірами: $H=3$ м і $B=4$ м, з урахуванням того, що ворота перебувають далеко від робочих місць (Схема завіси з нижньою подачею повітря наведена на рисунку Г.1).

Завіса захищена від дії вітру [19], [22].

Для розрахунку беремо середню температуру в цеху - $t_{cp}=+17^{\circ}$.

Кут (α) випуску повітря із щілин для воріт захищених від вітру приймаємо $\alpha=45^{\circ}$.

Відношення кількості повітря (q), що подається в завісу, до загальної кількості повітря, що проходить через ворота: раціонально - $q=0,6\div 1$, приймаємо $q=1$.

Ширина щілин $b=125$ мм.

Знаходимо відношення ширини щілини до висоти воріт:

$$\frac{Bb}{BH} = \frac{0,125}{3} = \frac{1}{24} \quad (\text{Г.1})$$

З таблиці вибираємо $\mu=0,208$ по інтерполяції. Так як рами подвійні дерев'яні, з огляду на це через щілини дверей і вікон проходять приплив, а через щілини ліхтаря - витяжка.

Знаходимо площу припливу:

$$F_{пр} = 500 \cdot 0,002 \cdot 60 \cdot 0,01 = 2,6 \text{ м}^2$$

Площа витяжки:

$$F_{выт} = 600 \cdot 0,004 = 2,4 \text{ м}^2$$

Висота розташування нейтральної зони з урахуванням $F_{пр}$ і $F_{выт}$:

$$h_n = \frac{h}{\left[\frac{F_{\epsilon}}{F_{выт}} (1-q) + \frac{F_{пр}}{F_{выт}} \right]^2 \cdot \frac{\gamma_n}{\gamma_{\epsilon}} + 1}}, \quad (\text{Г.2})$$

де: h – висота між центрами воріт і стулок ліхтаря;

F_{ϵ} – площа воріт, м^2 ;

$\gamma_{\epsilon}=1,217 \text{ кг/м}^3$ } об'ємні (питомі) частки зовнішнього
 $\gamma_n=1,407 \text{ кг/м}^3$ } і внутрішнє повітря.

Так як $q=1$, то

$$h_H = \frac{6}{\left(\frac{2,6}{2,8}\right)^2 \cdot \frac{1,407}{1,217} + 1} = 2,54 \text{ м.}$$

$h_H = \frac{H}{2}$, тому ворота по всій висоті “працюють на приплив”.

$$t_{cm} = 16 - 7 \cdot 1,4 = 6^\circ$$

де t_{cm} – температура змішаного повітря,

t_{cm} – буде значно нижче t_6 .

Відношення температури в приміщенні поблизу воріт, захищених повітряною завісою від повітря в робочій зоні допускаються до 7° , якщо в цьому приміщенні незначні тепловиділення й робочі місця у воріт відсутні, при добудові нижньої завіси, що прикриває проріз на висоту більше 2 м, це відхилення може бути збільшене в 1,3...1,4 рази.

Кількість приточного повітря:

$$G_{np} = F_g \mu \sqrt{2qh_n(\gamma_n - \gamma_6)\gamma_{cm}} \quad (\text{кг/сек}), \quad (\text{Г.3})$$

де $\gamma_{cm} = 1,265 \text{ кг/м}^3$; $F_g = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м}^2$;

Таким чином

$$G_{np} = 12 \cdot 0,208 \sqrt{19,62 \cdot 2,54(1,467 - 1,217) \cdot 1,265} = 8,6 \quad (\text{кг/сек}),$$

Кількість повітря для завіси:

$$G_{зав} = q \cdot G_{np} = 8,6 \quad (\text{кг/м}^3). \quad (\text{Г.4})$$

При подачі повітря з верхньої зони без підігріву $t_{зав} = 18^\circ$.

Для висоти воріт $H = 3 \text{ м}$; $\alpha = 45^\circ$; $a = 0,15^\circ$; $b = 0,125 \text{ м}$.

$$S = 3,33 \text{ м}; \beta = 3,38; t_{cm} = 3,666^\circ,$$

$$t_{cm} = \frac{t_n + t_{cp}}{2} \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) + \frac{t_{зав}}{\beta}, \quad (\text{Г.5})$$

де t_{cp} – середня температура;

β – відношення суми кількості повітря для завіси $G_{зав}$ і зовнішнього G_H повітря, що піднімається до нього, до компонента повітря для завіси $G_{зав}$:

$$\beta = \frac{G_n + G_b + G_{зав}}{G_{зав}}; G_n = G_b \quad (\Gamma.6)$$

тому

$$\beta = \frac{2G_b + G_{зав}}{G_{зав}}, \quad (\Gamma.7)$$

де a – коефіцієнт турбулентності для повітревипускної щілини. При співвідношенні ґрат $1:5a=0,15$.

$$S = \frac{0,01745H\alpha}{\sin \alpha} (м) \quad (\Gamma.8)$$

Якщо тривалість відкривання воріт більше 3 хв, то буде потрібно пристрій для підігріву повітря, що подається завісою.

Температура підігріву повітря:

$$t_{зав} = 6 \cdot 3,38 \cdot \frac{22+17}{2} (3,38+1) = 26,2^\circ$$

Витрата тепла на підігрів повітря при підборі калорифера для завіси:

$$Q = 3600 \cdot 8,6 \cdot 0,24(26,2 - 18) = 61000 \text{ ккал/година.}$$

Теплоносій – пара тиском $p=2,5 \text{ кг/см}^2$ [21].

Вихід тепла на нагрівання повітря: $G = 8,6 \cdot 3600 = 30960 \text{ кг/ч.}$

Приймаємо вагову швидкість: $V\gamma = 8 \text{ кг/сек} \cdot \text{м}^2$.

Площа живого перетину калориферної установки:

$$f_k = \frac{G}{3600v\gamma} = \frac{30950}{3600 \cdot 8} = 1,075 \text{ см}^3$$

K – коефіцієнт теплопередачі при ваговій швидкості $8 \text{ кг/сек} \cdot \text{м}^3$ (по табл.)

$$K=24 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град.}$$

При $p=2,5 \text{ кг/м}^2$ температура пари дорівнює $t_{пара}=138,15^\circ$, отже, $t_{ср1}=138,15^\circ$; $t_{ср2}=(18-22)/2=-2^\circ$.

Необхідна поверхня нагрівання калориферів:

$$F = \frac{61000}{24(138,15+2)} = \frac{61000}{3763,6} = 18,13 \text{ м}^2.$$

Вибираємо калорифер моделі КФС-8, вага=139,7 кг, глибина 200 мм, ширина 720 мм, висота 1010 мм.

Таким чином, на підставі виконаних розрахунків обране обладнання для повітряно-теплової завіси, що дозволяє забезпечити на спроектованій ділянці параметри повітряного середовища (температура, рухливість повітря), у тому числі, і в зимовий період, що відповідають вимогам ДСТ 12.1. 005-88 «ССТБ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».