

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Сумський державний університет
другий (магістерський)
(освітній рівень)
**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

на тему **Удосконалення технологічного процесу виготовлення
секції НВП 122.10.155-03 шляхом оптимізації режимів різання на
свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях**

Виконав: студент II курсу, групи ТМм-72
напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Сніжко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Денисенко Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Суми – 2018

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній рівень другий (магістерський)
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Залога В. О.

« » 20 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Сніжко Владислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу
виготовлення секції НВП 122.10.155-03 шляхом оптимізації режимів різання на
свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях
керівник проекту Денисенко Юлія Олександрівна, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «19» листопада 2018 року №2453-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «11» грудня 2018 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

- Креслення деталі «Секція».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталі секція.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Виконати аналіз службового призначення деталі секція та технології її

оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі секція.
3. Виконати оптимізацію режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях при обробці деталі секція.
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	завдання прийняв
ОП та БВНС	Фалько В.В. ст. викладач кафедри ПЕК		

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2018	Виконано
2	1. Виконати аналіз службового призначення деталі секція та технології її оброблення.	10.09.2018	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі секція.	15.10.2018	Виконано
4	3. Виконати оптимізацію режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях при обробці деталі секція.	27.11.2018	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	03.12.2018	Виконано
6	Висновки.	11.12.2018	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2018	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2018	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Сніжко В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Денисенко Ю.О.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 119 сторінках, включає 14 рисунків, 16 таблиць, бібліографії із 56 джерел.

Світові виробники різальних інструментів усе частіше підвищують експлуатаційні показники своєї продукції, що виражається у збільшенні параметрів режиму різання. Режим різання, що розрахований за традиційною методикою, яка основана на послідовному визначенні глибини різання, подачі та швидкості різання, не може бути оптимальним, тому що він розрахований в основному для максимального використання тільки різальних властивостей інструменту. Особливо це стосується вістового інструменту із цільного твердого сплаву, адже він є дороговартісним і має використовуватись максимально ефективно, а отже розроблення методики оптимізації режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях є актуальною задачею.

Метою цієї роботи є удосконалення методики оптимізації режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях.

Об'єкт дослідження: свердлильно-фрезерно-розточувальні операції обробки деталі секція.

Предмет дослідження: режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях обробки деталі секція.

Наукова новизна: полягає у розробленні методики порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях. Встановлено оптимальні режими різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях обробки деталі секція, а також запропоновано залежності для їх розрахунку.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СЕКЦІЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ, ВЕРСТАТНІ ПРИСТРОЇ, РЕЖИМ РІЗАННЯ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 119 страницах, включает 14 рисунков, 16 таблиц, библиографии из 56 источников.

Мировые производители режущих инструментов все чаще повышают эксплуатационные показатели своей продукции, которое выражается в увеличении параметров режима резания. Режим резания, основанный на последовательном определении глубины резания, подачи и скорости резания, не может быть оптимальным, так как он рассчитан в основном для максимального использования только режущих свойств инструмента. Особенно это касается режущего инструмента из цельного твердосплавного сплава, ведь он дорогостоящий и должен использоваться максимально эффективно, а значит разработка методики оптимизации режимов резания на сверлильно-фрезерно-расточных операциях является актуальной задачей.

Целью этой работы является совершенствование методики оптимизации режимов резания на сверлильно-фрезерно-расточных операциях.

Объект исследования: сверлильно-фрезерно-расточные операции обработки деталей секция.

Предмет исследования: режимы резания на сверлильно-фрезерно-расточной операциях обработки деталей секция.

Научная новизна: состоит в разработке методики порядка расчета параметров режима обработки для конкретного перехода и приведения их значений к максимально приближенному по критерию оптимальности на сверлильно-фрезерно-расточной операциях. Установлен оптимальный режим резания на сверлильно-фрезерно-расточной операциях обработки деталей секция, а также предложены зависимости для их расчета.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СЕКЦИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ, СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ, СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ.

ABSTRACT

The explanatory note was made on 119 pages, includes 14 figures, 16 tables, bibliographies from 56 sources.

Flat face grinding has the best indicators in terms of the roughness of the treated surface, as well as its macrogeometry. As it is known, the feature of grinding processes is a high level of temperatures in the cutting zone, which negatively affects the quality of processing and requires limiting the modes (reduction in productivity) of processing, therefore improving the flat face grinding process by controlling the parameters of the contact surface area circle with detail is an actual task.

The purpose of this work is to improve the process of flat face grinding by controlling the parameters of the zone of contact of the cutting surface of the wheel with the part.

Object of study: the process of flat face grinding of various materials with diamond-abrasive wheels.

Subject of research: the management of parameters of the zone of contact diamond-abrasive wheels with the detail.

Scientific novelty: scientifically based recommendations have been developed for improving the grinding process on machines with both vertical and horizontal spindles. Geometric features of the wheel contact with the part are established under the conditions of a flat face grinding process with a preliminary inclination of the spindle rotation axis, and factors that influence the value of physical and technological parameters of the contact zone of the wheel with the part are determined, and dependencies for their calculation are proposed.

TECHNOLOGICAL PROCESS, BODY, GRINDING CIRCLES, FIXTURE, CUTTING CONDITIONS.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

« ____ » _____ 20__ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ СЕКЦІЇ НВП 122.10.155-03 ШЛЯХОМ
ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА
СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ**

Сумський державний університет
Кафедра Технологія машинобудування,
Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність **131 Прикладна механіка (Технологія машинобудування)**

Студент

В.В. Сніжко

Керівник

Ю.О. Денисенко

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В.В. Фалько

Нормоконтроль

О.В. Івченко

Суми – 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	12
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва	17
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	18
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу	23
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	25
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	28
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	28
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	29
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	33
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів.....	35
2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	41
2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	47
2.7 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	49
2.8 Розрахунок режимів різання	50
2.9 Технічне нормування операцій.....	58
2.10 Проектування верстатного пристрою	61

2.11 Висновки	70
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	72
3.1 Статистичний огляд характеристик сучасних металорізальних верстатів	72
3.2 Сучасний стан досліджень в області оптимізації режимів різання	74
3.3 Поняття про оптимальний режим різання	78
3.4 Оптимізація режимів різання при свердлінні	79
3.5 Оптимізація режимів різання при фрезеруванні	86
3.6 Висновки	91
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	92
4.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Секція»	92
4.2. Розрахунок повітря робочої зони, розрахунок загальнообмінної вентиляції	98
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	104
4.4 Висновок	107
ВИСНОВКИ	108
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	110
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ СЕКЦІЯ	115
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ	116
ДОДАТОК В СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ	117
ДОДАТОК Г ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ СЕКЦІЯ	119

ВСТУП

Актуальність теми. У даний час, в умовах швидкого впровадження інноваційних технологій у машинобудуванні, використання металорізального обладнання, яке відповідає сучасним стандартам, є невід'ємною частиною кожного машинобудівного підприємства. Рациональний вибір верстатів та їх ефективне використання дозволяє випускати конкурентоспроможну продукцію.

Режими різання – це сукупність значень швидкості різання, подачі чи швидкості руху подачі та глибини різання. Від режимів різання залежить час обробки, якість обробленої поверхні, стійкість інструменту, необхідна потужність, а також інші супутні фактори.

Режими вираховуються за формулами аналітичним або табличним методами. Сучасні виробники різального інструменту у каталогах до своєї продукції надають рекомендаційні режими, але вони також мають бути скориговані у відповідності до конкретних умов обробки і умов організації виробництва.

При виборі режимів різання на основі емпіричних формул також не представляється можливим виявити залежності між безліччю факторів, що впливають, таких як вібрація, охолодження змащувально-охолоджувальними рідинами, геометричні форми ріжучих пластин і т.д. У зв'язку з цим розрахунок режимів різання за емпіричними формулами був прийнятний і досить ефективний для обмеженої номенклатури металорізальних верстатів та обмеженої номенклатури матеріалів ріжучих інструментів і оброблюваних матеріалів, а отже оптимізація режимів різання являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення секції НВП 122.10.155-03 шляхом оптимізації режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення секції.

Предмет дослідження – свердлильно-фрезерно-розточувальні операції обробки деталі секція.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування, теорії різання та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточувними пластинами. Для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось програмне середовище КОМПАС – 3D, а для оптимізації режимів різання пакет Microsoft Excel.

Наукова новизна: полягає у розробленні методики порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях. Встановлено оптимальні режими різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях обробки деталі секція, а також запропоновано залежності для їх розрахунку.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в застосуванні методики порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу з максимальним наближенням до критерію оптимальності на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях, що дозволить підвищити продуктивність оброблення та ефективність технологічного процесу в цілому.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 119 сторінок, у тому числі 14 рисунків, 16 таблиць, бібліографії із 56 джерел на п'яти сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Живильні насоси призначені для подачі чистої води в котел. Вони забезпечують подачу води в барабанні або прямоточні парові котли, що працюють на дровах, вугіллі, дизельному паливі. Насос ПЕ рекомендується для агрегатів, тиск пари в яких становить не більше 6,2 МПа.

Живильні насоси ПЭ 270-150-3М-С УХЛ4 (табл. 1.1) призначені для живлення парогенераторів середнього та високого тиску живильною водою з температурою не більше 438К (165 °С), водневим показником рН 7 ... 9,5, вмістом твердих часток не більше 5 мг/л, розміром не більше 0,1 мм, а також інших нейтральних рідин схожих з живильною водою за в'язкістю та хімічної активності.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Числове значення
Подача	м ³	270
Напір	м	1650
Частота обертання	Об/мин	2973
Потужність	кВт	1445
ККД	%	76
Допустимий кавітаційний запас	м	11

Конструкція насоса типу ЦНС розроблена з урахуванням створення на одній корпусних базі насосів з напорами 1900, 1775, 1650, 1525, 1422, 1250, 1125, 1050 метрів шляхом зміни кількості щаблів.

Насос типу ЦНС – відцентровий, горизонтальний секційний, однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс, підшипниками ковзанні, автоматичним розвантажувальним пристроєм і кінцевими ущільненнями валу торцевими або сальниковими.

Для розвантаження осьових сил, що виникають при роботі насоса, служить автоматичне розвантажувальний пристрій (гідроп'ята). Робоча пара гідроп'ят являє собою роторне і статорне кільця з релітовим наплавленням, які можна змінювати в процесі експлуатації.

Для контролю осьового переміщення ротора (при зносі деталей (гідроп'ят) передбачений датчик осьового переміщення.

Ущільнення валу в місці виходу його з насоса здійснюється ущільненням торця.

У конструкції торцевого ущільнення передбачена промивка його від кристалів солей, що утворюються при роботі насоса, а так же стоянці. Підведення для промивання ущільнення виробляється з штатного переказного трубопроводу. Рекомендований регламент промивання торцевого ущільнення - 2 рази на зміну.

Насос складається з корпусних та роторної частин.

Насоси та агрегати виготовляються в загальнопромисловому виконанні і можуть встановлюватися в приміщеннях класу вибухонебезпечної зони В-1 у відповідності з ПУЕ та ВСН-8-73 (наявність сірководню в зоні гранично допустимої концентрації).

Вхідний патрубок і напірний патрубок - спрямовані вертикально вгору. У уникнення перетікання води по валу, є щільний металевий контакт в стиках. У секціях по посадці посаджені направляючі апарати. Від проворота направляючі апарати стопоряться в секціях.

Ротор насоса складається з робочих коліс, посаджених на вал по посадці на шпонки, захисних втулок, гільз, і інших деталей збираються на валу. Для запобігання попадання масла до підшипників, передбачені колеса маслоотбойние на валу. Опорами ротора служать підшипники ковзання.

Насос не може працювати в лужних умовах. Експлуатуватися агрегат повинен в закритих приміщеннях, встановлюватися в горизонтальній площині без вібрацій, закріплюватися на настановної поверхні.

Корпус насоса розроблений і повинен бути виготовлений відповідно до ПНАЕГ-7-008-89, «Правила будови і безпечної експлуатації обладнання і трубо-

проводів атомних енергетичних установах», які забезпечують необхідну роботу агрегату.

Вал ротора насоса ущільнюється механічним ущільненням торця. Розвантаження осевих сил здійснюється за допомогою гідравлічної п'яти. Напрямок обертання ротора насоса - праве (за годинниковою стрілкою) якщо дивитися з боку приводного кінця вала, і зазначено стрілкою на вхідній кришці. В якості приводу насоса використовується асинхронний двигун типу 4AM225M2У3. Насос з електродвигуном з'єднується за допомогою пластинчастої напівмуфти.

Комплектно з агрегатом поставляються конструкторські прилади зокрема , манометр і манометр - вакуумметр для контролю тиску на вході і виході з насоса.

До живильних насосів пред'являється ряд специфічних вимог:

- конструкція насоса повинна мати зовнішню і внутрішню герметичність і допускати температурне розширення при змінній температурі рідини, що перекачується;
- насос повинен бути динамічно стійким у всьому діапазоні робочих режимів;
- насоси повинні працювати надійно і тривало (не менше 10 тис. год) без помітного зниження параметрів і заміни основних деталей і вузлів;
- для стійкої роботи в системі, особливо при паралельному включенні в систему, насоси повинні мати стабільну форму напірної характеристики в інтервалі подач від 30% до номінальної з крутизною не більше 30%;
- для запобігання зворотного обертання і недопустимого нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

Для живильних насосів застосовується електро-і турбопривод. У вітчизняній та зарубіжній енергетиці трубопривод отримав переважне застосування для потужних живильних насосів ($N > 8$ тис. кВт).

Специфічні вимоги щодо роботи живильних насосів:

Насоси з подачею $0,105 \text{ м}^3/\text{с}$ і вище можуть наводитися в обертання через гідромуфту. Насоси з такими подачами повинні допускати відбір води від промі-

жної щаблі до 10% номінальної подачі з тиском 3,9÷7,4 МПа при роботі в номінальному режимі. На недогрузочних режимах допускається підвищення тиску відбору на 18÷30% номінального.

Живильні насоси подають воду в барабанні і прямоточні стаціонарні парові котли з тиском пари 3,9 (40): 9,8 (100), 13,7 (140) та 25 МПа (255). Тиск пари робить істотний вплив на конструктивну схему живильного насоса.

Вузол «Комплект секцій КС НВП 122.10.155-00» є однією з основних складових насоса. Секція, в сукупності з напрямним апаратом і кільцями ущільнювачів, служить для відводу, робочої рідини, в наступний ступень насоса.

На рисунку 1.1 зображена деталь «Секція» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ поверхні
Виконавчі	27,30,33,20
Основні конструкторські бази	1,23,35
Допоміжні конструкторські бази	4,9,10,13,22,32,34
Вільні	2,3,5,6,7,8,11,12,14,15,16,17,18,19,21,24,25,26,27,29,31

Поверхні 27,30,33,20 є виконавчими, з їх допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме ці поверхні є базовими для направляючого апарату і кільця ущільнювача.

Поверхні 1,23,35 є базовими, ці поверхні з'єднуються з секцією попереднього ступеня і визначаючи положення самої деталі у вузлі.

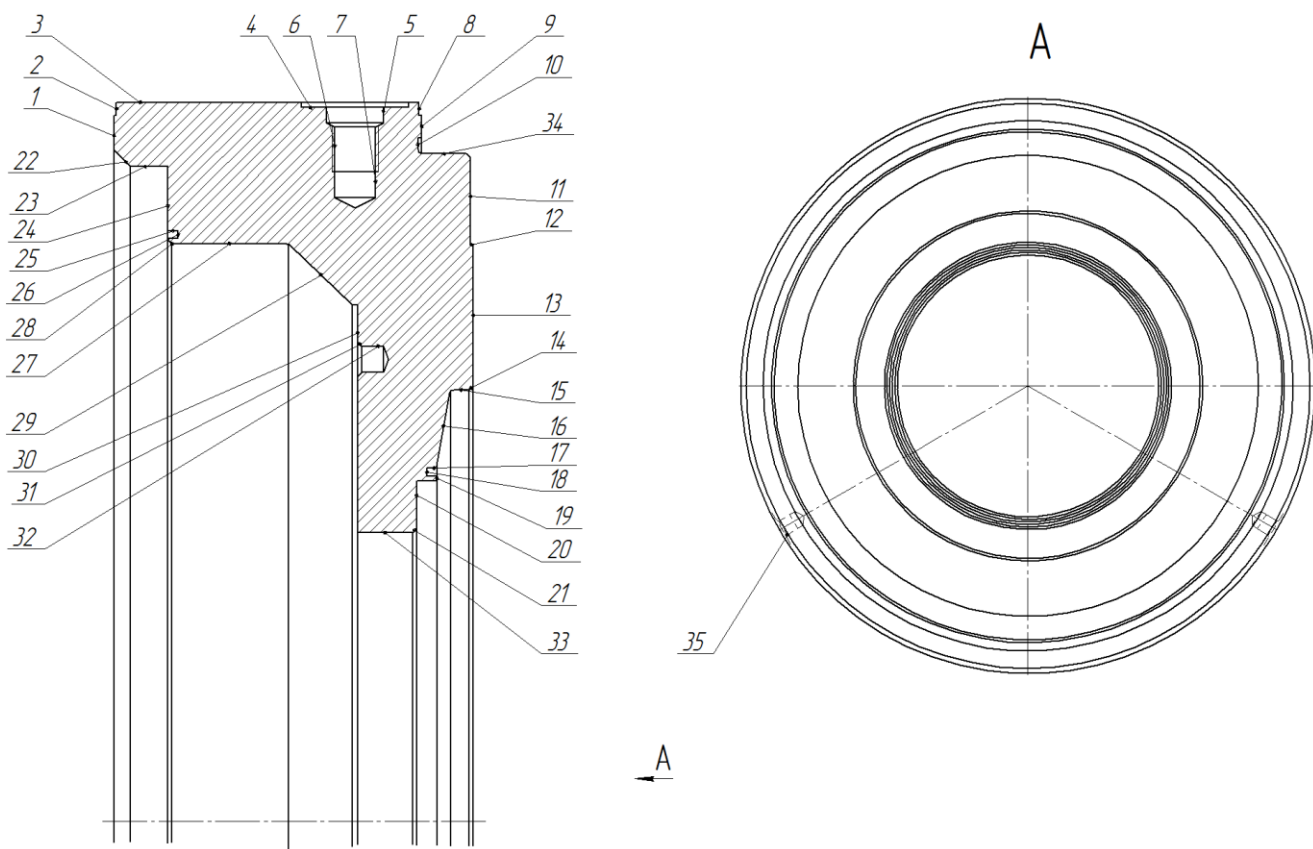


Рисунок 1.1 – Нумерація поверхонь секції
 Сумський державний університет
 Розглянемо базування деталі у виробі (рис. 1.2).

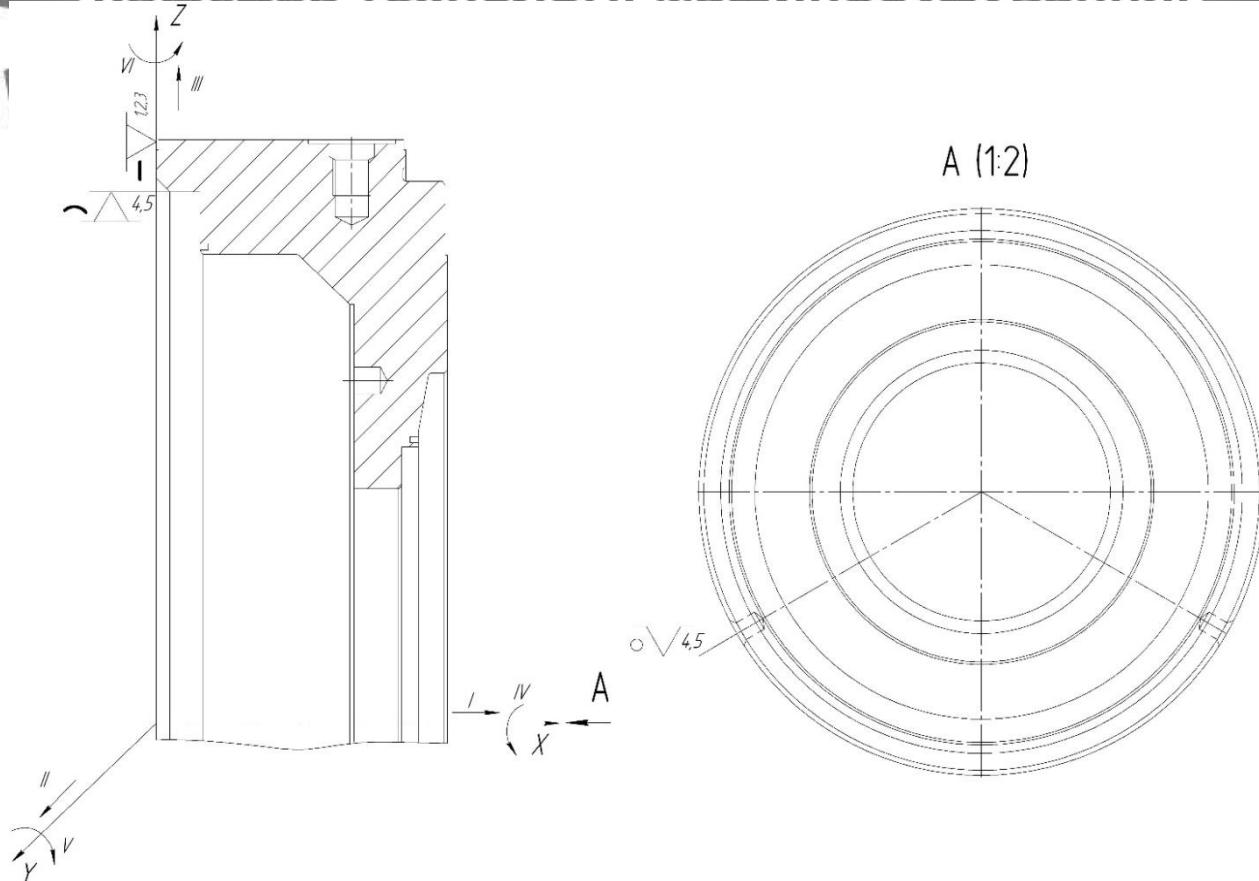
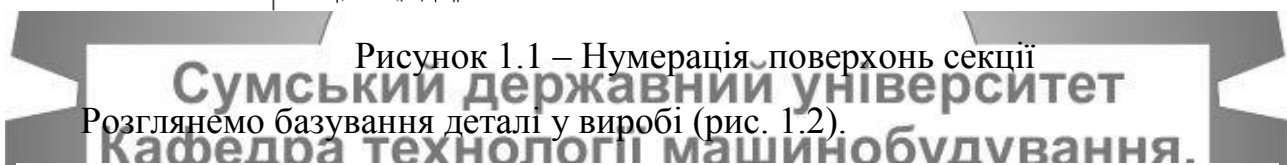


Рисунок 1.2 – Схема базування деталі

Поверхні 4 – допоміжна конструкторська база, по ній базується кришка, яка запобігає потраплянню пилу та вологи, в різьбове з'єднання.

Поверхні 9,34 – допоміжні конструкторські бази, поверхні є базовими для секції наступному ступені.

Поверхня 10,22 – допоміжні конструкторські бази, поверхні є базовою для ущільнювального кільця, який забезпечує додаткову герметичність при посадці двох секцій.

Поверхня 13 – допоміжна конструкторська база, поверхня є базовою для направляючого апарату наступному ступені.

Поверхня 32 – допоміжна конструкторська база, поверхня є базовою для штифта, який оберігає, в процесі роботи, направляючий апарат від проворота.

Поверхні 2,8 – вільні поверхні, призначені для запобігання запресовки секцій між собою.

Поверхня 3 – вільна поверхня, зовнішня циліндрична щабель секції.

Поверхня 5 – вільна поверхня, отвір яке залишає простір для того що б можна було закрутити рим- болт.

Поверхня 6 – вільна поверхня, різьбове з'єднання до якого, при транспортуванні або монтажі секції, приєднується рим-болт.

Поверхня 7 – вільна поверхня, що утворилася при свердління отвору, для нарізування різьблення.

Поверхні 11, 12 – вільні поверхні, призначені для запобігання запресовки секцій в процесі роботи насоса.

Поверхні 14, 21, 28, 31 – вільні поверхні, фаски призначені для полегшення складання і видалення гострих кромки небезпечних для людини.

Поверхні 15, 16 - вільні поверхні, по них протікає робоча рідина в секцію наступному ступені.

Поверхні 17, 18 – вільна поверхня, ці поверхні утворюють канавку, при відгинання якої, вона фіксує кільце ущільнювача.

Поверхня 29 – вільна поверхня, виконана з конструктивних міркувань, що забезпечує достатню міцність, жорсткість та інші параметри деталі.

Секція необхідна для направлення, передачі потоку перекачуемого середовища від робочого колеса через апарат зворотній направляючий до колеса наступної ступені. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при температурі робочого середовища від 10 до 165°C з впливом агресивного перекачуемого середовищем, динамічними вібраціями і тиском.

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення-технологічних завдань щодо її виготовлення

Згідно креслення секцію необхідно виготовляти із сталі 20X13 ГОСТ 5632-72. Сталь 20X13 призначено для роботи в корозійно-активних середовищах і при високих температурах (згідно ГОСТ 5632-72). Сталь 20X13 застосовується для виробів які повинні володіти достатньо високою міцністю і одночасно достатнім запасом пластичності і ударної в'язкості. Її використовують також як жароміцний матеріал при температурах до 450-550 °С. Хімічний склад даної марки сталі приведений у таблиці 1.3, а дані про механічні властивості у таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 20X13 ГОСТ 5632-88

Хімічний елемент	%
Кремній (Si) , не більше	0,8
Мідь (Cu), не більше	0,30
Марганець (Mn), не більше	0,8
Нікель (Ni), не більше	0,6
Титан (Ti), не більше	0,2
Фосфор (P), не більше	0,030
Хром (Cr)	12,0-14,0
Сірка (S), не більше	0,025

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 20X13 ГОСТ 25054-81

Термообробка, стан поставки	Перетин, мм	$U_{0,2}$, МПа	U_{ν} , МПа	Δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²
Поковки. Загартування 1000÷1050 °С, повітря або масло. Відпуск 660÷770 °С, повітря.	1000	41	588	14	40	39

Технічні вимоги які конструктор пред'являє до деталі:

– поковка Гр III НВ197 - 248 ГОСТ 25034-81. Даним вимогою конструктор обумовлює отримання заготовки, а саме поковка третьої групи по ГОСТ 25034-81. Згідно ГОСТ кожна заготовка партії піддається 100 % контролю на твердість. Твердість заготовки повинна відповідати НВ 197÷248, що досягається загартуванням заготовки з наступним відпуском. В цілому пред'являється вимога у виготовленні заготовки куванням, з вимогами по III групі обумовлює її відповідальність, середньо навантажені умови експлуатації;

– сталь 20X13 – корозійно стійка, жароміцна. Обгрунтованість вибору матеріалу в тому що він забезпечують потрібну жароміцність і корозійну стійкість, так як деталь працює при температурах близько 165 °С і контактувати з робочою рідиною, при цьому повинна зберігати свої механічні властивості. Застосування матеріалу з нижчими показниками механічних властивостей не доцільно так як це може призвести до зниження характеристик деталі, що в свою чергу призведе до швидшого зносу робочих поверхонь деталі;

– * Розмір для довідок. Дані розміри є невідповідальними або складальними, його величина досягається на складальній операції і вказується в якості додаткової інформації для зручності.

– ** Розмір забезпечити інструментом. Дана вимога в якійсь мірі дозволяє спростити вимоги креслення і означає, що допуск на розмір повинен бути витриманий за рахунок інструменту;

– не вказані граничні відхилення розмірів: Н14, h14, ± IT14/2. Ці розміри не вимагають точної обробки, так як для них точність лімітується необхідністю

обмежити витрати матеріалу і не допустити збільшення маси деталі. Досягнення більш високого квалітету точності вимагає часу на виконання обробки, викликає знос інструменту і повинно виконуватися більш кваліфікованим працівником, все це економічно не вигідним для підприємства, тому вільні розміри обробляються тільки при чорновій операції;

- маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа ударним способом шрифтом 5 - Пр3 ГОСТ 26.020-80. Маркується на поверхні, тому що деталь відповідальна і щоб при збірці насоса не сплутати секцію з іншими, подібними за конфігурацією, деталями;

- таврувати знак ОТК. Після контролю всіх розмірів і вимог креслення, контролер таврує знак якості, який є гарантією відповідності розмірів і якості поверхонь деталі вимогам креслення. І засвідчує що виріб готовий до складання.

Вимоги, що пред'являються конструктором до деталі:

- отвір $\varnothing 510\text{H}7 \times 21$, торець $\varnothing 550/\varnothing 510\text{H}7$ з шорсткістю $Ra\ 1,6$ мкм і допуском на радіальне биття $0,02$ мм. Жорсткі вимоги до цих поверхонь обумовлено тим, що за ними деталь базується в насосі. Якщо погіршити вимоги, то це може призвести до зміщення деталі від осі насоса, через це з'являться непотрібні зазори (через перекіс секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрацій (при роботі насоса), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насоса;

- торець $\varnothing 510\text{H}7/\varnothing 450\text{H}7$ з шорсткістю $Ra\ 6,3$ мкм. Цю поверхню можна виконати з шорсткістю $Ra\ 12,5$ мкм, так як ця поверхня вільна і не є відповідальною;

- торцева канавка 3×4 на відстань 2 від $\varnothing 450\text{H}7$ з шорсткістю $Ra\ 12,5$ мкм. Канавка призначена для відгинання і фіксації направляючого апарату. Канавка виконана з мінімальними вимогами, поліпшення вимог економічно не вигідно;

– отвір $\text{Ø}450\text{H}7\text{x}47$, торець $\text{Ø}402 \text{ Ø} 255\text{H}7$ з шорсткістю Ra 1,6 мкм і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Поверхні є допоміжною конструкторською базою для направляючого апарату. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталей. Не дотримуючись вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу;

– торцева канавка з $\text{Ø} 402\text{x}1$ виконана з 14 квалітетом і шорсткістю Ra 12,5 мкм. Призначена для полегшення збірки. Покращення вимог економічно не вигідно;

– отвір $\text{Ø}10\text{x}10$ на відстань R180 від осі виконано з 14 квалітетом і шорсткістю Ra 12,5 мкм. Призначений для штифта, який з'єднує секцію і направляючий апарат. Якщо не виконувати цей отвір, то в процесі роботи можливий проворот направляючого апарату, а поліпшення вимог економічно не вигідно;

– отвір $\text{Ø} 255\text{H}7\text{x}24$ з шорсткістю Ra 1,6 мкм, торець $\text{Ø}265\text{H}12/255\text{H}7$ з шорсткістю Ra 1,6 мкм і допуском на радіальне биття 0,02 мм і отвір $\text{Ø}265\text{H}12$ з шорсткістю Ra 3,2 мкм. Поверхні є допоміжною базою для ущільнювального кільця. Вимоги до розмірів повинні забезпечити щільне прилягання ущільнювального кільця до секції. Зменшення вимог до розміром призведе до потрапляння робочої рідини в порожнину наступної секції обходячи робоче колесо що призведе до зменшення ККД насоса;

– торцева канавка $3\text{x}4$ на відстань 2 від $\text{Ø}265\text{H}12$ з шорсткістю Ra 12,5 мкм. Канавка призначена для відгинання і фіксації ущільнювального кільця. Канавка виконана з мінімальними вимогами, поліпшення вимог економічно не вигідно;

– торець $280/265\text{H}12$, конус 10° з $\text{Ø}280$ до $\text{Ø}336\text{H}11$, R2 і отвір $\text{Ø}336\text{H}11$ з шорсткістю Ra 3,2 мкм. Виконано з конструктивних міркувань, поверхня контак-

тують з робочою рідиною, розміри виконані з розрахунком що б не було завихрень і концентрацій напруги;

– торець $\text{Ø}336\text{H}11/\text{Ø}449$ виконаний з шорсткістю Ra 1,6 мкм і допуском на радіальне биття 0,03 мм. Поверхня є допоміжною конструкторською для направляючий апарат, розташований в наступному ступені. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталі. Не дотримуючись вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу;

– торець $\text{Ø}510\text{js}6/\text{Ø}449$ з шорсткістю Ra 12,5 мкм. Вільна поверхня виконана з конструктивних міркувань;

– поверхня $\text{Ø}510\text{js}6 \times 20$ і торець $550/\text{Ø}510\text{js}6$ виконуються з шорсткістю Ra 1,6 мкм і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Поверхні є допоміжною конструкторською базою для секції наступному ступені, зниження вимог призведе до зміщення наступної секції щодо осі насоса, через це з'являться непотрібні зазори (через переки секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрацій (при роботі насосу), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу;

– канавка $6,5 \times 1,5$ на торці $550/\text{Ø}510\text{js}6$ з шорсткістю Ra 1,6 мкм. Допоміжна конструкторська база для ущільнювального кільця розміщеного між двома секціями. Зменшення вимог призведе до збільшення зазору і кільце ущільнювача не зможе гарантувати потрібну герметичність;

– поверхня 120h8 виконана за конструкторським міркувань, для того щоб була витримана відстань між секціями і була забезпечена потрібна міцність, жорсткість та інших механічних параметрів; отвори під римболти виконані з конструктивних міркувань, щоб болт міг витримати вагу деталі;

– фаски $1 \times 45^\circ$ на $\varnothing 225H7$, $\varnothing 450H7$, $\varnothing 255H7$, $\varnothing 510js6$ призначені для пригуплення гострих кромки небезпечних для людини, оберігає відповідальні поверхні інших деталей від пошкодження при складанні;

– два отвори M16-6H виконані на бокові поверхні, являються основною конструкторською базою, вони запобігають провороту секції в процесі роботи.

В цілому ж креслення виконаний з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Так як у завданні вказано тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт – групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і среднесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погодили.

Дрібносерійне виробництво, яке є підвидом (нижчою формою) серійного виробництва, яке в свою чергу є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, а підприємства цього типу випускають в даний час 70% всієї продукції машинобудування країни. Це виробництво характеризується такими показниками, а саме, заготовки, що застосовуються в дрібносерійному виробництві в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне

лиття і штампування). Устаткування використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПК. У дрібносерійному виробництві застосовується групова форма організації виробництва. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням положення України цеху. Ріжучий інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний, який використовується в разі неможливості обробки стандартним інструментом різних поверхонь великої номенклатури та різної конструкції деталей. Міряльний інструмент також застосовують як стандартний, так і спеціально виготовлений на замовлення в інструментальному цеху підприємства. Переважно застосовують шкальний інструмент в деяких випадках шаблони і калібри.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності проводиться з метою – виявлення недоліків конструкції з відомостей які містяться на кресленні і технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності розглянутої конструкції.

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

Якісні показники характеризують технологічність конструкції більш загально на основі досвіду виконавця. До якісних показників відносяться: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), розміщення розмірів, допуски форми та розміщення, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь.

Аналізуючи технологічність конструкції за застосуванням матеріалам необхідно відзначити, що сталь 20Х13 має ряд замінників, таких як: 12Х13, 14Х17Н2; тому в випадку збою поставки цього матеріалу на виробництво, його

можна легко замінити іншим. Цей матеріал є відносно не технологічним, через свою високу вартість у порівнянні з більш дешевими конструкційними сталями.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими (циліндричні, плоскі), що значно полегшує обробку, так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм, тому при аналізі поверхонь можна сказати що за цим показником деталь технологічна.

Аналізуючи деталь за використанням необроблюваних поверхонь можемо зробити висновок що вона не технологічна, так як деталь відповідальна, більшість поверхонь контактують з іншими деталями вузла та виконують різноманітні функціональні призначення, тому всі поверхні оброблюється з великою шорсткістю та точністю.

Аналізуючи креслення деталі можна зробити висновок, що виконане воно згідно з стандартами, хоча має деякі неточності, такі як перетин розмірних ліній, нагромадження розмірів, дані зауваження незначні та розумінню креслення не заважають. Тому можна вважати що деталь за цим пунктом є технологічною.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенням необхідно забезпечити відповідно їх якість, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса заготовки складає 140 кг, що свідчить про те що при транспортуванні, установці заготовки на верстат потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран-балки, мостові крани). Отже за масою заготовка не технологічна, бо потребує значних витрат часу на між операційне транспортування.

Конструкція деталі є достатньо жорсткою, що дозволяє, при механічній обробці її поверхонь, застосовувати продуктивні режими різання та багато інструментальну обробку, що є технологічним.

На основі розглянутого креслення деталі «Секція», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні елементи:

– внутрішні циліндричні поверхні: $\text{Ø}510\text{H}7 \times 21$ Ra 1,6 мкм; $\text{Ø}450\text{H}7 \times 47$ Ra 1,6 мкм; $\text{Ø}255\text{H}7 \times 24$ Ra 1,6 мкм (з допуском на радіальне биття 0,02 мм) - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні;

– внутрішні циліндричні поверхні: $\text{Ø}265\text{H}12 \times 8$ Ra 3,2 мкм; $\text{Ø}336\text{H}11 \times 14$ Ra 3,2 мкм – ці поверхні мають високу якість що є не технологічним, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні;

– торцеві поверхні: $\text{Ø}50/\text{Ø}510\text{H}7$ Ra 1,6 мкм; $\text{Ø}402/\text{Ø}255\text{H}7$ Ra 1,6 мкм (з допуском на радіальне биття 0,02 мм); $\text{Ø}280/265\text{H}12$ Ra 3,2 мкм, $\text{Ø}336\text{H}11/\text{Ø}449$ Ra 1,6 мкм (з допуском на радіальне биття 0,03 мм); $\text{Ø}550/\text{Ø}510\text{js}6$ Ra 1,6 мкм (з допуском на радіальне биття 0,02 мм) – поверхні мають досить високу якість оброблення, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні;

– зовнішня циліндрична поверхня $\text{Ø}510\text{js}6 \times 20$ Ra 1,6 мкм – поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні;

– конусні поверхні: $\angle 10^\circ$ з $\text{Ø}280$ до $\text{Ø}336\text{H}11$ Ra 3,2 мкм, $\angle 43^\circ$ з $\text{Ø}402$ до $\text{Ø}450\text{H}7$ Ra 3,2 мкм, $\angle 45^\circ$ $\text{Ø}510\text{H}7$ Ra 1,6 мкм; канавка $6,5 \times 1,5$ на торці $\text{Ø}550/\text{Ø}510\text{js}6$ виконана з Ra 1,6 мкм – поверхні мають досить високу якість оброблення та потрібен спеціальний ріжучий інструмент з відповідною геометрією, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні;

– торцеві канавки є не технологічними, так як їх дуже важко оброблювати, їх не можливо обробити звичайним карнавочним різцем.

Отже вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має мо-

жливості, окрім торця Ø510/Ø450H7 який виконаний з Ra 6,3 мкм, ця поверхня вільна і достатньо шорсткості Ra 12,5 мкм для того, щоб деталь виконувала своє службове призначення.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це зробив конструктор без шкоди для службового призначення деталі та виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{IM} = \frac{M}{M_m}, \quad (1.1)$$

де M – маса готової деталі, $M = 110$ кг;

M_m – маса заготовки, $M_m = 154$ кг.

$$M = M_m K_p = 110 \cdot 1,4 = 154 \text{ кг} \quad (1.2)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$K_{IM} = \frac{110}{154} = 0,714$$

Визначення рівня технологічності конструкції з використання матеріалу:

$$K_{yu} = \frac{K_{бIM}}{K_{IM}}, \quad (1.3)$$

де $K_{бIM}$ – базовий коефіцієнт використання матеріалу,

$K_{бIM} = 0,3$ (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{yu} = \frac{0,3}{0,714} = 0,42$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mi} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

де $\sum n_i$ - число розмірів відповідного класу точності;
 T - клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 7 + 2 + 2 + 30 + 3 + 1 = 46$$

$$\sum T \cdot n_i = 6 \cdot 1 + 7 \cdot 7 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 30 + 15 \cdot 3 + 16 \cdot 1 = 578$$

$$K_{mi} = 1 - \frac{46}{578} = 0,92 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

Сумський державний університет
 Кафедра технології машинобудування,
 верстатів та інструментів

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \text{Ш} \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

де $\sum n_{im}$ - число поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$\sum \text{Ш} \cdot n_{im} = 1,6 \cdot 9 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 34 = 238,2$$

$$K_u = \frac{46}{238,2} = 0,19 < 0,32$$

По даному показнику деталь є технологічною.

Отже з усіх проаналізованих критеріїв деталь є технологічною.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Анализ будемо проводити на основі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність операцій механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

На першій технологічній операції проводиться обробка поверхонь, які на подальших операціях будуть прийняті за базові (чистові).

Технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Вхідний контроль	Перевірка наявності сертифікатних даних за гр. III 20x13 197...248НВ ГОСТ 25054-80		
010	Карусельна чорнова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00632	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхням у верстатних кулачках	Токарно карусельний верстат 1541
015	Контроль ВТК			Стіл ВТК
020	Розмітка	Розмітити 1 отв. під рим-болт М16-6Н і 2 отв. М16-6Н на Ø560		Плита розміточна
025	Свердлильна	Сверлити 3 отвори, нарізати різь М16-6Н, цекувати Ø42	На столі верстату з упором по торцю і прихватами	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
030	Слюсарна			Верстак
035	Маркування	Маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа		

040	Карусельна чистова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00633	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхням	Токарно карусельний верстат 1541
045	Контроль ВТК			Стіл ВТК
050	Розмітка	Розмітити 1 отв. $\text{Ø}10 \times 10$ на $R180 \pm 0,3$		Плита розмітна
055	Свердлильна	Точити 1 отв. $\text{Ø}10 \times 10$, зенкувати фаски $1 \times 45^\circ$	На столі верстату з упором по торцю і приватами	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
060	Слюсарна			Верстак

В базовому технологічному процесі є ряд недоліків.

Базовий технологічний процес оформлений у застарілій формі 70-х років. Використовуються бланки застарілих ГОСТів, які вже замінені на нові.

Згідно ГОСТ3.1129-93 для заповнення карт технологічного процесу вказується повна назва операції, назви верстатів також мають бути присутні, а у базовому технологічному процесі їх зовсім немає, вказана лише модель. Також на багатьох операціях зовсім не вказано пристрій і устаткування. Мають бути присутні номери цеху, дільниці, робочого місця. Ці дані у базовому технологічному процесі не вказані.

Також не вказані коди операцій, обладнання, пристроїв, інструментів, заготовки. Взагалі про заготовку у базовому технологічному процесі окрім виду та профілю нічого не вказано. Відсутні режими різання. Карти ескізів є, але не на усі операції.

Пристрої, устаткування та інструменти застарілі, неекономічні та низькопродуктивні. Певні верстати можна замінити на верстати з ЧПК, або більш продуктивні сучасні верстати. Замість ручного закріплення заготовки, доцільніше використовувати механізоване і, взагалі, необхідно прагнути до виключення ручної роботи працівника.

Щодо базування деталі, то можна сказати, що деталь має постійні базові поверхні – торці та зовнішні поверхні, тому може оброблятися у стандартних при-

строях, без застосування спеціальних пристроїв. Недоліком являється те, що технологічна та вимірвальна бази не співпадають, тому виникає похибка базування. Доречно було б наносити розміри саме від торців деталі, які являються технологічними базами, щоб виключити появлення похибки базування.

Режими різання вибрані і підраховані правильно. Але через те що устаткування і матеріали ріжучих інструментів на виробництві використовуються застарілі то це ці режими недоцільно застосовувати для сучасних верстатів, так як ці верстати дозволяють працювати на більш прогресивних і форсованих режимах. При зміні цих недоліків можна буде підвищити режими різання до оптимальних. Отже, скоротити час обробки і підвищити точність виготовлення деталей.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базірування, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

У технології існує безліч технологічних способів обробки, які забезпечують приблизно однакові параметри одержуваних поверхонь, але відрізняються за собівартістю реалізації і тому раціональні у різних типах виробництва.

Виходячи з цього, одну і ту ж елементарну поверхню можна реалізувати деяким безліччю послідовно використаних технологічних способів, за яких і складаються різні маршрути обробки даної поверхні.

Так як кожен маршрут обробки поверхні складається з різних способів досягнення певної точності, отже, можна об'єднати в окремі етапи технологічного процесу. Крім цього механічна обробка може переривається термічними або іншими операціями. Все це підтверджує багатоваріантність технологічного проектування для однієї поверхні і тим більше для всього виробу.

Використовуючи довідкову літературу [4] і вищевикладені вимоги, вибираємо методи обробки поверхонь і пропонуємо варіанти забезпечення вимог:

а) механічні властивості матеріалу: $HV = 205...220$, $\sigma_b \geq 588$ Мпа, $\sigma_T \geq 196$ Мпа, $\delta \leq 40\%$ забезпечуються застосуванням обраного матеріалу і проведенням його термічної обробки: нормалізація.

б) по шорсткості – таблиця 1.6;

Таблиця 1.6 – Способи досягнення точності і шорсткості деталі

Оброблювані поверхні	Квалітет	Ступінь шорсткості Ra, мкм	Метод забезпечення
1	2	3	4
Зовнішні циліндричні поверхні	12÷14	6,3	точіння чорнове і напівчистове
			точіння чорнове
	9÷11	3,2	точіння чорнове, напівчистове і чистове
			точіння чорнове і напівчистове
	6÷8	1,6	точіння чорнове, напівчистове, чистове і тонке
			точіння чорнове, напівчистове, чистове і шліфування

Внутрішні циліндричні поверхні (отвори)	12÷14	6,3	розточування чорнове і напівчистове
			розточування чорнове
	9÷11	3,2	розточування чорнове, напівчистове і чистове
			розточування чорнове і напівчистове
	6÷8	1,6	розточування чорнове, напівчистове і чистове
Отвори з плоским торцем	12÷14	6,3	чорнове фрезерування
			чорнове і напівчистове фрезерування
Отвори на циліндричній поверхні та отвору на торці	12÷14	6,3	свердління
Різьбові отвори	7	3,2	забезпечуються інструментом

в) по точності форми і розташування елементів деталі – таблиця 1.7;

Таблиця 1.7 – Способи досягнення форми і взаємного розташування поверхонь деталі

Відхилення форми і взаємного розташування	Величина допуску, мм	Метод досягнення
Радіальне биття зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі	0,02	обробка з одного установка
	0,02	принцип постійності баз
Торцеве биття поверхонь деталі	0,02	обробка з одного установка
	0,02	принцип постійності баз

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними даними для виконання цього етапу є знання про типові маршрути обробки поверхонь, або груп поверхонь.

У багатьох випадках укрупнені операції включають переходи, що не можна виконати за одного установа. Отже, необхідно прийняти рішення про принцип подальшого проектування – диференціації або концентрації побудови операцій.

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати:

– технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;

- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Свердлильна

025 Токарна чистова

030 Свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Свердлильна

025 Свердлильна

030 Токарна чистова

030 Слюсарна

Маршрут №2 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршрутах №1 та №3 на подальшій токарній чистовій буде відбуватись обробка з ударами, що призведе до поломки інструменту та небажаним дефектам поверхонь.

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійс-

нюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Секція», матеріал деталі – сталь 20X13:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність шестерні, адже вона передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- прокат – не раціонально застосовувати у дрібносерійному виробництві через те, що секція має досить великий наскрізний отвір при застосуванні прокату багато матеріалу піде в стружку.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте штампування є дорого вартісним процесом, та раціонально застосовувати у великосерійному та масовому виробництві.

- кування на молотах – раціонально застосувати через достатньо великі габарити деталі та можливість отримання центрального отвору. А як було сказано у дрібносерійному виробництві потрібно прагнути до наближення форми заготовки до форми деталі.

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), адже заводська заготовка не передбачує наявності

центрального отвору. Отже для умов дрібносерійного виробництва доцільним буде порівняння двох способів отримання заготовки – це поковка кована на молотах та поковка на пресах. В процесі розрахунків для обох варіантів будемо обирати заготовку з центральним отвором.

Собівартість заготовки кованої на молотах з використанням підкладних штампів розраховуємо за формулою:

$$S_{заг1} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (2.1)$$

де $C_i = 24000$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$ кг – маса заготовки;

$q = 110$ кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,06$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$ – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_c = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 0,78$ – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$ грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left(\frac{24000}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \cdot \frac{3200}{1000} = 5505 \text{ грн}$$

Для порівняння розрахуємо собівартість заготовки отриманої куванням на пресі за формулою 2.1, тільки з іншими коефіцієнтами:

$C_i = 21500$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$ кг – маса заготовки;

$q = 110$ кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,06$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$ – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_c = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 0,78$ – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{заг} = \left(\frac{22500}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5467 \text{ грн} .$$

Отже, порівнюючи вартість отримання заготовки, обираємо з економічної точки зору отримання заготовки вільним куванням на пресах у підкладних штампах за ГОСТ 7062-90, так як цим способом ми отримуємо більш дешевшу, ущільнену та зміцнену заготовку. Ескіз заготовки (рис. 2.1) та таблиця 2.1 з розрахунковими величинами представлені далі.

Таблиця 2.1 – Розміри поковки

Поверхня	Номинальний розмір	Припуск на розмір	Допуск і відхилення розміру заготовки	Розмір заготовки з допуском
H_1	140	14	± 4	154 ± 4
d_2	$\text{Ø}560$	21	± 5	$\text{Ø}581 \pm 7$
D_2	$\text{Ø}255$	9	$+3$ -2	$\text{Ø}246 \pm 7$

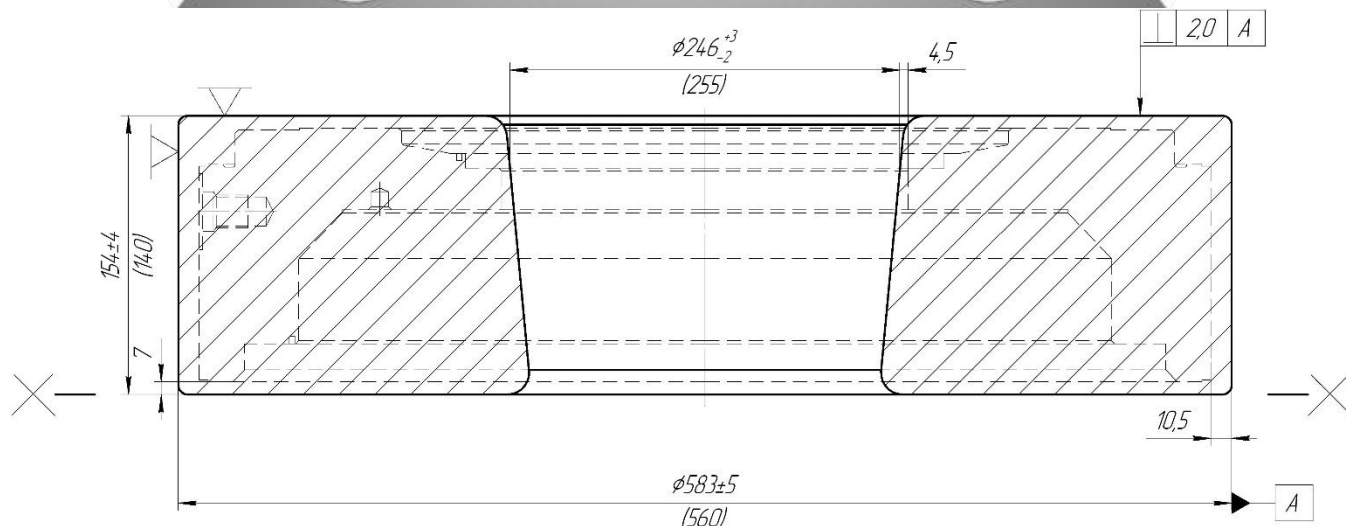


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Призначаємо технічні вимоги до поковки:

1. Поковка Гр. III НВ 197...248 ГОСТ 8479-70;
2. Незазначені радіуси $R5^{+1}$ мм;
3. Незазначені ухили 2-3°;
4. Матеріал замітник сталь 30X13 ГОСТ 5632-72;
5. Припуски на розміри за ГОСТ 7062-90;
6. Маркувати номер деталі шрифтом 5Пр3 ГОСТ 26.008-85.

2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 450H7$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.2)$$

**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як:

$$\rho_{zag} = \sqrt{\rho_{\text{екс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119 \text{ мкм},$$

а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від

$$\rho_{заг} \text{ тоді } \rho_{черн} = \rho_{заг} k_y,$$

де $k_y=0,04 \div 0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 2119 \cdot 0,06 = 127 \text{ мкм.}$$

$$P_{н/ч} = 2119 \cdot 0,05 = 105 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чис} = 2119 \cdot 0,04 = 84 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.2, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 2.2 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуска, мкм				
			R_z	h	ρ	ε_y	
						ε_b	ε_z
Поковка	3	+4 -2	250	1000	2119	-	-
Розточування чорнове	кв. 12	+0,63	125	240	127	500	500
Розточування напівчистове	кв. 9	+0,155	20	125	105	200	100
Розточування чистове	кв. 7	+0,063	10	25	84	0	0

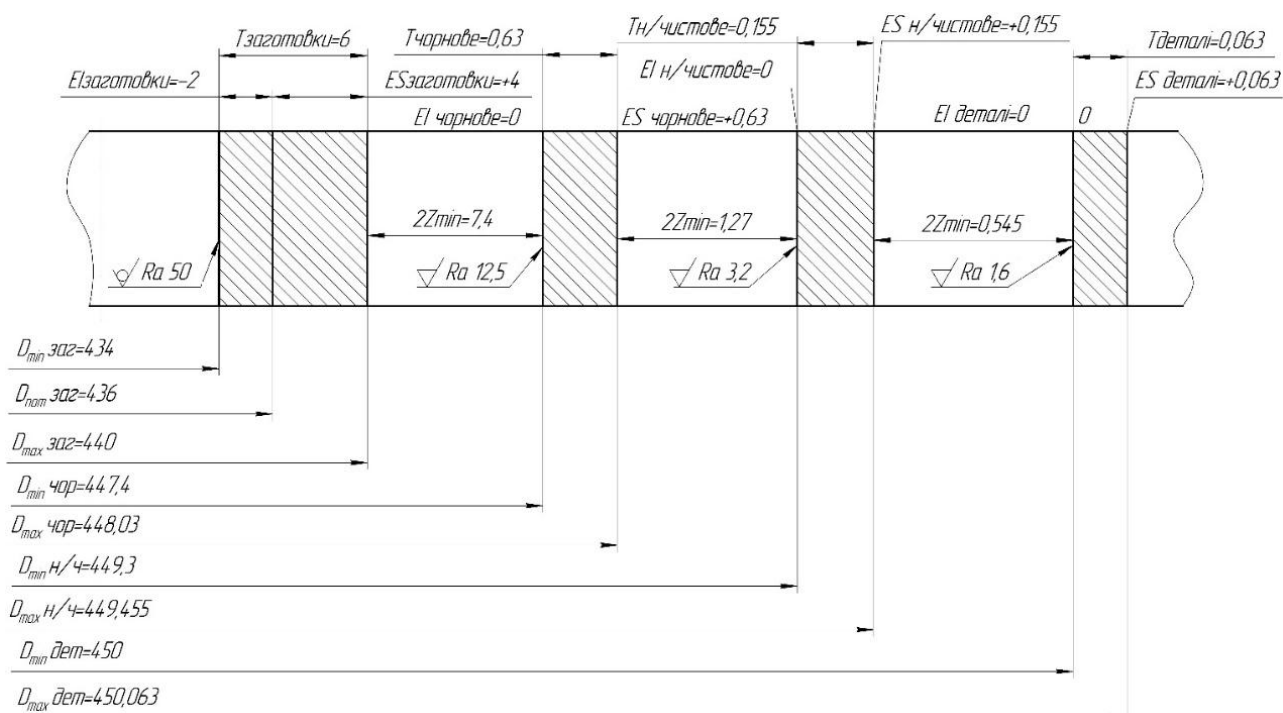


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\text{Ø}450\text{H}7$ мм

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Вихідні дані для розрахунку технологічних розмірів і допусків (ескіз деталі, ескіз заготовки, ескізи маршрутного технологічного процесу (ТП)) зображені на рисунку 2.3.

Визначаємо допуски на технологічні розміри виходячи з економічної точності та існуючих домінуючих похибок (таблиця 2.3).

Для розміру A1.1 домінуюча похибка дорівнює величині викривлення, так як даний розмір проставлений від «чорновий» поверхні, $\rho_{заз} = \rho_{кор} = 1$ мм. Домінуючою похибкою при виконанні інших розмірів приймаємо рівною нулю, так як будуть збігатися вимірювальна і технологічна бази.

Допуск на розміри при операціях, де виникають домінуючі похибки, розширюємо на цю величину.

Обчислення при розрахунку лінійних технологічних розмірних ланцюгів виробляємо в таблицю 2.3.

Значення припусків (граф 2) визначаємо за формулою:

$$Z_{\min i,j} = Rz_{i-1,j} + h_{i-1,j}, \quad (2.3)$$

де $Rz_{i-1,j}$ – величина шорсткості попередньої операції, мкм;

$h_{i-1,j}$ – величина дефектного шару, мкм.

По [4] для поковки $m < 250$ кг, що виготовляється куванням $Rz 200$ мкм, $h = 250$ мкм. Тоді $Z_{1,1} = 200 + 250 = 450$ (мкм) = 0,45 мм, $Z_{1,1} = 0,67$ мм.

По [4] для чистової стадії обробки $Rz 25$ мкм, $h = 25$ мкм. Тоді $Z_{2,1} = 25 + 25 = 50$ мкм = 0,05 мм. Отримані результати записуємо в графу 2 (табл. 2.3).

Очікувану похибка визначаємо по дереву графа (рис. 2.3), мм:

$$\omega S_1 = TA_{2,3} = 0,4;$$

$$\omega S_2 = TA_{2,2} = 0,033;$$

$$\omega Z_{2,3} = TA_{2,1} + TA_{2,3} = 0,4 + 0,4 = 0,8;$$

$$\omega Z_{2,1} = TA_{1,2} + TA_{2,1} = 1 + 0,4 = 1,4;$$

$$\omega Z_{2,2} = TA_{1,3} + TA_{1,2} + TA_{2,1} + TA_{2,2} = 0,21 + 1 + 0,4 + 0,033 = 1,633;$$

$$\omega Z_{1,2} = TA_{1,2} + TA_{1,1} = 2 + 1 = 3;$$

$$\omega Z_{1,1} = TA_{1,1} + TA_{0,1} = 2 + 8 = 10.$$

Отримані результати записуємо в графу 3 (таблиця 2.4).

Згідно вихідним даним будуємо розмірну схему технологічного процесу (рис. 2.3).

Для зручності виявлення технологічних розмірних ланцюгів (РЦ) будуємо граф маршрутного технологічного процесу (рис. 2.4).

Розраховуємо середнє значення розмірів і записуємо їх у графу 4 (табл. 2.4).

Середні значення припусків визначаємо за формулою:

$$Z_{i,j_{cp}} = \frac{\omega Z_{i,j}}{2} + Z_{\min i,j} \quad (2.4)$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок допусків на технологічні розміри

Ін-декс розміру	Спосіб обробки	Точність розміру	Шорсткість, мкм	Дефектний шар, мкм	Величина розміру, мм	Величина допуску, мм	Домінуюча похибка	Розрахунковий допуск
A _{0.1}	Поковка на пресі	T4 по ГОСТ 8479-70	200	250	до 200	8 $\sqrt[4]{\dots}$	-	8 $\sqrt[4]{\dots}$
A _{1.1}	Чорнове підрізання	14	50	50	До 160	1	$\rho_{кор}=1$	2
A _{1.2}	Чорнове підрізання	14	50	50	До 160	1	-	1
A _{1.3}	Чорнове підрізання	12	50	50	До 32	0,21	-	0,21
A _{2.1}	Чистове підрізання	12	25	25	До 160	0,4	-	0,4
A _{2.2}	Чистове підрізання	8	25	25	До 32	0,033	-	0,033
A _{2.3}	Чистове підрізання	12	25	25	До 160	0,4	-	0,4

Визначаємо допустиме коригування конструкторських розмірів:

$$K_{Si} = \pm \frac{1}{2} (TS_i - \omega S_i). \quad (2.5)$$

$$K_{S1} = \pm \frac{1}{2} (1 - 0,4) = \pm 0,3;$$

$$K_{S2} = \pm \frac{1}{2} (0,05 - 0,033) = \pm 0,0085.$$

Отримані результати записуємо в графу 5.

Користуючись графом (рис. 2.4) записуємо рівняння розмірного ланцюга в графу 9 (таблиці 2.4).

У графі 7 записуємо позначення технологічних розмірів, які знаходяться по відповідним рівнянням.

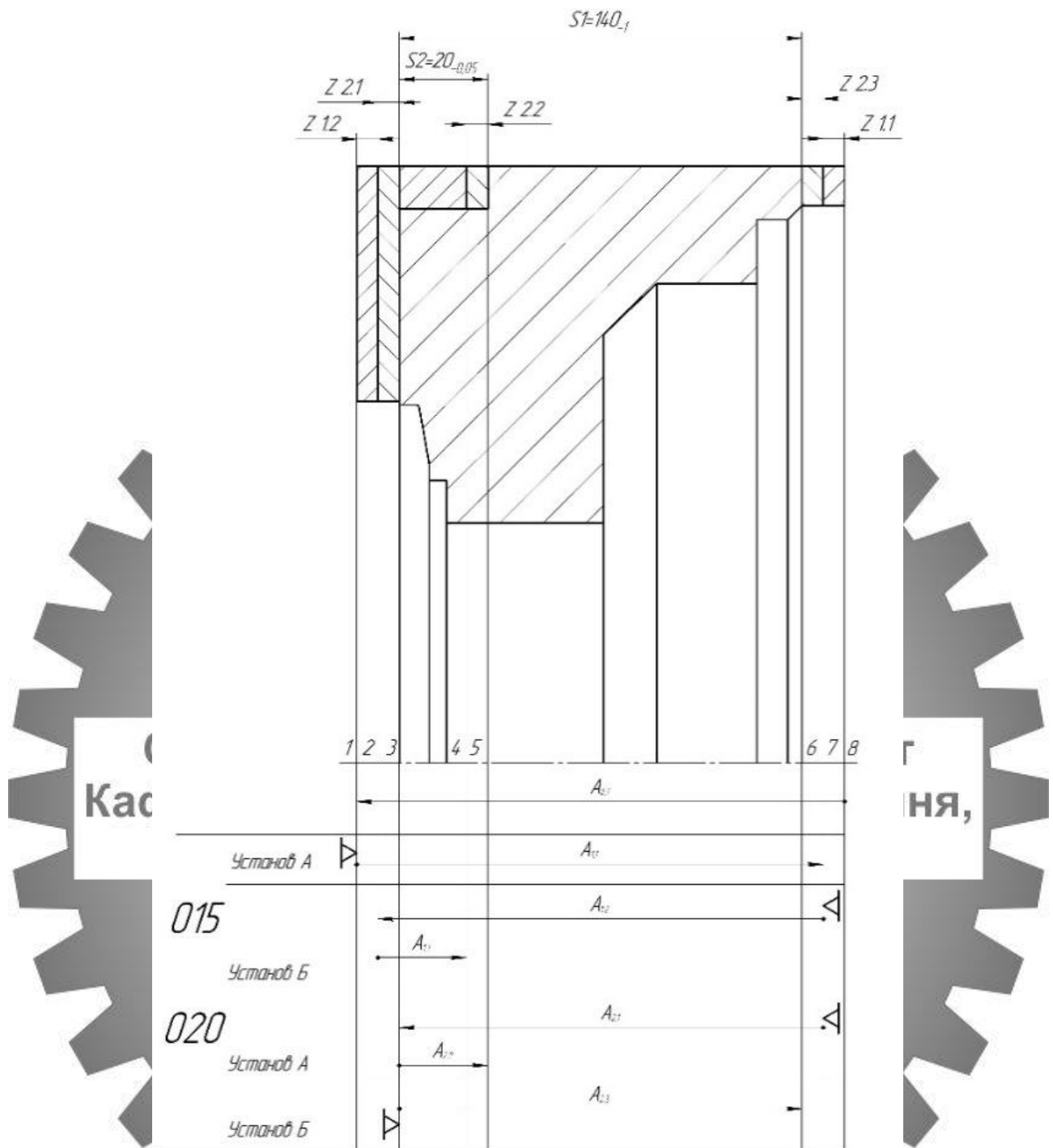


Рисунок 2.3 – Розмірна схема технологічного процесу

У графі 8 (таблиці 2.4) записуємо значення допусків на відповідні технологічні розміри з графі 9 (таблиці 2.4).

Розраховуємо по рівняннях розмірної ланцюга конструкторські розміри на прикладі розміру S_1 :

$$A_{1,2cp} = S_1 = 139,5;$$

$$A_{1,2ном} = A_{1,2cp} + TA_{1,2}/2 = 139,5 + 0,4/2 = 139,7_{-0,4};$$

$$A_{1,2\text{ном ск}} = 139,7 + 0,3 = 140_{-0,4};$$

$$A_{1,2\text{ ср ск}} = A_{1,2\text{ном ск}} - TA_{1,2}/2 = 140 - 0,4/2 = 139,8.$$

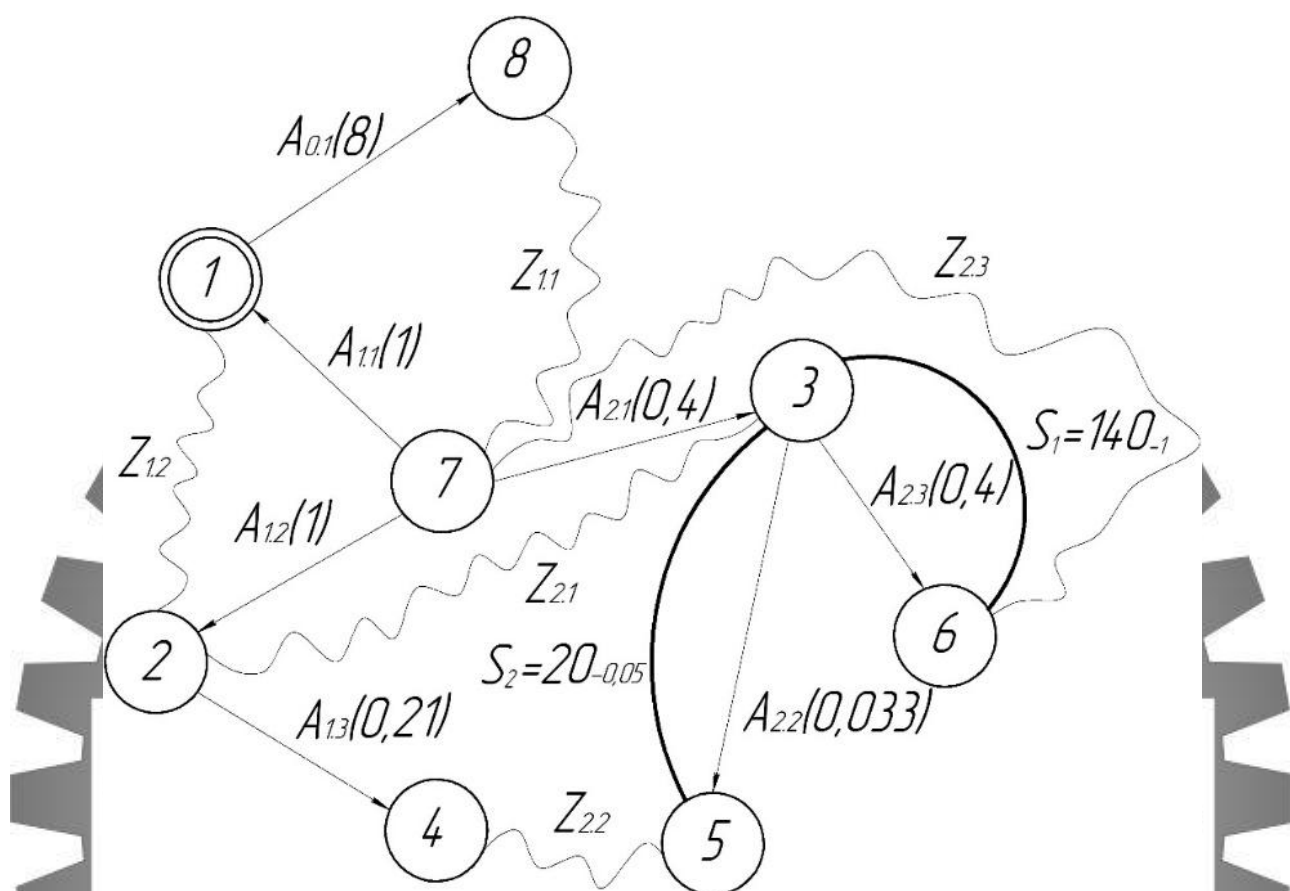


Рисунок 2.4 – Граф технологічних розмірних ланцюгів

Перевірка

Конструкторський розмір $S_1 = A_{1,2} = 140_{-0,4}$, $S_{1к} = 140_{-0,1}$, забезпечується, отже розрахунок проведений вірно.

Припуск $Z_{2,1} = A_{1,2} - A_{2,1} = 142_{-1} - 140,5_{-0,4} = 1,5_{-1}^{+0,4}$ мм. Зняття мінімального припуску $Z_{2,1} = 0,5$ мм забезпечено – його збільшення на 0,4 мм вийшло в результаті корекції розміру $A_{1,2}$ на 0,4 мм. Отже, розмір $A_{1,2}$ розрахований правильно.

Висновок: перевірка забезпечення мінімальних припусків і конструкторських допусків показала позитивний результат.

Таблиця 2.4 – Розрахунок технологічних розмірів

Відомі (задані) розміри						Невідомі (шукані) розміри						
Розміри	Величина та допуск	Очікувана похибка	Середній розрахунковий	Допустима корекція	Середній скоректований розмір	Розмір	Допуск	Рівняння контура	Середній розрахунковий розмір	Номінальний розрахунковий розмір	Номінальний скоректований розмір	Середній скоректований розмір
S_1	140_{-1}	0,4	139,5	$\pm 0,3$	139,8	$A_{2,3}$	-0,4	$A_{2,3} - S_1 = 0$	139,5	$139,7_{-0,4}$	$140_{-0,4}$	139,8
S_2	$20_{-0,05}$	0,033	$19,975$	$\pm 0,0085$	19,9835	$A_{2,2}$	-0,033	$A_{2,2} - S_2 = 0$	$19,975$	$19,9915_{-0,033}$	$20_{-0,033}$	19,9835
$Z_{2,3}$	0,1	0,8	0,5	$+\infty$	0,5	$A_{2,1}$	-0,4	$A_{2,1} - Z_{2,3} - A_{2,3} = 0$	140,5	$140,5_{-0,4}$	$140,5_{-0,4}$	140,3
$Z_{2,1}$	0,1	1,4	0,8	$+\infty$	1,2	$A_{1,2}$	-1	$A_{1,2} - Z_{2,1} - A_{2,1} = 0$	141,1	$141,6_{-1}$	142_{-1}	141,5
$Z_{2,2}$	0,1	1,633	$0,9165$	$+\infty$	1,0785	$A_{1,3}$	+0,21	$A_{1,3} + Z_{2,2} - A_{2,2} + A_{2,1} - A_{1,2} = 0$	20,267	$20,162^{+0,21}$	$20^{+0,21}$	20,105
$Z_{1,2}$	0,45	3	1,95	$+\infty$	2	$A_{1,1}$	-1	$A_{1,1} - A_{1,2} - Z_{1,2} = 0$	$143,45$	$143,95_{-1}$	144_{-1}	143,5
$Z_{1,1}$	0,45	10	5,45	$+\infty$	5,5	$A_{0,1}$	8^{+4}_{-4}	$A_{0,1} - Z_{1,1} - A_{1,1} = 0$	$148,95$	$148,95^{+4}_{-4}$	149^{+4}_{-4}	149

2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базірування, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

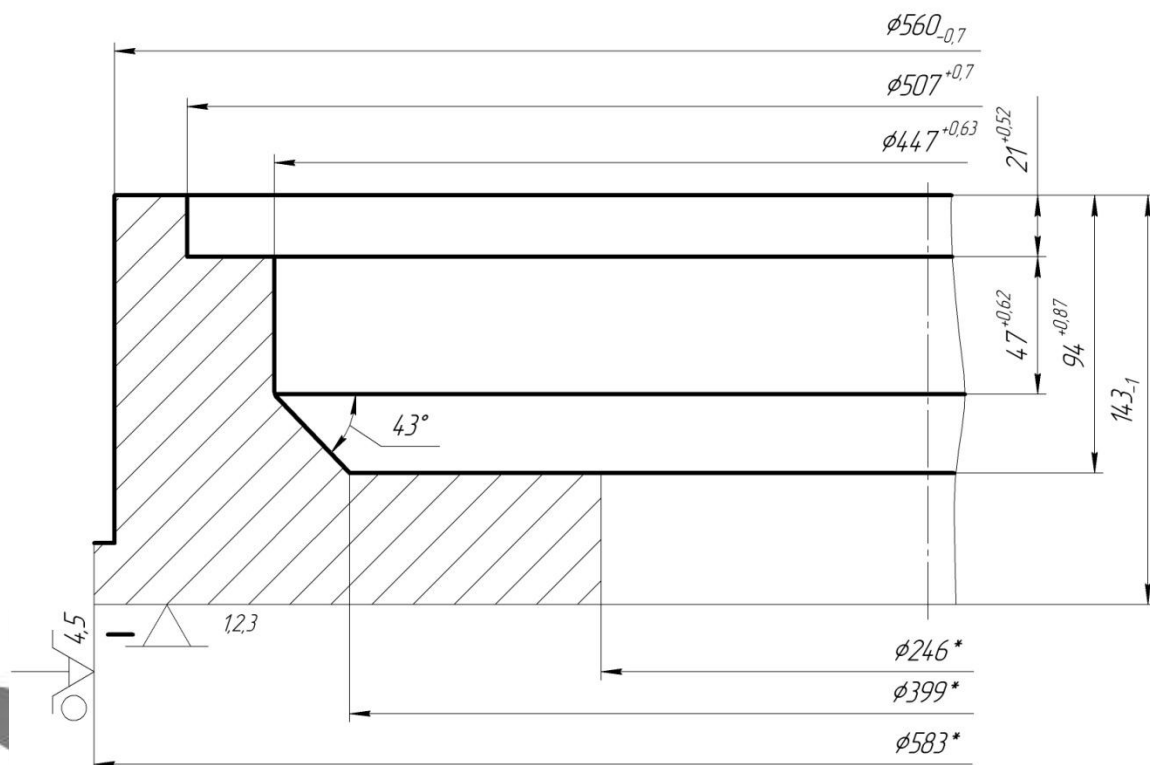
Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано 2 операції:

- токарно-карусельна 015;
- комплексна на обробному центрі з ЧПК 025.

Для кожної операції розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата. Хоча базування і відбувається у чотирьохкулачковому патроні, але при цьому перша заготовка буде попередньо вивірятися по критерію радіального биття.

Схеми базування заготовки на токарно-карусельній чорновій операції 015 на двох установках приведені на рисунках 2.5, 2.6.

Установ А



Установ Б

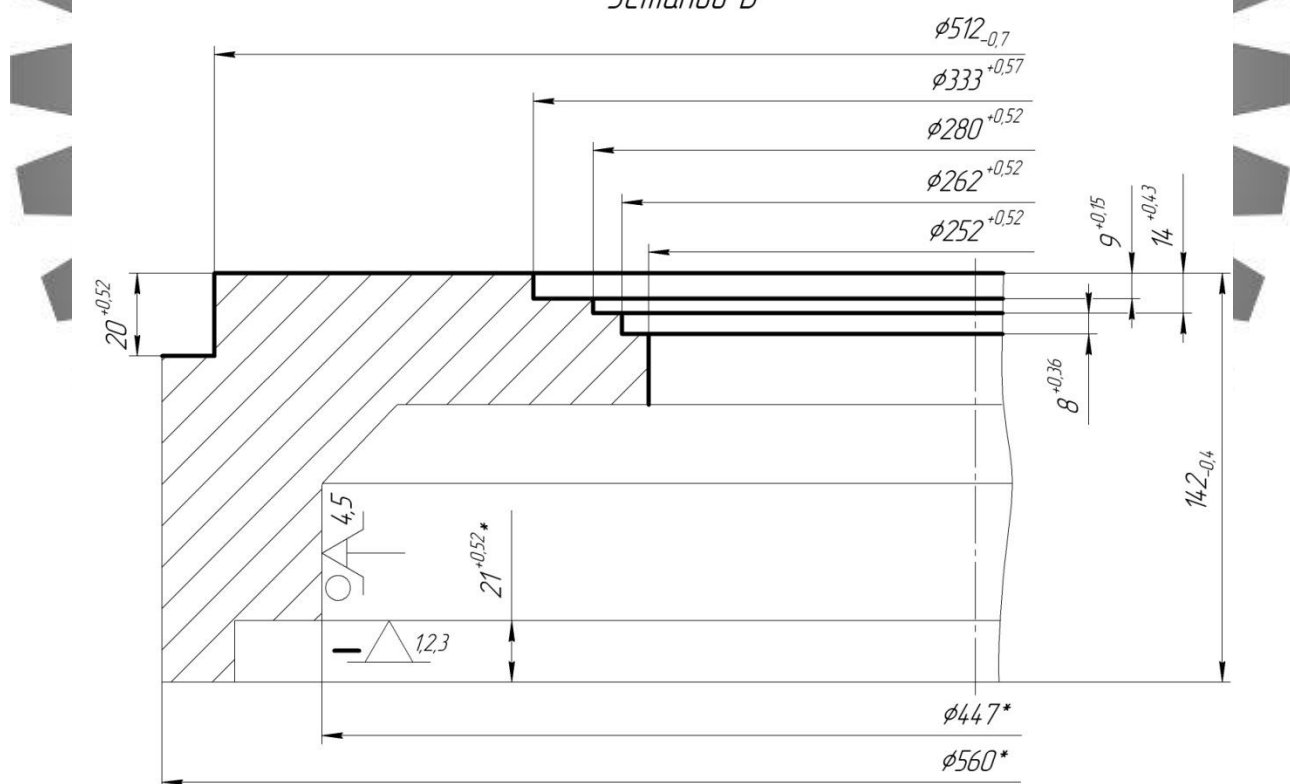


Рисунок 2.5 – Схема базування заготовки на токарній операції (перший варіант)

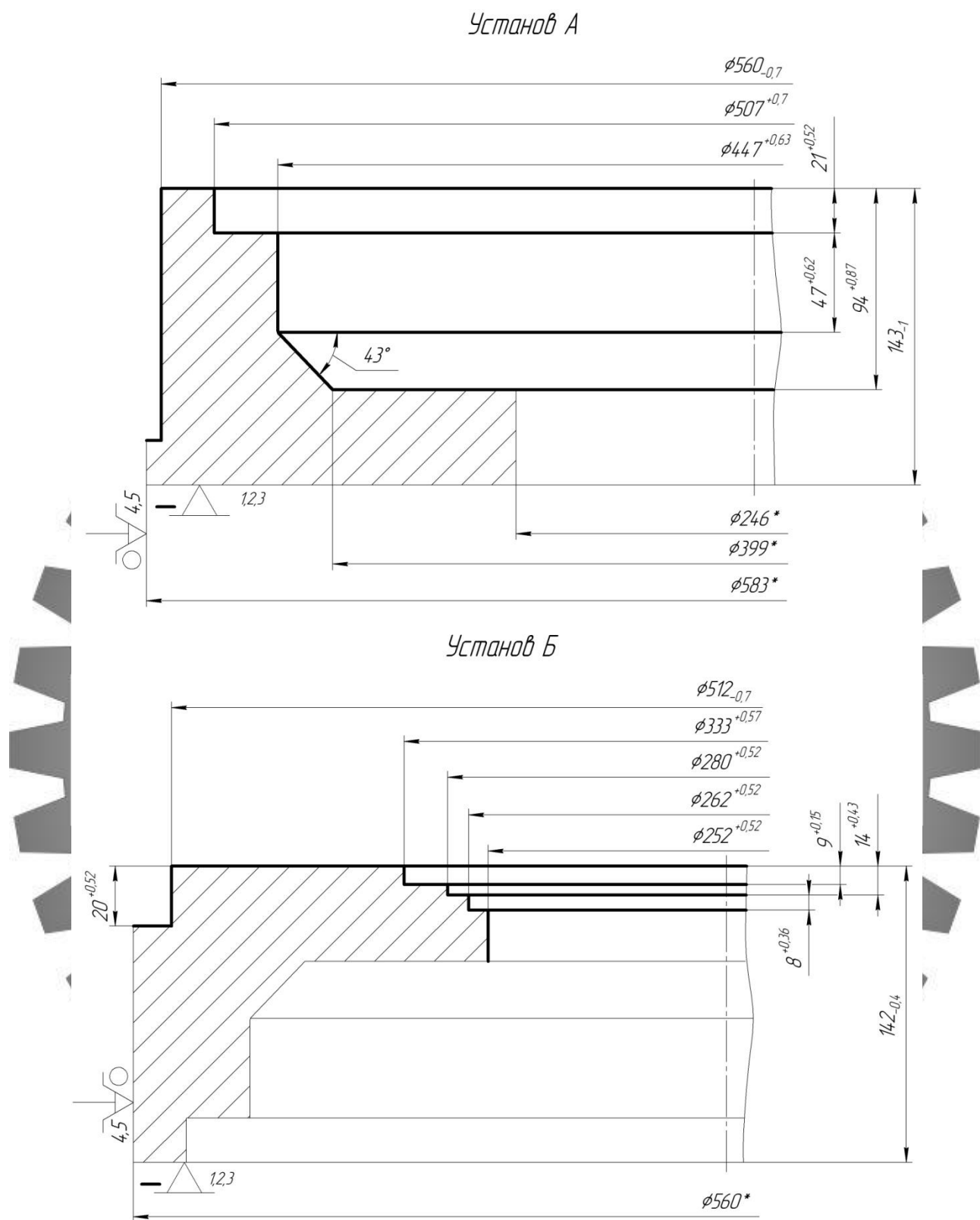


Рисунок 2.6 – Схема базування заготовки на токарній операції (другий варіант)

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування:

На установі А: приймаємо одну схему базування, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійно-опорну базу, а саме зовнішню та внутрішню циліндричну поверхні і одну поверхню як установчу базу – торець деталі. Так як розмір отвору не дозволяє розмістити там кулачки, то залишається лише один варіант схеми базування – по торцю і зовнішній циліндричній поверхні. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\delta 143} = \varepsilon_{noz} = 0,05 < T_{143} = 1 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{\delta 21} = \varepsilon_{noz} = 0,05 < T_{21} = 0,52 \text{ мм};$$

Для інших розмірів на даному установі А, що мають більший допуск, ніж допуски на розміри 21 та 143 мм, точність буде забезпечена.

На установі Б:

- по першому варіанту:

$$- \varepsilon_{\delta 142} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{142} = 0,4 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{\delta 9} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_9 = 0,15 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{\delta 8} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_8 = 0,36 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{\delta 14} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{14} = 0,43 \text{ мм} - \text{тому отримуємо брак};$$

- по другому варіанту:

- $\varepsilon_{\delta 142} = \varepsilon_{noz} = 0,05 < T_{142} = 0,4 \text{ мм}$, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

- $\varepsilon_{\delta 8} = \varepsilon_{noz} = 0,05 < T_8 = 0,15 \text{ мм}$, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

- для інших розмірів на даному установі по другому варіанту схеми базування точність буде забезпечена, так як їх допуск більший ніж допуски на розраховані розміри.

Отже на установі Б приймаємо другий варіант схеми базування.

025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК.

Дана операція виконується на одному установі, але в трьох позиціях за рахунок можливості повороту столу даного верстата.

На даній операції проводиться свердління і цекування отворів на циліндричній поверхні, які розташовані під кутом 120° .

Розглянемо базування заготовки на даній операції використовуючи внутрішню циліндричну та різні варіанти торцевих поверхонь для досягнення точності лінійних розмірів. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності (рис. 2.7-2.8).

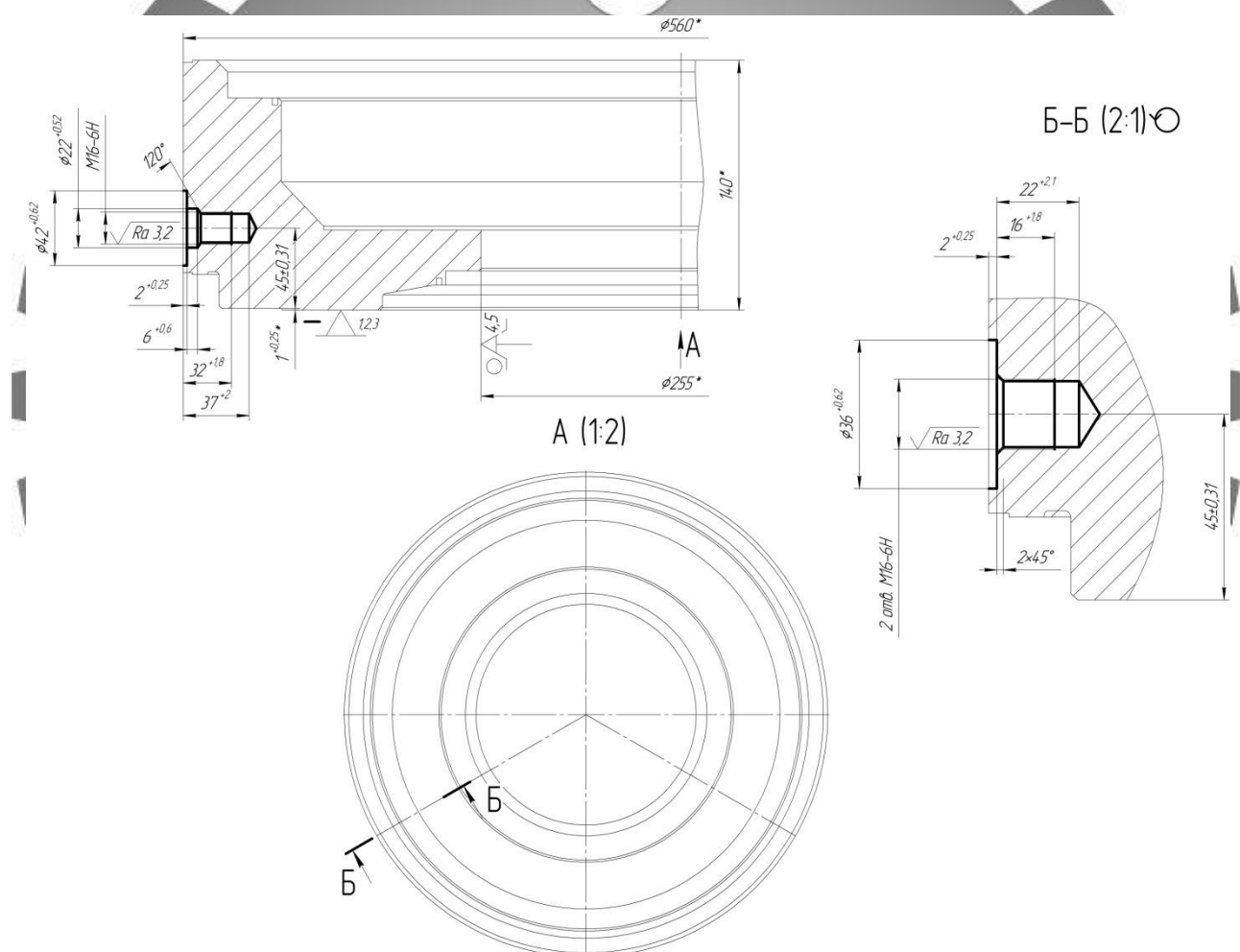


Рисунок 2.7 – Схема базування на комплексній операції (перший варіант)

Похибка базування для двох схем базування на діаметральні розміри отворів та їх глибину буде однаковою $=0,06$ мм (визначається зазором між оправкою та

отвором деталі), що менше ніж мінімальний допуск, що виконується на операції на операції.

Для лінійних розмірів, що визначають відстань від торця:

- по першому варіанту $\varepsilon_{\delta_{45}} = \varepsilon_{noz} + T_1 = 0,03 + 0,25 = 0,28 < T_{45} = 0,62$ мм – дтому в першому варіанті браку нема;

- по другому варіанту $\varepsilon_{\delta_{45}} = \varepsilon_{noz} = 0,03 < T_{45} = 0,62$ мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема.

Отже, хоча на двох варіантах браку немає приймаємо остаточно другий варіант схеми базування, так як похибка на ньому менша ніж на першому.

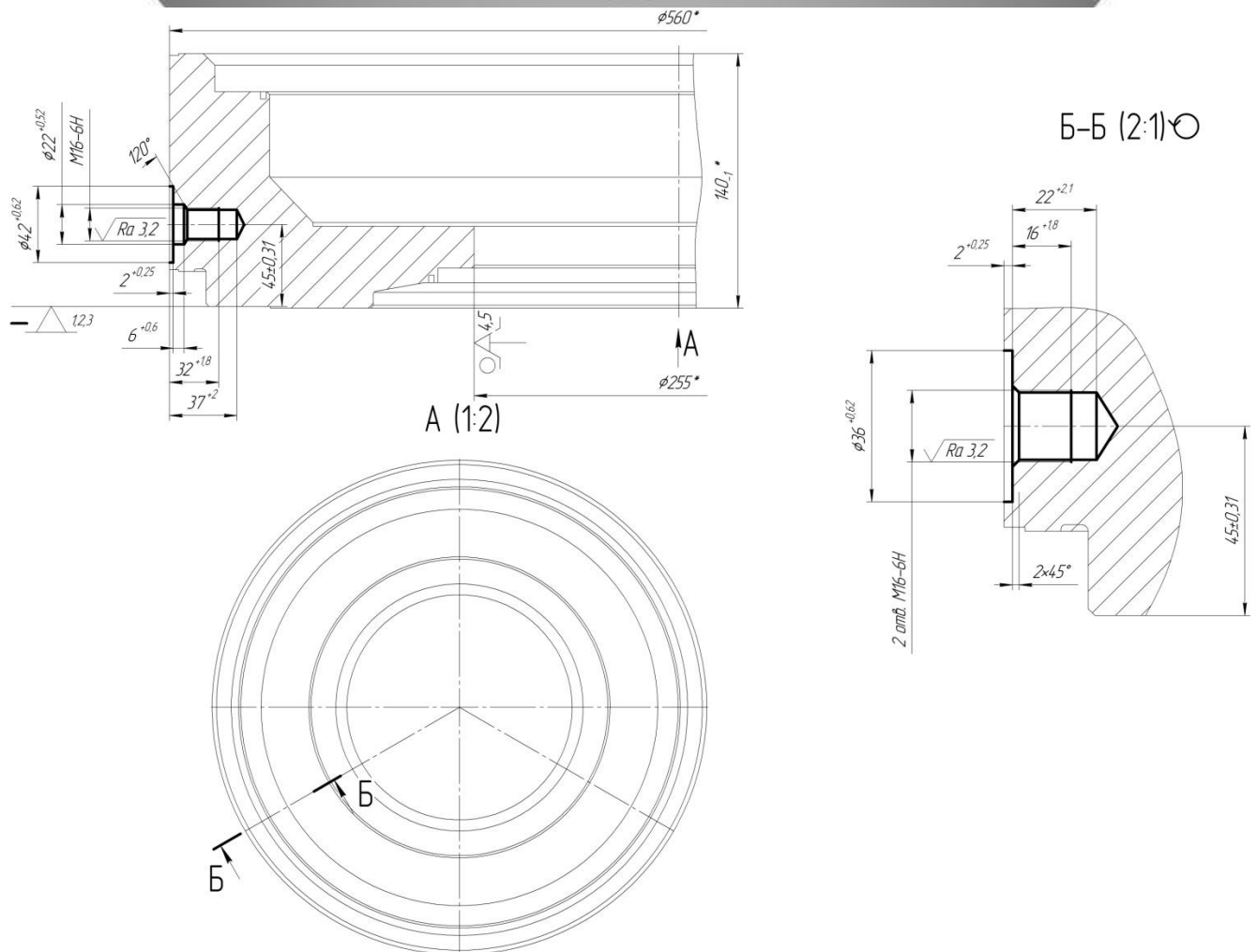


Рисунок 2.8 – Схема базування на комплексній операції (другий варіант)

2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Операція 015 (токарно-карусельна чорнова).

Для обробки заготовки, враховуючи умови дрібносерійного виробництва, застосовують універсально токарно-карусельні верстати на яких оброблюють заготовки різноманітної форми, великих діаметрів (до 10000 мм) при відносно малій довжині ($L/D \leq 1$). У базовому технологічному процесі для обробки заготовки використовувався верстат 1540, що може обробляти деталі до 4000 мм у діаметрі при максимальному діаметрі секції 560 мм, що досить завищено, тому що потужність верстата буде витрачатися даремно, тому пропонується як альтернативний варіант верстат 1512, що має менші габарити та потужність але цілком достатні для обробки секції. Порівняємо дані верстати по характеристикам у таблиці 2.5. На даних верстатах можна обточувати і розточувати циліндричні, конічні і фасонні поверхні тіл обертання; обточувати торцеві поверхні; підрізання уступів; прорізання кільцевих канавок.

Отже як видно з порівняльної таблиці верстат 1512 буде більш економічно вигідним варіантом.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики токарно-карусельних верстатів для операції 015

Верстат	1540	1512
Технічна характеристика	Параметри	
Клас точності за ГОСТ 8-71	Н	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	4 000	1 250
Найбільша висота оброблюваної заготовки	2 000	1 000
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	63 000	4 000
Діаметр планшайби	4 000	1 120
Частота обертання планшайби, об/хв	0,52÷48,7	5÷250
Подача вертикального і горизонтального супорту, мм/хв	0,059÷470	0,1-1000 (без ступінчата)

Потужність електродвигуна, кВт	125	30
Маса верстата, кг	100 000	16 500

Комплексна на обробному центрі з ЧПК операція 025

Для обробки отворів на підприємстві застосовувався радіально свердлильний верстат 2Н55. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме IP500ПМФ4 з ЧПК.

Обробний центр IP500ПМФ4 призначений для свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різі, фрезерування деталей із сталі, чавуну і кольорових металів в умовах дрібносерійного і середньо серійного виробництва. Оснащений магазином з автоматичною зміною інструмента, дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу: кришок, фланців, панелей і т. д. без попередньої розмітки і застосування кондукторів.

Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4:

- число інструментів – 30;
- частота обертання шпинделя верстата – 35,5÷1600 об/хв;
- подача – 10÷500 мм/мин;
- число частот обертання шпинделя – 18;
- число подач – 18;
- розміри робочої поверхні столу 1000x1000 мм;
- потужність приводу головного руху – 7,5 кВт.

Застосовуючи обробний центр з ЧПК можливо значно підвищити продуктивність праці (у 3-4 рази), полегшити умови праці робітника (при зменшенні його кваліфікації), також значно підвищується точність оброблюваних поверхонь у порівнянні з базовим варіантом верстата.

2.7 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Операція 015 Токарна чорнова

Для обробки заготовки будемо використовувати:

- затискні кулачки для фіксації заготовки на планшайбі верстата, яке дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю);
- державка різця 2102-1124 ГОСТ 18877-73 – державка 40x40 токарно прохідного відігнутий різець загального призначення, з пластиною 01432 BK8 ГОСТ 25395-82;
- державка різця 2112-0021 ГОСТ 18880-73 – державка 50x32 токарно під-різний різець відігнутий, з пластиною 06170 BK8 ГОСТ 25397-82.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ II- 630- 0,05 ГОСТ 166-79;
- штангенциркуль ШЦ II- 250- 630-0,1-1 ГОСТ 166-79.

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

Для свердління отворів будемо використовувати:

- розтискну оправку, яка дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю деталі);
- свердло 2301-0398 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло Ø10;
- свердло 2301-0505 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло Ø14, конус Морзе 1;
- свердло 2301-0446 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло Ø22, конус Морзе 2;
- мітчик 2620-03729 P6M5 H6 ГОСТ 3266-81 – мітчик для нарізання різі M16;
- цековка спеціальна BK8 –цековка ø 32, конус Морзе 3;

- цековка спеціальна ВК8 –цековка $\varnothing 42$, конус Морзе 3;
- втулка 6100-0315 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 1 на конус Морзе 4;
- втулка 6100-0258 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 2 на конус Морзе 4;

– патрон різнарізувальний 6162-4002-04 ГОСТ 25827-85.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-II - 630-0,1, ГОСТ 166-89;
- пробка 8221-3062 6Н ГОСТ 17758-72, пробка ПР/НЕ для контролю різі М16-6Н.

2.8 Розрахунок режимів різання

Операція 015 Токарна чорнова

Дано: $D = 583$ мм, $d = 560$ мм, $L = 123$ мм, матеріал – 20Х13, ріжучий інструмент – різець ВК8.

Алгоритм визначення режиму різання: $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_o$

Визначаємо глибину різання t :

$$z = \frac{D-d}{2}, \quad (2.6)$$

$$z = \frac{583 - 560}{2} = 11,5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S :

$$S_{таб} = (0,4 \div 0,8) \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_{таб} = 0,6$ мм/об; $S_{верст} = 0,6$ мм/об.

Розрахуємо швидкість різання V :

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (2.7)$$

Вибираємо необхідні дані з [3]

$$C_v = 217;$$

$$m = 0,2;$$

$$X = 0,15;$$

$$T = 30 \text{ хв};$$

$$y = 0,15;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

K_{nv} – вплив поверхні на швидкість;

K_{iv} – вплив інструмента на швидкість;

K_{mv} – вплив матеріалу на швидкість.

Приймаємо:

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,77,$$

$$K_{iv} = 0,65$$

$$K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0,77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою 2.7:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 97 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.8)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні;

V – розрахована швидкість різання.

$$n = \frac{1000 \cdot 97}{\pi \cdot 583} = 50 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата є частота 50 об/хв, отже її і приймаємо.

Знаходимо силу різання P_z :

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}, \quad (2.9)$$

де $C_{pz} = 300$; $X_{pz} = 1$; $Y_{pz} = 0,75$; $n_{pz} = -0,15$, згідно [3, таб.22, с. 273]

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{Y_{pz}} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz}$$

$$K_{mpz} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22; \quad (2.10)$$

де $K_{\varphi pz} = 0,98$; $K_{r pz} = 0,93$

$$K_{Y_{pz}} = 1,0;$$

$$K_{\lambda pz} = 1,0;$$

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{Y_{pz}} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz} = 1,22 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,11$$

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz} = 10 \cdot 300 \cdot 5,75^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 36,61^{-0,15} \cdot 1,11 = 11158 \text{ н}$$

Визначаємо потужність різання $N_{\text{різ}}$

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{11158 \cdot 36,61}{60 \cdot 1020} = 6,67 \text{ кВт}$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

Потужність верстата з урахуванням ККД:

$$N_{\text{ккд}} = N_{\text{дв}} \cdot \mu = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ кВт},$$

де $N_{\text{дв}}=24$ кВт – потужність двигуна головного руху з урахуванням ККД;

$\mu=80\%$ – ККД верстата;

($6,67 < 24$) – потужності верстата вистачить для обробки.

Основний час розраховуємо за формулою:

$$T_o = \frac{L+l'}{S_M} i, \quad (2.11)$$

де $L = 120$ мм – довжина обробки з урахуванням врізання;

$l' = 3$ мм – довжина врізання;

$n = 50$ об/хв – частота обертів шпинделя;

$S = 0,6$ мм/об – подача.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_o = \frac{123 \cdot 3}{50 \cdot 0,6} = 12,2 \text{ хв.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри режимів обробки токарної операції 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установ А								
Точіння пов. Ø563	3,75	0,6	50	97	3	123	12,2	Аналітичний
Точити торець Ø563/	2	0,6	50	97	1	14	0,47	Таблич-

Ø583								ний
Розточити отвір Ø447	5	0,6	80	28,1	20	62	25,83	Табличний
Точити конус 43°	3	0,6	80	28,1	10	70	14,6	Табличний
Точити торець Ø399/Ø246	3	0,6	80	25,1	2	80	1,66	Табличний
Установ Б								
Точити торець ø563/246	1	0,6	50	93	1	130	4,33	Табличний
Обточити поверхню Ø510	4	0,6	50	93	6	23	4,6	Табличний
Точити торець ø333/280	3	0,6	80	72	3	28	1,75	Табличний
Точити торець ø280/262	3	0,6	80	79	1	25	1,25	Табличний
Точити торець Ø262/246	2	0,6	80	75	1	21	1,05	Табличний
Точити отвір Ø252	3,5	0,6	80	75	2	53	2,65	Табличний
Всього							70,4	

Операція 025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для свердління отвору ø 14x37.

Дано: $D = 14$ мм; $L = 37$ мм; матеріал – 20X13; матеріал ріжучого інструменту – BK8; верстат – IP500ПМФ4; тип отвору – глухий.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 14/2 = 7 \text{ мм.}$$

1. З таблиці вибираємо $S_m = 0,25 \div 0,28$ мм/об, поправочні коефіцієнти:

$K_l = 0,9$ – коефіцієнт на глибину;

$K_o = 0,7$ – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{жс} = 0,75$ – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_i = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$S = 0,28 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,0648$, приймаємо $S_{дiйс.} = 0,07$ мм/об.

2. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (2.12)$$

де $T=30$ хв – стійкість ріжучого інструменту

Коефіцієнти для визначення швидкості різання:

$C_v = 9,8$;

$q = 0,4$;

$y = 0,45$;

$m = 0,12$.

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV} \quad (2.13)$$

де $K_{MV} = 1$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблюємого матеріала;

$K_{ПV} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{IV} = 1$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментального матеріалу .

Звідси:

$$V = \frac{9,8 \cdot 14^{0,45}}{30^{0,12} \cdot 0,07^{0,45}} = 54 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю верстату за формулою 2.8:

$$n = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 14} = 1228 \text{ об/хв};$$

Приймаємо $n = 1200$ об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі 2.9:

$$V = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 1200}{1000} = 52,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де $C_m = 0,041$, $q = 2,0$, $y = 0,4$ — коефіцієнти та показники в формулі
 $K_p = 0,9$ — поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив оброблюваність матеріалу;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 0,9 = 8,703 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Знаходимо осьове зусилля:

$$P_o = C_D \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{p1}, \quad (2.15)$$

де $C_D = 143$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ — коефіцієнти та показники ступенів у формулі.

$$P_o = 143 \cdot 10^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,9 = 262,57 \text{ Н.}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N_E = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (2.16)$$

$$N_E = \frac{8,703 \cdot 320}{9750} = 0,286 \text{ кВт};$$

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{ккд} = N_{дв} \cdot \mu = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт},$$

де $N_{дв} = 7,5$ кВт – потужність двигуна головного руху;
 $\mu = 80\%$ – ККД верстата.

(0,286 < 6) – потужності верстата вистачить для свердління отвору.

7. Розраховуємо основний час по формулі 2.10:

де $L = 37$ мм – довжина обробки з урахуванням врізання;

$l' = 3$ мм – довжина врізання;

$n = 1200$ об/хв – частота обертів шпинделя;

$S = 0,07$ мм/об – подача.

$$T_o = \frac{40}{1200 \cdot 0,07} = 1,3 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.7 – Параметри режимів обробки комплексної з ЧПК 025 операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	1	40	1,3	Аналітичний
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	2	27	1,7	Аналітичний
Розсвердлювання ø22	4	0,09	800	53,1	1	10	0,9	Табличний
Цекування ø42	21	0,56	600	79	1	2	0,9	Табличний

Цекування $\varnothing 36$	18	0,56	600	65	2	2	1,7	Табличний
Нарізання різі М16-6Н	0,5	1,25	200	10,6	1	32	1,4	Табличний
Нарізання різі М16-6Н	0,5	1,25	200	10,6	2	16	2	Табличний
Всього							9,9	

2.9 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норми штучно-калькуляційного часу на операції.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для токарно чорнової операції 015, за формулою:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_{\partial} = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.17)$$

де $T_{уст} = 3,68$ хв – час на установку і зняття заготовки краном [5];

$T_{уп} = 3,4$ – допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,5$ хв – час на вимірювання [5].

$T_{\partial} = 3,68 + 3,4 + 2,5 = 9,58$ хв.

Визначаємо оперативний час:

$$T_{on} = T_o + T_{\partial}, \quad (2.18)$$

$T_{on} = 3,7 + 9,58 = 13,28$ хв.

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} 4\% = 13,28 \cdot 0,04 = 0,53 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}. \quad (2.19)$$

$$T_{\text{шт}} = 13,28 + 0,53 = 13,81 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{нз}}}{N}, \quad (2.20)$$

де $T_{\text{нз}} = 35$ хв – підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, налаштування пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт. – кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 13,28 + 35/15 = 14,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для комплексної операції 025, за формулою:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}}, \quad (2.21)$$

де $T_{\text{уст}} = 4,2$ хв – час на установку і зняття заготовки вручну [5];

$T_{\text{уп}} = 6,3$ – допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{\text{вим}} = 2,2$ хв – час на вимірювання [5].

$$T_{\delta}=4,2+6,3+2,2=12,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{on} = T_o + T_{\delta},$$

$$T_{on} = 70,4 + 12,7 = 83,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\delta on} = T_{on} 4\% = 83,1 \cdot 0,04 = 3,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{on} + T_{\delta} \quad (2.22)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_{шт} = 83,1 + 3,3 = 86,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{N},$$

де $t_{нз} = 30$ хв – підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт – кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 86,4 + 30/15 = 88,4 \text{ хв.}$$

2.10 Проектування верстатного пристрою

Проектування верстатного пристрою на комплексну з ЧПК операцію
Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в трикулачковому патроні (встановленим на ділильну головку) з ручним приводом. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП) [8].

Дана операція комплексна на обробному центрі з ЧПК виконується на верстаті моделі IP500ПМФ4 (рис. 2.9).

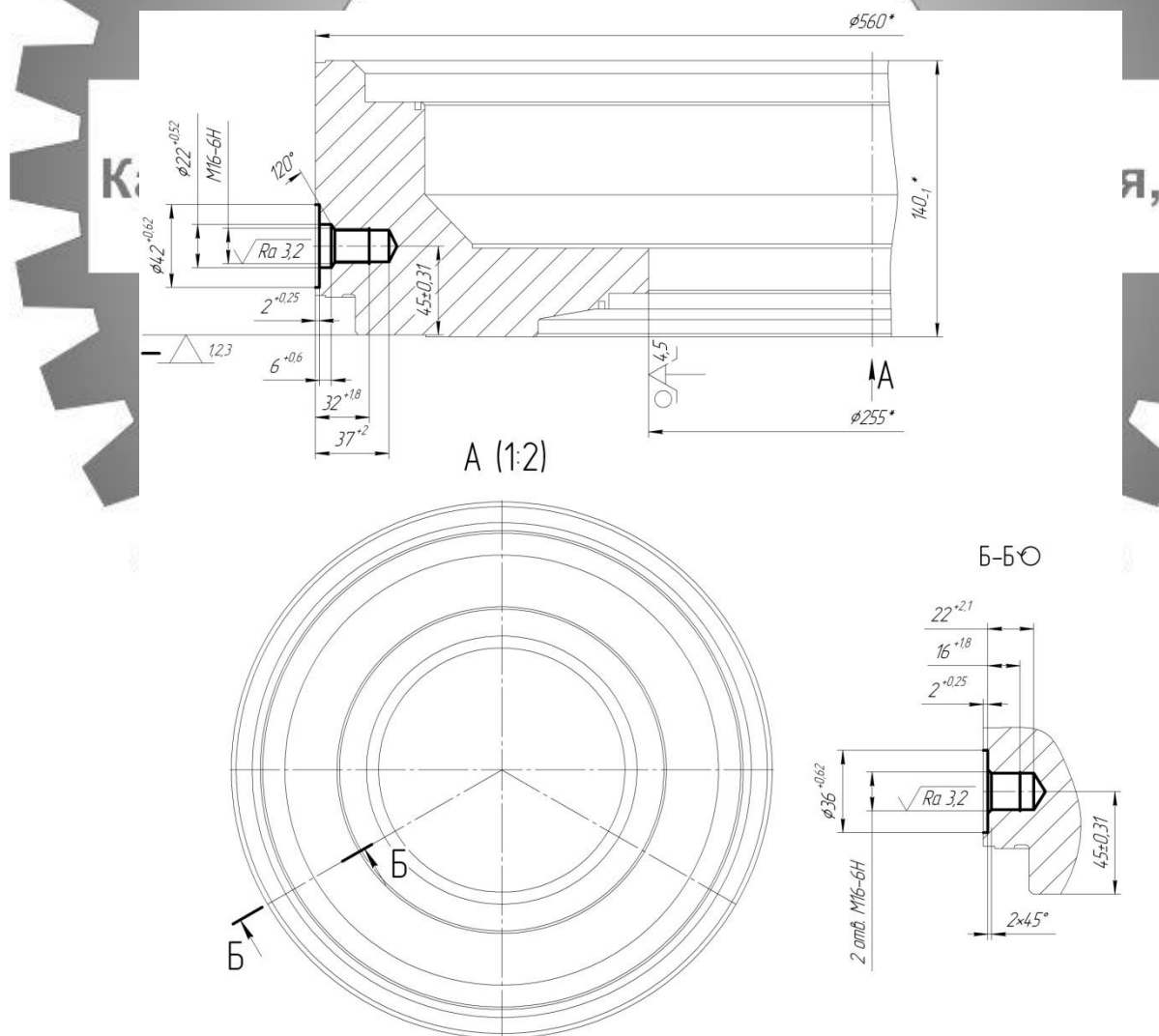


Рисунок 2.9 – Схема базування заготовки на комплексній з ЧПК операції

Уточнення мети технологічної операції.

На даній операції повинні формуватися такі розміри: різьбові отвори діаметром М16, отвір Ø22 мм, глибиною 6 (+1; 0), отвір Ø42 і глибиною 2 мм, отвір Ø36 і глибиною 2 мм, фаски 2x45° в двох отворах.

Отвір наскрізне Ø22 мм є вільним розміром, а значить відповідно до технічних вимог на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності [10].

$$T_{\varnothing 22} = 520 \text{ мкм}$$

На всі діаметри отворів у відповідності з технічними вимогами на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності.

На діаметр 42 = 620 мкм

$$T_{\varnothing 36} = 620 \text{ мкм}$$

Сумський державний університет

**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Точність різьбових отворів М16 забезпечується мітчиком.

Точність лінійних розмірів (глибини отворів) дуже груба, тому аналізувати по даному критерію розміри недоцільно.

Шорсткість оброблених поверхонь.

Шорсткість оброблених поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 12,5 мкм за критерієм Ra, окрім різі 3,2 мкм, що також забезпечується нарізанням мітчиком.

Аналіз базових поверхонь.

Конструкція пристосування буде припускати базування заготовки по торця і по внутрішній циліндричній поверхні Ø255H7.

Згідно креслення отвір Ø255 обробляється по IT7. Згідно [10] знаходимо значення допуску: $T_{\varnothing 255} = 63 \text{ мкм}$.

Це означає, що діаметр отвору виконаний з параметрами Ø255H7 (+0,063; 0). Довжина отвору 32 мм. Ставлення $l/d \ll 1$, що свідчить про можливість використання отвори як подвійної опорної бази.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для діаметра $\varnothing 225H7$ та торцю відповідає за критерієм Ra 1,6 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

У проектованому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 10 мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектоване пристосування.

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристрою проводиться в навчальних цілях.

Заготовка буде оброблятися на багатоцільовому верстаті IP500ПМФ4 з системою ЧПК WLM. Верстат призначений для обробки деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також, інших матеріалів. Поряд з фрезерними операціями на верстаті можна робити точне свердління, розточування, зенкування і розгортання отворів.

Обробка на даній операції здійснюється свердлами, цековками і зенківками, а також мітчиком. Пристосування має обслуговуватися верстатником 4-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Аналіз схем базування та закріплення був виконаний раніше.

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12, с.85]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.23)$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові неровності на оброблюваних поверхнях ($K_1 = 1,1$);

K_2 – коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затупити-лення ріжучого інструменту ($K_2 = 1,7$);

K_3 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому репізнанні ($K_3 = 1$);

K_4 – коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ($K_4 = 1,2$);

K_5 – коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($K_5 = 1$);

K_6 – коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$

Виходячи з того, що найбільша сила та крутний момент будуть виникати при свердлінні отвору $\varnothing 14$ мм у сполошному металі розрахунок сили затиску будемо проводити саме по критерію величини сил та моментів, що виникають при обробці даної поверхні. Осьова сила P_o при цьому буде діяти радіально на центральну оправку, на якій базується деталь, тому в розрахунках її можна не враховувати.

З попередніх розрахунків $M_{кр} = 8,7$ Н·м, тобто визначимо силу P_z , що буде намагатися опрокинути заготовку.

$$P_z = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D_{св}}, \quad (2.23)$$

де $D_{св} = 14$ мм – діаметр свердла.

$$P_z = 2 \cdot 8,7 / 0,014 = 1242 \text{ Н}$$

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

Сили тертя F_{mp1} і F_{mp2} будуть діяти на середньому діаметрі опорних площин.

Запишемо умову $M_{mp} > M$

Представимо $M_{mp} = K \cdot l \cdot P_z$

$$F_{mp1} \times \left(\frac{R_1}{2}\right) + F_{mp2} \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times P_z$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$W \times f_1 \times \left(\frac{R_1}{2}\right) + W \times f_2 \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times P_z$$

$$R_1 = \frac{D_{вн} + D_{св}}{2} = \frac{360 + 255}{2} = 307,5 \text{ мм}$$

де D – зовнішній діаметр шайби

$R_2 = (449 + 366) / 2 = 407,5$ мм, де 449 і 366 – розміри, що характеризують опорний торець деталі.

$$l = 560 / 2 = 280 \text{ мм}$$

$f_1 = f_2 = 0,25$ – коефіцієнти тертя по площинах шайби - деталь і деталь-торець пристосування відповідно.

Виразимо силу закріплення W

$$W = \frac{K \times l \times P_z}{f \times \left[\frac{R_1 + R_2}{2} \right]} = \frac{3,366 \times 280 \times 1242}{0,25 \times (307,5 + 407,5) / 2} = 16152 \text{ Н}$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу $5 \div 10$ мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою [2]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{16152}{0,4}} = 296,3 \text{ мм} \quad (2.24)$$

де $p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі.

Приймаємо по ГОСТ найближчий більший діаметр $D = 320$ мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 320 мм по ГОСТ.

$$W_{\phi} = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{320^2 \times 0,4}{1,13^2} = 18020 \text{ Н}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Точнісні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні до пристрою.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жостким допуском на кресленні $\epsilon 45 \pm 0,31$ мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні $\text{Ø}255\text{H}7$, тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [13, с 26]:

$$\epsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{K_{T1} \cdot \epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_u^2 + K_{T2} \cdot \omega^2 + \epsilon_{noz}^2}, \quad (2.25)$$

де T – допуск розміру $T = 0,62 \text{ мм} = 620 \text{ мкм}$;

K_T – коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T = 1,2$;

K_{TI} – коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку $K_{TI} = 0,85$;

ε_δ – похибка базування заготовки, яка в даному випадку буде дорівнює максимальному зазору між оправленням і отвором деталі.

$$\varepsilon_\delta = S_{max} = 225,052 - 224,968 = 0,085 \text{ мм} = 85 \text{ мкм.}$$

ε_z – похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $= 0$;

ε_y – похибка установки пристосування на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці 32H9/h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n – похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься спіральними свердлами відповідного діаметру, але перед цим отвори необхідно зацентрувати центрувальним свердлом, щоб виключити (або принаймні мінімізувати відведення свердла). Тобто похибка перекоса $= 0$.

ε_u – похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N, \quad (2.27)$$

де $\beta_2 = 0,001$ – постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [14];

N – число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 150 шт.
Пристрій передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_r \cdot n = 150 \cdot 2 = 300 \text{ шт.}$$

$$\varepsilon_s = 0,001 \cdot 300 \text{ мм} = 300 \text{ мкм.}$$

K_{T2} – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14] $K_{T2} = 0,6$;

w – середня економічна точність обробки, по [14] при свердлінні отворів середня економічна точність – 12 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск на найбільший діаметр оброблюваного отвору по 12-му квалітету тобто для отвори $\varnothing 42H12$ $w = 250$ мкм;

$\varepsilon_{поз}$ – похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата IP500ПМФ4, на якому буде проводиться обробка = 20 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристрою, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 620 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 65)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 300^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 20^2} = 620 - 546,3 = 73,7 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше значення допуску паралельною торцевої поверхні деталі опора до підстави плити. Дана вимога, а саме паралельність двох поверхонь прийнято тому, що саме ця похибка буде надавати найбільший вплив на точність обробки, а саме витримування в заданих межах допуску.

Найближче стандартне значення допуску паралельності по [15] 60 мкм для діапазону розмірів 250-300 мм, в який входить розмір $\varnothing 255$ – площини торця, відповідає 9-й ступені точності.

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск паралельності торця стакана до основи плити рівний 0,06 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій у збірці має задовольняти технічним вимогам-ям креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з плити під якою змонтована пневмокамера і на якій встановлено стакан. При подачі стисненого повітря в і верхню порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря по-засобом перемикавання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки за допомогою пружини (камера односторонньої дії).

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компоновки пристосування приймемо різьбу на штоку M12x1,75-6g. Сила на штоку $W = 7618$ Н, матеріал гвинта – сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - \sqrt{0,541P} \cdot 2 \quad (2.28)$$

де d_n – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

$$d_6 = 24 - (0,541 \cdot 3) \cdot 2 = 20,9065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{ рез}} = \frac{\pi d_6^2}{4}, \quad (2.29)$$

де d_g – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 20,1065^2}{4} = 18,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$\sigma_{P \text{ --}} = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (2.30)$$

Тобто $\sigma_{P \text{ --}} = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа}$.

Запишемо умова міцності на розтягнення:

$$\sigma_P = \frac{W}{S_{\min \text{pez}}} \leq \sigma_{P \text{ --}} \quad (2.31)$$

$\sigma_P = \frac{18020}{180,22} = 100 < 150 \text{ МПа}$ – отже міцність штока забезпечується, так як

міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовій ділянці).

2.11 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі секція у якості заготовки була прийнята ковка на пресах, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Виконано аналіз схем базування та закруплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню $\text{Ø}450\text{H}7$, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для координатно-розточувальної операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також на основі розрахунків виконано комплект технологічної документації.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

За тематикою роботи необхідно виконати удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі секція НВП 122.10.155-03 шляхом оптимізації режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях.

Так як режими різання тісно пов'язані із характеристиками металообробного обладнання, то розглянемо основні типи металорізальних верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи.

3.1 Статистичний огляд характеристик сучасних металорізальних верстатів

У даний час, в умовах швидкого впровадження інноваційних технологій у машинобудуванні, використання металорізального обладнання, яке відповідає сучасним стандартам, є невід'ємною частиною кожного машинобудівного підприємства. Рациональний вибір верстатів та їх ефективне використання дозволяє випускати конкурентоспроможну продукцію.

За даними [20] близько 80% це верстати вертикального компонування, що мають робочий стіл шириною 250–630 мм, довжиною до 1200 мм, а максимально допустиме навантаження на робочий стіл верстата не перевищує 1000 кг, отже в заданих виробничих умовах та враховуючи конфігурацію деталі, що задана у дипломному проектуванні при визначенні оптимальних режимів оброблення будемо керуватися вищевказаними статистичними даними та оберемо верстат вертикального компонування. Також для аналізу встановлено, що близько 50% верстатів мають частоту обертання шпинделя від 5000 до 10000 об/хв., а майже у 66% верстатів вертикального компонування та 44% верстатів горизонтального компонування потужність головного приводу не перевищує 20 кВт. Аналіз верстатів за місткістю інструментальних магазинів показав, що 93% верстатів вертикального компонування та 75% верстатів горизонтального компонування здатні розмістити до 40 різальних інструментів. Щодо кількості керованих осей координат, то 50%

свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів мають до трьох осей, 35% – до чотирьох осей та 15% до п'яти осей координат [21].

Отримані узагальнюючі дані дозволили визначити основні тенденції розвитку у верстатобудуванні на найближчі роки, що можна представити у наступному [28–31]:

– подальше вдосконалення інтеграції процесів створення та використання верстатобудівної продукції, яке забезпечується накопиченим досвідом створення баз знань і баз даних, керованих ЕОМ останнього покоління.

– використання високих швидкостей головних і допоміжних рухів при малих величинах дискретності переміщень і точності позиціонування за керованими координатами;

– підвищення потужності приводу головного руху з забезпеченням високої жорсткості, вібростійкості та термостійкості обладнання, зокрема, за рахунок вібростійкості нових матеріалів для несучих елементів верстатів і застосування віброгасників різних конструкцій;

– використання продуктивного та зносостійкого інструменту з наявністю засобів контролю та діагностики його стану;

– забезпечення мобільності створення різних модифікацій базових моделей обладнання відповідно до вимог замовлення;

– подальше збільшення концентрації технологічних переходів на кожній одиниці обладнання, у тому числі із забезпеченням послідовного виконання попередньої і остаточної обробки;

– забезпечення гнучкості обладнання, керованого за допомогою СЧПК, і в тому числі працюючого в інтегрованому виробництві з програмою, яка часто змінюється, наприклад, за рахунок можливості децентралізації управління для реалізації нових вимог;

– інтенсивний розвиток керованих за допомогою комп'ютерної техніки електрофізикохімічних методів високопродуктивної та точної обробки нових важкооброблюваних матеріалів і деталей складної форми;

- вдосконалення різних способів надточної обробки, зокрема, з використанням нанотехнологій;
- створення обладнання нового покоління, що забезпечує виготовлення на одній робочій позиції виробів дуже складної форми, зокрема, із застосуванням гексаподів, що реалізують до шести керованих координат.

3.2 Сучасний стан досліджень в області оптимізації режимів різання

Режими різання – це сукупність значень швидкості різання, подачі чи швидкості руху подачі та глибини різання. Від режимів різання залежить час обробки, якість обробленої поверхні, стійкість інструменту, необхідна потужність, а також інші супутні фактори.

Режими вираховуються за формулами аналітичним або табличним методами. Сучасні виробники різального інструменту у каталогах до своєї продукції надають рекомендаційні режими, але вони також мають бути скориговані у відповідності до конкретних умов обробки і умов організації виробництва.

Основні підходи до вирішення завдань оптимізації процесу механічної обробки.

До теперішнього часу сформувалися різноманітні підходи до вирішення завдань оптимізації в машинобудівному виробництві.

Аналіз підходів до розрахунку режимів різання і технічних норм часу, які використовуються на підприємствах, показав, що останні практично всі застосовують збірник "Устаткування й нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах [31]. Використання на підприємствах централізовано розроблених нормативів дозволяє уніфікувати призначення норм і режимів і характеризує приблизно-кові рівний рівень напруженості норм на різних підприємствах. Разом з тим, на багатьох підприємствах використовують ряд нових оброблюваних матеріалів і ріжучих інструментів. Розробкою нормативів на механічну обробку в цих випадках займаються заводські нормативно-дослідні бюро. Необхідно враховувати, що загальномашинобудівні нормативи забезпечують тільки наближений рівень норм рівної напруженості. Багато що залежить від

правильності користування нормативами. У загальномашинобудівних нормативах [31] певні рішення відповідають початковим умовам їх вибору. При розробці алгоритмів розрахунку режимів різання утруднений пошук відповідності результатів розрахунку і результатних даних, що стосуються розробляється технологічного процесу. Тому часто в розроблюваних алгоритмах враховується проміжна умовно-постійна інформація, яка відображає специфіку певних виробничих умов. При цьому, внесення змін в такі алгоритми і програми важко.

Ряд існуючих робіт по оптимізації режимів різання орієнтується на дослідженні впливу змінних на процес різання з використанням емпіричних залежностей в задачах збільшення продуктивності і стійкості ріжучих інструментів, а також продуктивності верстатів при заданих вимогах до точності і шорсткості поверхонь деталей. Свого часу розробці емпіричних формул були присвячені роботи [32-35] та інших дослідників в області різання металів.

У роботах ряду авторів щодо оптимізації режимів різання використовуються раніше створені і формуються нові емпіричні формули, що відображають залежність змінних, що впливають на процес різання [36 - 38]. Аналіз цих та інших робіт в цій галузі показав, що складно знайти такі аналітичні формули, які будуть відображати взаємозалежність всіх факторів, що впливають на різання.

При виборі режимів різання на основі емпіричних формул також не представляється можливим виявити залежності між безліччю факторів, що впливають, таких як вібрація, охолодження ЗОР, геометричні форми ріжучих пластин і т.д. У зв'язку з цим розрахунок режимів різання за емпіричними формулами був прийнятний і досить ефективний для обмеженої номенклатури металорізальні верстати та обмеженої номенклатури матеріалів ріжучих інструментів і оброблюваних матеріалів.

У роботах по оптимізації режимів різання [39, 40], використовуються поняття стійкості різального інструменту (PI), при якій забезпечується максимальна продуктивність верстата $T_{\text{пр.мах}}$ (стійкість максимальної продуктивності) і стійкість PI, при якій забезпечується найменша собівартість $T_{\text{стоим.мін}}$ (економічна стійкість). Для визначення значень $T_{\text{пр.мах}}$ и $T_{\text{стоим.мін}}$ використовуються відомі фо-

рмули продуктивності Π як функції від штучного часу t_{um} і змінної частини собівартості $A_{пер}$. В результаті послідовних перетворень та подання цих рівнянь як функцій від періоду стійкості T визначаються значення $T_{пр.мах}$ и $T_{стоим.мін}$ взяттям першої похідної цих рівнянь по T і прирівнювання її нулю. Аналіз отриманих результатів показує залежність оптимальної стійкості від величини μ – величина, зворотної показником відносної стійкості і часу на зміну інструменту. Причому стійкість найменшої собівартості завжди більше стійкості найбільшої продуктивності на величину приведених витрат на виготовлення і експлуатацію інструменту. Для обчисленої таким чином стійкості PI можна підібрати безліч поєднань глибини різання t , подачі S і швидкості різання V . Найвигідніший режим різання розглядається авторами [39, 40] як режим, що забезпечує найменшу собівартість обробки за умови задоволення всіх вимог до якості продукції та заданої продуктивності верстата. Розглядаючи стійкість інструменту як постійну величину для досягнення мінімального машинного часу (максимальної продуктивності) запропонована наступна послідовність процедури визначення режимів різання [39, 40]:

- 1) вибір PI ;
- 2) встановлення глибини різання;
- 3) визначення подачі;
- 4) визначення V_T , що забезпечує найвигідніший період стійкості інструменту.

Аналогічний підхід висвітлений в [41] і навчальному посібнику [42]. В роботі [41] розглядається ситуація, коли задана точність оброблюваної заготовки, яка допускає різання за один прохід і глибина різання t приймається рівною припуску на обробку. У цьому випадку пропонується два можливих рішення:

1. Поставити максимально можливу подачу S , допустимою якістю продукції, що виготовляється деталі і технічними обмеженнями і знайти значення швидкості різання V_o , яка відповідає прийнятним критерієм оптимізації.

2. Знайти комбінацію подачі і швидкості різання, які відповідають прийнятним критерієм оптимізації.

В [41] детально наводиться процедура оптимізації режимів різання, як на монотонному, так і немонотонному ділянках стойкостної залежності $T - V$.

У тих випадках, коли на кривій $T = f(V)$ немає точок перегину, тобто коли при збільшенні швидкості стійкість РІ безперервно зменшується, процедура оптимізації режимів різання реалізується шляхом формування критерію технологічної собівартості C , взяття першої похідної по швидкості і при-равнівані її нулю. В результаті цього визначається оптимальне значення швидкості різання V_{Cmin} п як функції від показника відносної стійкості mv і часу зміни інструмента τ_{cm} . При цьому значенні швидкості визначається економічний період стійкості T_{ek} , при зменшенні якого, відповідна швидкість V_{Cmin} буде збільшуватися, а, отже, і збільшуватися продуктивність обробки.

Аналогічна процедура може бути використана і для пошуку швидкості $V_{Пmax}$ за критерієм максимальної продуктивності і відповідного значення періоду стійкості з найбільшою продуктивністю ТНП [41]. Аналогічно робіт [39, 40] робиться висновок про те, що період стійкості найбільшої продуктивності менше економічного періоду стійкості $T_{НП} < T_{ek}$, а швидкість різання $V_{Пmax}$ більше швидкості V_{Cmin} .

Інша ситуація виникає при обробці сталей твердосплавним інструментом, коли стойкостная залежність описується кривою, на якій є екстремальні значення (максимум і мінімум) і точки перегину. Ділянка такої кривої апроксимується комбінацією статечної і експоненційної функцій і виражається залежністю [33, 34]

Розроблення методології оптимізації режимів різання полягає у визначенні порядку розрахунку параметрів режиму оброблення для конкретного переходу та приведення їх значень з максимальним наближенням до критерію оптимальності.

Режим різання, що розрахований за традиційною методикою, яка основана на послідовному визначенні глибини різання, подачі та швидкості різання, не може бути оптимальним, тому що він розрахований в основному для максимального використання тільки різальних властивостей інструменту.

При роботі за один прохід, коли глибина різання дорівнює припуску на обробку, режим різання буде оптимальним, якщо вибрані такі комбінації подачі та

числа обертів шпинделя, коли прийнятий критерій оптимальності досягне мінімуму чи максимуму.

3.3 Поняття про оптимальний режим різання

Оптимальний режим різання знаходять за умови врахування відомих фізичних зв'язків між окремими параметрами режиму та заданими обмеженнями, що визначаються верстатом і технологічними вимогами до обробки.

Як критерій оптимальності найчастіше використовують локальні критерії, наприклад, стійкість інструменту, основний технологічний час обробки, собівартість операції, але завжди є можливість застосування й інших критеріїв.

При використанні ЕОМ режим різання знаходять за допомогою методу лінійного програмування.

Одне з найбільш поширених завдань – пошук оптимальних умов функціонування системи різання. Процедура пошуку складається з таких дій:

- встановлення меж технологічної системи, всередині яких можуть знаходитися експериментальні значення або формування набору технічних обмежень;

- визначення цільового кількісного критерію оптимізації або цільової функції, на основі яких можливо провести аналіз варіантів з метою визначення найкращого;

- побудова математичної моделі, яка відображає взаємозв'язки між змінними та являє собою сукупність рівнянь і нерівностей, що відображають цільову функцію та обмеження.

Залежно від кількості цільових функцій розрізняють одно- та багатокритеріальні оптимізаційні завдання, а від виду цільової функції та обмежень – оптимізаційні завдання лінійні й нелінійні.

3.4 Оптимізація режимів різання при свердлінні

Технологічні особливості свердління

Свердління призначено для одержання в суцільному металі глухих та наскрізних отворів, що відповідають 14 – 11 квалітетам точності, шорсткості Ra 50 ... Ra 12,5 і відрізняються:

- змінною швидкістю різання по довжині різальної кромки від 0 до V_{max} ;
- змінними переднім і заднім кутами по довжині різального леза;
- наявністю поперечної кромки, що утруднює процес різання;
- утрудненим видаленням стружки;
- низькою жорсткістю інструменту.

При свердлінні деталей із сталей та важкооброблюваних сплавів застосовуються як стандартні, так і спеціальні свердла підвищеної жорсткості, що зроблені із швидкорізальних сталей (P6M5, P6M5K5, P9M4K8) чи твердих сплавів (BK8, BK10M). Наприклад, при обробці заготовок із сплавів на титановій основі має сенс застосовувати чотирістрічкові спіральні свердла, що мають підвищену стійкість та обмежують збільшення діаметра отвору порівняно із звичайними двострічковими свердлами.

У процесі свердління конструкційних матеріалів інструмент знаходиться під дією значних осьових стискних сил P_o і крутного моменту $M_{кр}$. Ці фактори лімітують вибрані режими різання і є основними при розгляді комплексу обмежень у завданні оптимізації.

Формування технічних обмежень.

1. Обмеження відносно різальних можливостей (швидкості різання) інструменту.

Це обмеження відтворює взаємний зв'язок між швидкістю різання V та показником оброблюваності V_T :

$$V = V_T,$$

$$V_T = \frac{C_V \cdot D^q \cdot k_V}{T^m \cdot s^y} \quad (3.1)$$

Використовуючи ці залежності, зводимо обмеження до явного вигляду:

$$n \cdot s^y \leq \frac{318 \cdot D^{(q-1)} \cdot C_V \cdot k_V}{T^m} \quad (3.2)$$

З урахуванням даних з формули 2.1 отримаємо:

$$n \cdot s^y \leq \frac{318 \cdot 14^{2,0-1} \cdot 200 \cdot 1,0}{30^{0,2}} = 16850.$$

2. Обмеження відносно потужності верстата

Обмеження зв'язує крутний момент, що потрібен при свердлінні M_{KP} , і крутний момент, що виникає на шпинделі верстата $M_{KP.B}$, тобто:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$M_{KP} \leq M_{KP.B},$$

$$M_{KP} = 10 C_M D^q s^y k_p, \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.3)$$

$$M_{KP.B} = \frac{9750 N_B \eta}{n}, \text{ Н}\cdot\text{м};$$

де N_B – потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт;

n – число обертів, об/хв.

Порівнюючи праві частини останніх двох залежностей і зробивши відповідні перетворення, одержимо:

$$n s^y = \frac{9750 N_B \eta}{C_M D^q k_p}, \quad (3.4)$$

З урахуванням даних з формули 2.9 отримаємо:

$$n \cdot s^y \leq \frac{975 \cdot 7,5}{200 \cdot 14^{0,2} \cdot 1} = 33,4.$$

Отже, розраховане обмеження МКР характеризує вибрану потужність верстата.

3. Обмеження відносно міцності механізму подачі верстата

Для здійснення процесу різання потрібно, щоб виконувалася умова:

$$P_o = 10C_P D^q s^y k_p \leq P_B, \quad (3.5)$$

де $P_o, [P_B]$ – відповідно осьова і максимальна сили різання, що допускаються механічним приводом подач верстата. В явному вигляді це обмеження записується так:

$$s^y \leq \frac{P_B}{10C_P D^q k_p} \quad (3.6)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$s^y \leq \frac{2500}{10 \cdot 240 \cdot 14^{0,2} \cdot 1,0} = 1,6.$$

4. Обмеження відносно міцності інструменту

Умова міцності свердла визначається за формулою:

$$\tau_c = \frac{1,73M_{кр}}{W} \text{ або } \frac{1,73 \cdot 10C_M D^q s^y \cdot k_p}{0,02D^3} \leq \frac{\sigma_B}{k_3} \quad (3.7)$$

де τ_c – сумарне напруження, що дорівнює сумі нормального напруження (складає $0,73\tau_c$) від сили P_o та дотичного напруження від МКР, МПа;

σ_B – тимчасовий опір матеріалу свердла розриву, МПа;

k_3 – коефіцієнт запасу міцності, $k_3 = 1,5 - 2$;

W – момент опору свердла, мм^3 , $W = 0,02D^3$.

Після відповідних перетворень одержуємо, що:

$$s^y \leq \frac{0,02D^3\sigma_B}{1,73 \cdot 10C_M \cdot D^q k_p k_3} \quad (3.8)$$

$$s^y \leq \frac{0,02 \cdot 16^3 \cdot 450}{1,73 \cdot 10 \cdot 210 \cdot 14^{0,3} \cdot 1,0 \cdot 1,5} = 0,422.$$

Наведене обмеження гарантує цілісність свердла в умовах напружень, що виникають у його матеріалі.

5. Обмеження відносно жорсткості інструменту.

Жорсткість інструменту впливає на точність обробки, при цьому осьова сила P_o не повинна перевищувати допустиму (критичну) осьову $[P_o]_{кр}$.

$$P_o \leq P_o \text{ кр}$$

$$10C_p D^q s^y k_p \leq \frac{k_y EI}{L^2}, \quad (3.9)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
де k_y – коефіцієнт втомитості, $k_y = 2,46$;

E – модуль пружності матеріалу свердла, МПа;

I – момент інерції свердла, мм^4 , $I = 0,039D^4$;

L – довжина вильоту свердла.

В явномувигляді це обмеження записується так:

$$s^y \leq \frac{k_y EI}{10C_p D^q k_p L^2}. \quad (3.10)$$

Отже:

$$s^y \leq \frac{2,46 \cdot 260 \cdot 0,038 \cdot 14^4}{10 \cdot 210 \cdot 14^{0,3} \cdot 1,0 \cdot 1,23^2} = 0,87.$$

Виконання обмеження гарантує цілісність свердла в умовах можливої втрати поздовжньої утоми.

6. Обмеження, що визначаються кінематикою верстата

Дані обмеження враховують взаємний зв'язок розрахункових значень частоти обертання та подачі з тими значеннями, що допускаються кінематикою верстата. Ці умови можуть бути записані у вигляді таких нерівностей:

$$n_{B.min} \leq n \leq n_{B.max}; s_{B.min} \leq s \leq s_{B.max} \quad (3.11)$$

$$31 \leq n \leq 1400; 0,1 \leq s \leq 1,6.$$

Для більшості виробничих ситуацій, коли в розрахунках використовуються значення економічних періодів стійкості інструменту, як цільову функцію слід вибирати найменший основний час t_0 или питомі витрати на обробку C_y :

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$t_n \leq \frac{L}{s \cdot n} = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n};$$

$$C_y = \frac{a_1}{q} \frac{1 + \frac{a_n \cdot 1}{a_1 \cdot T}}{s \cdot n} \quad (3.12)$$

де L – довжина обробки, мм

l – довжина обробки, мм

l_1, l_2 – довжини врізання та перебігу інструмента, мм

a_1 – вартість верстатохвилини основного обладнання, грн/хв

q – параметр різання

a_n – витрати на інструмент протягом періоду стійкості, грн.

Розробка математичної моделі процесу різання.

Математичною моделлю в завданні оптимізації режимів різання при свердлінні є сумісна система одержаних нерівностей і рівняння цільової функції. Залежно від застосованого методу вихідна модель підлягає відповідним перетворен-

ням, щоб бути зорієнтованою на найбільш поширений метод лінійного програмування. Перетворення вихідної моделі здійснюється логарифмуванням виразів обмежень і цільової функції та одержанням відповідних лінійних форм.

Введемо позначення:

$$\ln n = x_1; \ln So = x_2$$

Перетворивши таким чином нерівності обмежень, одержимо систему A лінійних нерівностей та лінійну функцію.

Наведена форма математичної моделі A являє собою опис процесу різання при свердлінні, незалежно від типу верстата та умов обробки.

Для визначення оптимальних режимів за допомогою моделі потрібно знайти позитивні значення x_1, x_2 , для яких лінійна форма цільової функції була б максимальною.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$x_1 + ux_2 \leq b_1$$

$$x_1 + ux_2 \leq b_2$$

$$ux_2 \leq b_3$$

$$ux_2 \leq b_4$$

$$ux_2 \leq b_5$$

$$x_1 \leq b_6$$

$$x_1 \geq b_7$$

$$x_2 \leq b_8$$

$$x_2 \geq b_9$$

$$f_0 = (x_1 + x_2) \rightarrow \max$$

$A,$

(3.13)

Отже:

$$x_1 + ux_2 \leq 16850$$

$$x_1 + ux_2 \leq 33,4$$

$$ux_2 \leq 1,6$$

$$ux_2 \leq 0,42$$

$$ux_2 \leq 0,87$$

$$x_1 \leq 1400$$

$$x_1 \geq 31$$

$$x_2 \leq 1,6$$

$$x_2 \geq 0,1$$

$$f_0 = (x_1 + x_2) \rightarrow \max$$

A

Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання.

Для визначення n_o та s_o графічним шляхом потрібно побудувати багатокутник можливих розв'язків системи обмежень, що входять в A . На рис. 3.1 зображені прямі нерівності системи A і виділена область можливих розв'язків $ABCD$ цієї системи. Граничні прямі AB , BC , CD і DA , перетинаючись між собою, створюють багатокутник, всередині якого кожна із точок задовольняє нерівності всіх граничних прямих системи A , що беруть участь у його створенні. Для визначення оптимального поєднання елементів n_o і s_o слід встановити, в якій із точок побудованого багатокутника $ABCD$ лінійна функція двох змінних $f_o = x_1 + x_2$ буде набувати максимального значення. Для цього потрібно переміщати пряму f_o паралельно самій собі в напрямку від початку координат. У вершині C багатокутника цільова функція f_o набуде найбільшого значення. Отже, вершина C є точкою оптимуму, а її координати n_o та s_o – оптимальним розв'язком моделі A .

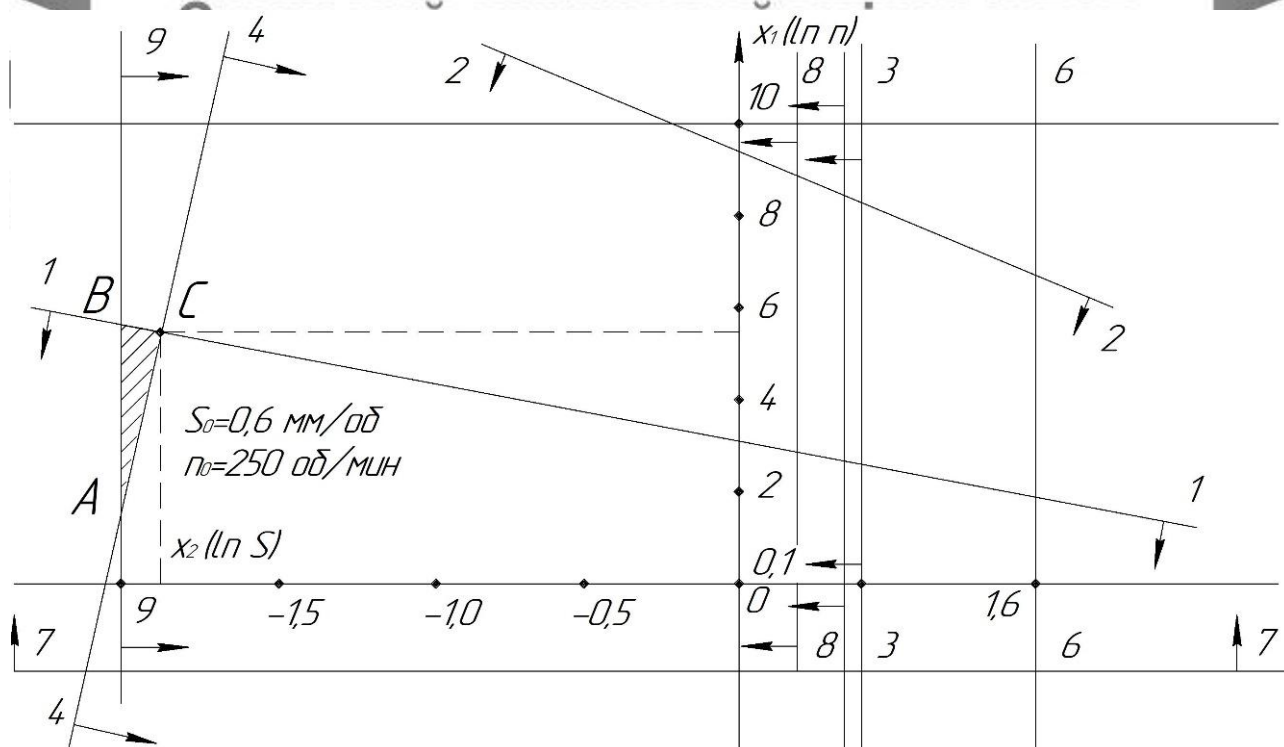


Рисунок 3.1 – Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання при свердлінні

Таким чином оптимальним режимом різання на технологічному переході свердління отвору $\varnothing 14$ мм буде: $S_o = 0,6$ мм/об, $n = 250$ об/хв, $V = 12,56$ м/хв.

3.5 Оптимізація режимів різання при фрезеруванні

Фрезерування – це метод багатолезовий обробки площин пазів, фасонних поверхонь, тіл обертання, а також виготовлення шліців і розрізання заготовки, що дозволяє отримати шорсткість поверхні Rz 40 ... Ra 2,5 і квалітет точності 12 ... 9. До особливостей процесу різання при фрезеруванні відносяться:

- одночасне перебування в процесі різання декількох зубів. Чим більше це число, тим менше інтенсивність коливань при різанні;
- циклічність напружень на ріжучих крайках в режимі: навантаження – відпочинок;
- періодично повторюється врізання зуба в метал, що приводить до ударних навантажень на ріжучі кромки, а також при наявності радіуса округлення, виникнення певного періоду ковзання без різання;
- змінність навантаження ріжучої кромки за один цикл різання, обумовлена змінною величиною площі зрізається.

Процес фрезерування відбувається в рамках конкретної технологічної системи і описується певними допустимими характеристиками потужності різання, рівнями навантажень на інструмент, стійкістю і надійністю функціонування. Склад обмежень на можливі набори режимів різання включає наступну сукупність.

Технічні обмеження

1. Обмеження по ріжучим властивостям інструменту:

$$n \cdot s^{yV} \leq \frac{318 \cdot C_V D^{(q-1)} \cdot k_V}{T^m t^{xV} \cdot z^{uV} \cdot B^{rV}}, \quad (3.14)$$

де $D_\phi = 25$ мм – діаметр фрези, мм;

$z = 3$ – число зубів;

$B = 10$ мм – ширина фрезерування.

Тоді:

$$n \cdot s^{yV} \leq \frac{318 \cdot 220 \cdot 25^{2,1-1} \cdot 1,0}{180^{0,2} 3,5^{0,2} \cdot 3^{2,0} \cdot 50^{1,0}} = 53,38.$$

2. Обмеження по потужності верстата:

$$n \cdot s^{yp} \leq \frac{975 \cdot 10^3 N_{CT} \eta \cdot K_{Cz}}{C_p \cdot t^{xp} \cdot z^{yp} \cdot B^{rp} K_p \cdot D_\phi^{1-qp}}, \quad (3.15)$$

$$n \cdot s^{yp} \leq \frac{975000 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 1,4}{180 \cdot 3,5^{0,2} \cdot 3^{2,0} \cdot 50^{1,0} 1,0 \cdot 25^{1-0,2}} = 61,15.$$

3. Обмеження по міцності механізму подач верстата.

Для здійснення процесу фрезерування необхідно, щоб виконувалася умова:

$$P_{II} \leq P_p + F, \quad (3.16)$$

де P_{II} – сила, яку долає механізм подачі верстата.

У загальному випадку

$$P_n = P_p + F,$$

де F – сила тертя в напрямних верстата.

Для процесу фрезерування сила P_{II} визначається по такій залежності (з урахуванням співвідношень [16] і значення коефіцієнта тертя $f = 0,1$)

$$P_{II} = P_\eta + f(P_z + P_y + P_x), \quad (3.17)$$

$$P_{II} = 0,7P_z + 0,1 P_z + 0,4P_z + 0,5P_z = 0,89P_z.$$

В явному вигляді обмеження по подачі набирає вигляду:

$$n \cdot s^{up} \leq \frac{P_{ст}}{C_p \cdot t^{xp} \cdot z^{up} \cdot B^{rp} K_p \cdot D_\phi^{1-qp}} \quad (3.18)$$

$$S_z^{0.78} \leq \frac{6200 \cdot 82^{1.1}}{0,89 \cdot 10 \cdot 218 \cdot 50 \cdot 0,92 \cdot 600} = 0,69.$$

Обмеження по міцності фрези, міцності твердосплавної пластини, жорсткості різального інструменту і оброблюваної деталі, як правило, не враховуються при вирішенні задач оптимізації.

4. Параметричні обмеження, що накладаються кінематикою верстата:

$$n_{ст.min} \leq n \leq n_{ст.max} \quad (3.19)$$

$$S_{ст.min} \leq S \leq S_{ст.max}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$40 \leq n \leq 2000;$$

$$0,00083 \leq S_z \leq 8,3.$$

Цільові функції при фрезеруванні

1. Основний час на операцію, що виконується на фрезерних верстатах, підраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{l+l_1+l_2}{S_z \cdot z \cdot n} \cdot i, \quad (3.20)$$

де L – довжина шляху, пройденого інструментом у напрямку подачі, мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 – величина на врізання та перебіг, мм;

l_2 – допоміжна довжина на взяття стружки, мм;

S_M – допоміжна довжина на взяття стружки, мм;

i – число проходів.

$$t_0 = \frac{l + 0,5 \cdot (150 - \sqrt{150^2 - 100^2} + 5 + 10)}{6 \cdot S_z \cdot n} = \frac{45,92}{S_z \cdot n}$$

2. Змінна частина собівартості C , що залежить від режимів різання, записується у вигляді:

3.

$$C = A \cdot t_M + A_{\text{П}} \cdot t_{\text{CM}} + A_{\text{П}} \cdot \frac{t_M}{T}, \quad (3.21)$$

де A – вартість машинного часу, коп./хв;

$A_{\text{П}}$ – приведені витрати, що обумовлені експлуатацією ріжучого інструменту, коп./хв;

$t_0 \approx t_M$ – машинний час, хв;

t_M – час на зміну інструмента, хв.

Час зміни інструменту при фрезеруванні залежить від числа зубів фрези і способу заточки задньої поверхні (без затилування, одне і дворазове затилування) і може бути записано у вигляді:

$$t_{\text{CM}} = t_y + t_3 \cdot z, \quad (3.22)$$

де t_y – час на установку фрези та нагодження верстату, хв;

t_3 – час на заточку одного зуба, хв.

Математична модель процесу фрезерування

Математичною моделлю в задачі оптимізації режимів різання при фрезеруванні є сукупність системи нерівностей (3.14-3.19) і рівняння цільової функції (3.20) або (3.21).

При використанні методу лінійного програмування шукана модель процесу являє собою:

$$\begin{aligned}
 x_1 + y_V x_2 &\leq b_1 \\
 x_1 + y_P x_2 &\leq b_2 \\
 y_P x_2 &\leq b_3 \\
 x_2 &\leq b_4 \\
 x_2 &\leq b_5 \\
 x_1 &\geq b_6 \\
 x_1 &\leq b_7 \\
 f_0 = (x_1 + x_2) &\rightarrow \max
 \end{aligned}
 \quad B, \quad (3.23)$$

Оптимальні значення n_0 і S_0 розраховуються при використанні методу геометричного програмування математична модель в прямій і двоїстій постановці представляється у вигляді систем залежностей (3.11-3.14). При використанні методу множників Лагранжа математична модель включає функцію Лагранжа і систему рівнянь (3.21) і (3.22).

Прологарифмувавши технічні обмеження, отримаємо:

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів

$$\begin{aligned}
 x_1 + 0,4x_2 &\leq 5,24 \\
 x_1 + 0,78x_2 &\leq 5,24 \\
 0,78x_2 &\leq -0,42 \\
 x_1 &\leq 7,62 \\
 x_1 &\geq 3,8 \\
 x_2 &\leq 2,1 \\
 x_2 &\geq -8,6 \\
 f_0 = (x_1 + x_2) &\rightarrow \max
 \end{aligned}
 \quad B'$$

Графічна інтерпретація і визначення оптимального режиму різання

На рис. 3.2 в подвійних логарифмічних шкалах зображені прямі, що описують нерівності системи В' виділена область можливих рішень $\{A', B', C', D'\}$. Лінійна функція f буде приймати максимум в точці C' , а координати цієї точки $\{S_0, n_0\}$ є оптимальним рішенням системи В'.

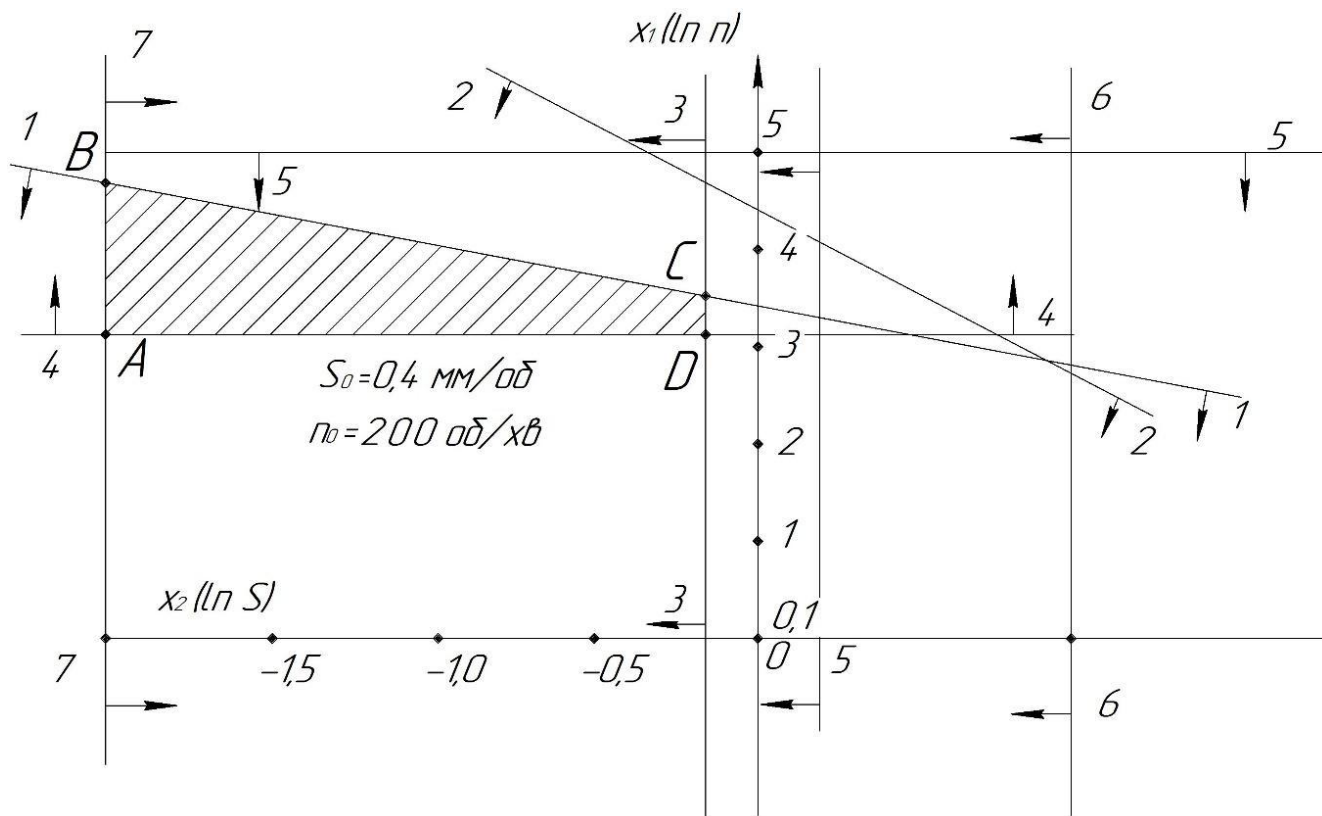


Рисунок 3.2 – Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання при фрезеруванні

Таким чином оптимальним режимом різання при фрезеруванні кінцевою фрезою $\varnothing 25 \text{ мм}$ буде: $S_o = 0,4 \text{ мм/об}$ (при $S_z = 0,133 \text{ мм/зуб}$ та $z = 3$), $n = 200 \text{ об/хв.}$, $V = 15,7 \text{ м/хв.}$

3.6 Висновки

1. Виконано статистичний огляд характеристик металорізальних верстатів, що використовуються для обробки деталі «Секція».
2. За допомогою алгоритмів оптимізації за цільовою функцією зменшення основного часу на свердлильно-фрезерно-розточувальній із ЧПК операції визначені оптимальні режими різання при свердлінні отвору діаметром 14 мм під нарізання різи M16x2-7H та фрезеруванні кінцевою фрезою діаметром 25 мм. Також виконано графічну інтерпретацію знаходження даних режимів різання.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Секція»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху заводу «Мотор-деталь», де виготовляється деталь «Секція».

Даний аналіз проводимо з використанням нормативних правових актів, до яких відносяться:

- стандарти системи безпеки (ССБТ);
- будівельні норми і правила (СНиП);
- санітарні норми і правила (Санпін);
- міжгалузеві правила по охороні праці;
- галузеві правила з охорони праці;
- міжгалузеві і галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- типові галузеві інструкції з охорони праці;
- інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі «Секція» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатономенклатурний. Обладнання розставлено за груповою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до ГОСТ 14861-91. Згідно ГОСТу контейнери використовуються для заготовок і деталей: Тара1-1-100-80-50-1.

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, координатно-розточувальних верстатах проводиться в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на координатно-розточний і багатоцільовий операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристосування застосовується кран-балка вантажопідйомністю $Q=1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристроїв на верстаті. Маса пристосування на операції до 30 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристосування масою 30 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Ріжучий інструмент застосовується в основному стандартний, але є й спеціальні різці, використовувані на токарних і розточувальних операціях. На токарних операціях інструмент здійснює зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ВТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;

- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;

- розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).

- замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущі частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежній небезпеці приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.

- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці.

- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;

- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні МОР.

Як МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розчин «Аквол-2». До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана СОЖ має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. МОР відноситься до 4-му класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

При обробці деталей, матеріалом яких є в'язка сталь, утворюється зливна стружка на токарних операціях і елементна стружка при фрезеруванні. На чорнових операціях при обробці по кірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці забирається стружка з устаткування з допомогою гачка і шляхом змітання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця забирається стружка допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія II-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу корпус виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях 4.1 та 4.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки» в дипломному проекті передбачається комплекс таких заходів:

Таблиця 4.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	27	29	15	15	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

Таблиця 4.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	22	25	20	20	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

- для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповід-

них вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);

- для забезпечення безпечного руху наземного транспорту транспортні шляхи встановлюються відповідно до СНиП 2.05.02-85 і повинні відповідати вимогам;

- для запобігання падінню заготовки при установці і знятті її з верстата розробити схему стропування;

- при транспортуванні тари, розробити маршрут переміщення і розташувати його на видному місці;

- відповідно до в комплекті до верстатного обладнання передбачити запобіжні пристрої (запобіжні патрони, оправки), що захищають від перевантаження, здатної викликати поломку інструменту і травмування працюючих;

- відповідно до в комплекті до пристосування з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;

- для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);

- для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;

- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

- для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;

- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблених деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;

- для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;

- для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по вібраційній безпеці. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;

- для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря. **ТІВ**

4.2. Розрахунок повітря робочої зони, розрахунок загальнообмінної вентиляції

Вихідні дані:

Розміри цеху 24 x12 x5 м.

Стіни цеху цегляні, перекриття – залізобетонне.

У цеху 24 вікон розміром 1x1 м з подвійним склом та двоє воріт розмірами 3,5x3 м, аераційні ліхтарі площею 245 м².

У цеху встановлено 4 шліфувальних, 3 токарних, 1 зубодовбальний та 5 фрезерних верстатів загальною потужністю 120 кВт/год.

Потужність світильників загального освітлення 15 кВт/год.

У цеху одночасно працює 5 чол.

У цех надходить ззовні 2400 кг/год.

Температура зовнішнього повітря для холодного періоду

$t_3 = -14$ °С; для теплого періоду $t_3 = +25$ °С.

Розрахунок за надлишковим тепловиділенням.

Повітрообмін для видалення надлишкового тепла визначається за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{надл}}}{c \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})} \quad (4.1)$$

Визначення надлишкового тепловиділення $Q_{\text{надл}}$:

$$Q_{\text{надл}} = Q - Q_{\text{вих}}, \quad (4.2)$$

де Q – загальна кількість тепла, що надходить до приміщення;

$Q_{\text{вих}}$ – загальна кількість тепла, що відводиться з приміщення.

$$Q = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{сон}} + Q_{\text{л}}, \quad (4.3)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

де $Q_{\text{дв}}$ – виділення тепла від електродвигунів верстатів;

$Q_{\text{осв}}$ – виділення тепла від освітлюваних приладів;

$Q_{\text{сон}}$ – виділення тепла від сонячної радіації;

$Q_{\text{л}}$ – виділення тепла від працюючих людей.

$$Q_{\text{вих}} = Q_{\text{дод}} + Q_{\text{втр}} \quad (4.4)$$

де $Q_{\text{дод}}$ – втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщення;

$Q_{\text{втр}}$ – втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{\text{дв}} = \Sigma N \cdot 860 \cdot \Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4, \text{ кКал/год} \quad (4.5)$$

де ΣN – сумарна потужність двигунів;

860 – теплоелектричний еквівалент,

Ψ_1 – середній ККД електродвигунів;

Ψ_2 – коефіцієнт використання двигунів;

Ψ_3 – коефіцієнт одночасності роботи двигунів;

Ψ_4 – коефіцієнт, який характеризує перехід механічної енергії в теплову.

При роботі обладнання без спеціального охолодження:

$$\Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4 = 0,25 \quad (4.6)$$

При роботі обладнання з охолодженням:

$$\Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4 = 0,1. \quad (4.7)$$

Тоді за формулою 4.5:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$Q_{дв} = 120 \cdot 860 \cdot 0,1 = 10320 \left(\frac{\text{кКал}}{\text{год}} \right)$$

$$Q_{осв} = N \cdot 860 = 15 \cdot 860 = 12900 \left(\frac{\text{кКал}}{\text{год}} \right)$$

$$Q_{сон} = Q_o + Q_n \quad (4.8)$$

де $Q_o = q_o \cdot A_o \cdot F_o$ – надходження тепла через засклені отвори;

$Q_n = q_n \cdot K_n \cdot F_n$ – надходження тепла через перекриття цеху;

q_o, q_n – величини радіації;

F_o, F_n – площі засклених поверхонь та перекриття відповідно, (м^2);

A_o - коефіцієнт, який враховує вид засклених отворів,

A_o для вікон = 1,15;

A_o для ліхтарів = 0,8;

K_n – коефіцієнт теплопередачі перекриття.

Тоді за формулою 4.8:

$$Q_o = 12 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 1,15 + 160 \cdot 245 \cdot 0,8 = 50335 \text{ (кКал/год)}.$$

$$Q_n = 18 \cdot 0,75 \cdot (24 \cdot 12 - 245) = 580,5 \text{ (кКал/год)}.$$

$$Q_{con} = 50335 + 580,5 = 50915,5 \text{ (кКал/год)}.$$

Виділення тепла від працюючих людей :

$$Q_l = 5 \cdot 225 = 1125 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.9)$$

Сумарне надходження тепла:

– для холодного періоду $Q = 10320 + 12900 + 1125 = 24345 \text{ (кКал/год)}$;

– для теплого періоду $Q = 24345 + 50915,5 = 75260,5 \text{ (кКал/год)}$.

Втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщення.

$$Q_{dod} = 0,24 \cdot G (t_g - t_3) = 0,24 \cdot 2400 \cdot (25 + 14) = 22464 \text{ (кКал/год)} \quad (4.10)$$

Втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{втр} = F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_v - t_3) \quad (4.11)$$

де F – площа поверхні конструкцій цеху, (m^2);

$n = 0,6$ – коефіцієнт;

K_n – коефіцієнт тепловіддачі конструкцій.

Втрати тепла через конструкції цеху розраховуємо тільки для холодного періоду року.

Для закслених отворів:

$$Q_{втр} = (120 + 245) \cdot 0,6 \cdot 2,5 \cdot (25 + 14) = 21352 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.12)$$

Для воріт:

$$Q_{\text{втр}} = 21 \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot (25 + 14) = 2456 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.13)$$

Для підлоги:

$$Q_{\text{втр}} = 3500 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot (25 + 14) = 15561 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.14)$$

Для стін:

$$Q_{\text{втр}} = 1540 \cdot 0,6 \cdot 0,67 \cdot (25 + 14) = 24144 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.15)$$

Для стелі:

$$Q_{\text{втр}} = 3255 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot (25 + 14) = 57124 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.16)$$

Сумарні втрати:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$Q_{\text{втр}} = 21352 + 15561 + 24144 + 57124 = 120639 \text{ (кКал/год)}. \quad (4.17)$$

Розрахунок надлишкової кількості тепла визначаємо за формулою 4.2:

- для холодного періоду року

$$Q_{\text{надл}} = 24345 - 75260,5 - 22464 = -73359,5 \text{ (кКал/год)}$$

- для теплого періоду

$$Q_{\text{надл}} = 77141,5 \text{ (кКал/год)}.$$

Визначення необхідного повітрообміну при виділенні тепла:

$$L = \frac{Q_{\text{надл}}}{C \cdot R_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})} = \frac{77141,5}{0,24 \cdot 1,18 \cdot (12 - 6)} = 45539 \text{ (м}^3\text{/Год)}, \quad (4.18)$$

де $R_{\text{пр}} = 1,18 \text{ (кг/м}^3\text{)}$;

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{р.з.}} + \Delta t \cdot (H - 2) = 12 + 2 \cdot (5 - 2) = 18 \text{ (}^\circ\text{C)}; \quad (4.19)$$

де $t_{\text{р.з.}}$ – температура повітря в робочій зоні, С;

$\Delta t = (1 \div 5)^\circ\text{C/м}$ – температурний градієнт;

H – висота приміщення, м.

Розрахунок за забруднюючими речовинами

Розрахунок необхідного повітрообміну для видалення забруднюючих речовин проводиться за формулами [44]

Знайдемо об'єм приміщення, який припадає на одного працюючого:

$$V^1 = \frac{24 \cdot 12 \cdot 5}{5} = 29 \text{ (м}^3\text{/люд)}. \quad (4.21)$$

Таким чином, розрахунок за формулою [44] $L_H = N \cdot L_1$ не проводимо.

Розрахунок по пилу чавуну проводимо за формулою:

$$L_H = \frac{G}{C_{\text{вид}} - C_{\text{спр}}} = \frac{3 \cdot 2 + 5 \cdot 12}{0,006 - 0} = (11000 \text{ м}^3\text{/Год)}. \quad (4.22)$$

Дані по виділенню пилу беремо з [44]. При наявності місцевих пиловідсмоктувачів у розрахунку візьмемо 10% від табличних даних.

Розрахунок по аерозолі емульсола:

$$L_H = \frac{G}{C_{\text{вид}} - C_{\text{спр}}}. \quad (4.23)$$

$$L_H = \frac{3 \cdot 20 + 5 \cdot 100}{5 - 0} = (11200 \text{ м}^3/\text{год}).$$

Сумарний повітрообмін по забруднюючим речовинам

$$L_H = 11200 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Таким чином, вибір вентилятора для механічної вентиляції виконуємо з розрахунку видалення надлишкового тепла $L = 45539 \text{ м}^3/\text{год}$.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека об'єктів виробничого, громадського та побутового призначення являє собою одну з найважливіших народногосподарських проблем. Зменшення пожежної безпеки, обмеження збитку від виниклої пожежі досягається сукупністю засобів, спрямованих як на запобігання можливості виникнення пожежі, так і на раннє його виявлення і швидке ефективне гасіння.

Основними, найбільш частими причинами виникнення пожеж і вибухів є: необережне поводження з відкритим вогнем при палінні, користуванні палаючими сірниками, при роботі з ковальськими горнами, зварювальними апаратами та паяльними лампами, при розведенні багать і т.д.;

- несправність або перевантаження електрообладнання або електромережі;
- несправність виробничого обладнання та порушення технологічного процесу;
- вибухи газоповітряних, пароповітряних сумішей пилу і т.д.;
- самозаймання горючих або хімічних речовин;
- загоряння матеріалів внаслідок грозових розрядів, розрядів статичної електрики.

У разі виникнення пожежі потрібно знати план евакуації показаний на рисунку 4.1. Який відповідно до Правил пожежної безпеки ППБ 01-2003, в кожному приміщенні, де одноразово перебувають понад 10 осіб, на видному місці повинен бути вивішений схематичний план евакуації людей при пожежі.



Рисунок 4.1 – План евакуації

Наслідки загоряння можуть бути різні від згорілої сорочки до знищення цілої фабрики. Все залежить від сили пожежі, джерела, як швидко зреагували спеціальні служби. Які були вжиті заходи для гасіння пожежі. Якщо було погано організований план евакуації персоналу і не було засобів пожежогасіння, то можуть бути і жертви від пожежі, чадного газу та ін.

- Успіх гасіння всякого пожежі залежить від швидких і умілих дій першого, хто виявив пожежу. Кожен робітник і службовець повинен знати місцезнаходження найближчого телефону або пожежного сповіщувача і вміти передати повідомлення в пожежну команду.

- Передаючи повідомлення про пожежу потрібно не хвилюючись назвати точно місце виникнення пожежі, що горить, назвати своє прізвище та установу чи організацію.

- Виклик пожежної команди необхідно проводити негайно при виявленні пожежі або перших ознак загоряння.

- Після передачі повідомлення про виникнення пожежі (загоряння) необхідно вжити заходів до ліквідації пожежі наявними первинними засобами пожежога-

сіння (вогнегасниками, внутрішніми пожежними кранами, водою з бочок, піском та іншими підручними засобами), залежно від того, що горить.

Евакуація в надзвичайних ситуаціях.

У будівлях і спорудах на випадок виникнення пожежі необхідно передбачати евакуаційні шляхи і виходи.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень інших поверхів в сходову клітку (безпосередньо, зокрема через хол або через коридор), яка має мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від примикаючих коридорів перегородками з дверима;
- з приміщень в сусіднє приміщення в тому ж поверсі, забезпечене вказаними вище виходами.

У разі влаштування евакуаційних виходів з двох сходових кліток через загальний вестибюль одна з них має мати ще один вихід безпосередньо назовні. Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено, кількість їх з будівель і з кожного поверху будівлі має бути не меншою двох.

Евакуаційними шляхами вважаються такі, які безпосередньо ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують безпечний рух людей. Ліфти і ескалатори не відносять до шляхів евакуації. На шляхах евакуації не має бути перешкод для руху людей. Проходи, коридори, сходи, тамбури, виходи в будівлях підприємств, баз і складів не можна загроможувати. Двері мають відкриватися назовні і бути розпашними, висота їх в світлі приймається не менше 2 м.

Ширина евакуаційних проходів, протяжність шляхів евакуації, кількість і ширина евакуаційних виходів (дверей) визначаються розрахунковим шляхом. Сумарна ширина маршів сходових кліток, ширина дверей, коридорів і проходів між технологічним устаткуванням приймається з розрахунку не меншою 0,6 м на 100 чел. Причому, ширина шляхів евакуації і дверей у всіх випадках має бути не меншою 1,0 і 0,8 м відповідно. Ширина проходів не меншою 0,9 м.

Ширина сходового майданчика повинна бути не менше ширини маршу, а перед входом в ліфт з розпашними дверима – не менше 1,6 м.

У разі неможливості виконати цю вимогу евакуаційні виходи розташовують по периметру з розрахунку один вихід на 100 чел. Відстань між виходами має бути не більшою 50 м. Для площі приміщень понад 300 м² кількість виходів з них повинна бути, як правило, не менше двох.

Така ж кількість виходів передбачається, наприклад, зі складів і ізольованих відсіків цих складів площею більше 100 м², з машинних залів площею 250 м². З машинних відділень аміачних холодильних установок площею до 40 м² допускається мати один вихід. У приміщеннях з одним евакуаційним виходом допускається перебування одночасно не більше 50 чел. У торгових залах і на шляхах евакуації людей не допускається зберігання горючих матеріалів, відходів, упаковки і контейнерів.

Для сповіщення людей про пожежу в будівлях використовуються як внутрішня радіотрансляційна мережа, так і спеціально змонтовані мережі віщання, а також тривожні дзвінки та інші сигнали. Типова схема системи сповіщення про пожежу повинна включати: магнітофони з наперед записаними на магнітофонну стрічку текстами сповіщення, підсилювач, пристрій вихідної комунікації, розподільну дротяну мережу, звукові колонки (динаміки).

4.4 Висновок

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі “Секція” та визначені шляхи щодо їх усунення.
2. Виконаний розрахунок загально обмінної вентиляції, який дозволяє підібрати вентилятор для цеху, де виготовляється деталь «Секція», що буде забезпечувати достатній рух повітря у цеху.

Проведений аналіз безпеки у надзвичайних ситуаціях та розроблений план евакуації приміщення.

ВИСНОВКИ

Тема кваліфікаційної роботи магістра – удосконалення технологічного процесу виготовлення секції НВП 122.10.155-03 шляхом оптимізації режимів різання на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 20Х13, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і визначена партія запуску $n = 21$ штука.

В якості заготовки була прийнята поковка у підкладних штампах, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 450H7$.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектований спеціальний верстатний пристрій для свердлильно-фрезерно-розточувальної із ЧПК операції. До операцій 015 - токарна з ЧПК та 025 – комплексна на оброблювальному центрі з ЧПК розроблені карти операційного налагодження.

У розділі «науково-дослідна частина» виконано статистичний огляд характеристик металорізальних верстатів, що використовуються для обробки деталі

«Секція». За допомогою алгоритмів оптимізації за цільовою функцією зменшення основного часу на свердлильно-фрезерно-розточувальній із ЧПК операції визначені оптимальні режими різання при свердлінні отвору діаметром 14 мм під нарізання різі M16x2-7H та фрезеруванні кінцевою фрезою діаметром 25 мм. Також виконано графічну інтерпретацію знаходження даних режимів різання.

У розділі «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок шумоізоляції, який дозволяє забезпечити сприятливі для робітників умови роботи.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Захаркин А.У.** Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.

2. **Горбацевич А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. — 256 с.

3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.

4. **Косилова А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.

5. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ** [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 / М.: Экономика, 1990. – 472 с.

6. **Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ**, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 / М.: Экономика, 1989. - 402 с .

7. **Горошкин А. К.** Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.

8. **Колев Н. С.** Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.

9. **Кушніров П. В.** Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.

10. **Гжиров Р. И.** Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.

11. **Дунаев И. М.** Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.
12. **Штейнберг Б. И.** Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.
13. **Цейтлин Я. М.** Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] : Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
14. **Євтухов В. Г.** Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] : / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.
15. **Чумаков Г. С.** Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков. – Харьков, ХПИ, 1990. – 56 с.
16. **Кузнецов Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.
17. **Юдин Е. Я.** Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. - 432 с.
18. **Ансеров М. А.** Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.
19. **Бабаков А. А.** Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.
20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.

21. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 474 с.

22. **Бобров В.Ф.** Основы теории резания металлов. – М.: Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 273 с.

23. **Макаров А.Д.** Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.

24. **Резников А.Н.** Теплофизика резания. – М.: Машиностроение, 1969. – 288 с.

25. Армарево И.Дж. Обработка металлов резанием/ И.Дж. Армарево, Р.Х. Браун. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.

26. **Гильман А.М.** Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках/ А.М. Гильман, Л.А. Брахман, Д.И. Батищев. – М.: Машиностроение, 1972. – 188 с.

27. **Игумнов Б.Н.** Расчет оптимальных режимов обработки для станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.

28. **Горанский Г.К.** Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. – Мн.: Госиздат БССР, 1963. – 192 с.

29. **Ящерицын П.И.** Основы резания материалов и режущий инструмент/ П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, М.И. Жигалко. – Минск: Выш. школа, 1975. – 528 с.

30. **Ящерицын П.И.** Основы резания материалов и режущий инструмент/ П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, М.И. Жигалко. – Минск: Выш. школа, 1981. – 560 с.

31. Основы теорії різання металів: Підручник для вищ. навч. закладів/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новоселов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура. – Львів: Новий світ, 2009. – 422 с.

32. **Солоненко В.Г.** Резание металлов и режущие инструменты: Учебное пособие/ В.Г. Солоненко, А.А. Рьжкин. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 416 с.

33. **Жедь В.П.** Метод расчета оптимальных режимов резания/ В.П. Жедь, А.И. Сосон, В.М. Башков// Вестник машиностроения. - 1979. - №9. – С.43-45.

34. **Якобс Г.Ю.** Оптимизация резания/ Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
35. **Даффин Р.** Геометрическое программирование/ Р. Даффин, Э. Питерсон, К. Зенер. - М.: Мир, 1972.- 312 с.
36. **Реклейтис Г.** Оптимизация в технике/ Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел - М.: Мир, 1986. Кн. 2. - 320 с.
37. **Ивченко Т.Г.** Использование метода геометрического программирования для расчета оптимальных режимов резания при точении//Научный вестник ДГМА, № 2(8Е), 2011. – С. 110 – 116.
38. **Ивченко Т.Г.** Двохкритеріальна оптимізація режимів різання під час обробки чавунів інструментами з надтвердих матеріалів/Т.Г. Івченко, Є.В. Полякова//Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – Вып.41. – С.152-158.
39. **Ивченко Т.Г.** Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования/ Т.Г. Ивченко, Е.Е. Шальская// Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – Вып.39. – С.91-97.
40. **Темчин Г.И.** Теория и расчет многоинструментальных наладок. – М.: Машгиз, 1957. – 320 с.
41. **Гильман А.М.** Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках/ А.М. Гильман, Л.А. Брахман, Д.И. Батищев. – М.: Машиностроение, 1972. – 188 с.
42. **Ишуткин В.И.** Расчет режимов резания на автоматах и полуавтоматах. – Вестник машиностроения, 1969, № 7. –С. 21-27.
43. **Грановский Г.И.** О методике исследования и назначения режимов резания на автоматических линиях. Вестник машиностроения, 1963. № 10. – С. 7- 12.
44. **Грановский Г.И.** Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов/ Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. Шк., 1985. – 304 с.258.
45. **Локтев В.Г.** автоматизированный расчет режимов резания и норм времени. – М.: Машиностроение, 1990. – 80 с.

46. **Гребцова И.В.** Автоматизированный расчет и оптимизация режимов резания//Сборник научных трудов студентов России. Студенческий клуб Альтернатива, [Электронный ресурс], 2006.

47. **Рахматулин Р.Р.** Автоматизация проектирования режимов резания на многоцелевых станках/ Р.Р. Рахматулин, А.И. Сердюк, А.О. Казаков. В.Н. Кузьмин. – Программные продукты и системы, № 1, 2013. – С. 21-28.

48. **Соломенцев Ю.М.** Оптимизация механических процессов механической обработки и сборки в условиях серийного производства/Ю.М. Соломенцев, А.М. Басин. – М.: НИИМАШ, 1977. – 72 с.

49. **Уайлд Д.** Оптимальное проектирование. – М.: Мир, 1981. – 272 с.

50. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А. Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 446 с.

51. Оптимизация и управление процессом резания: Учеб. пособие/ О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.

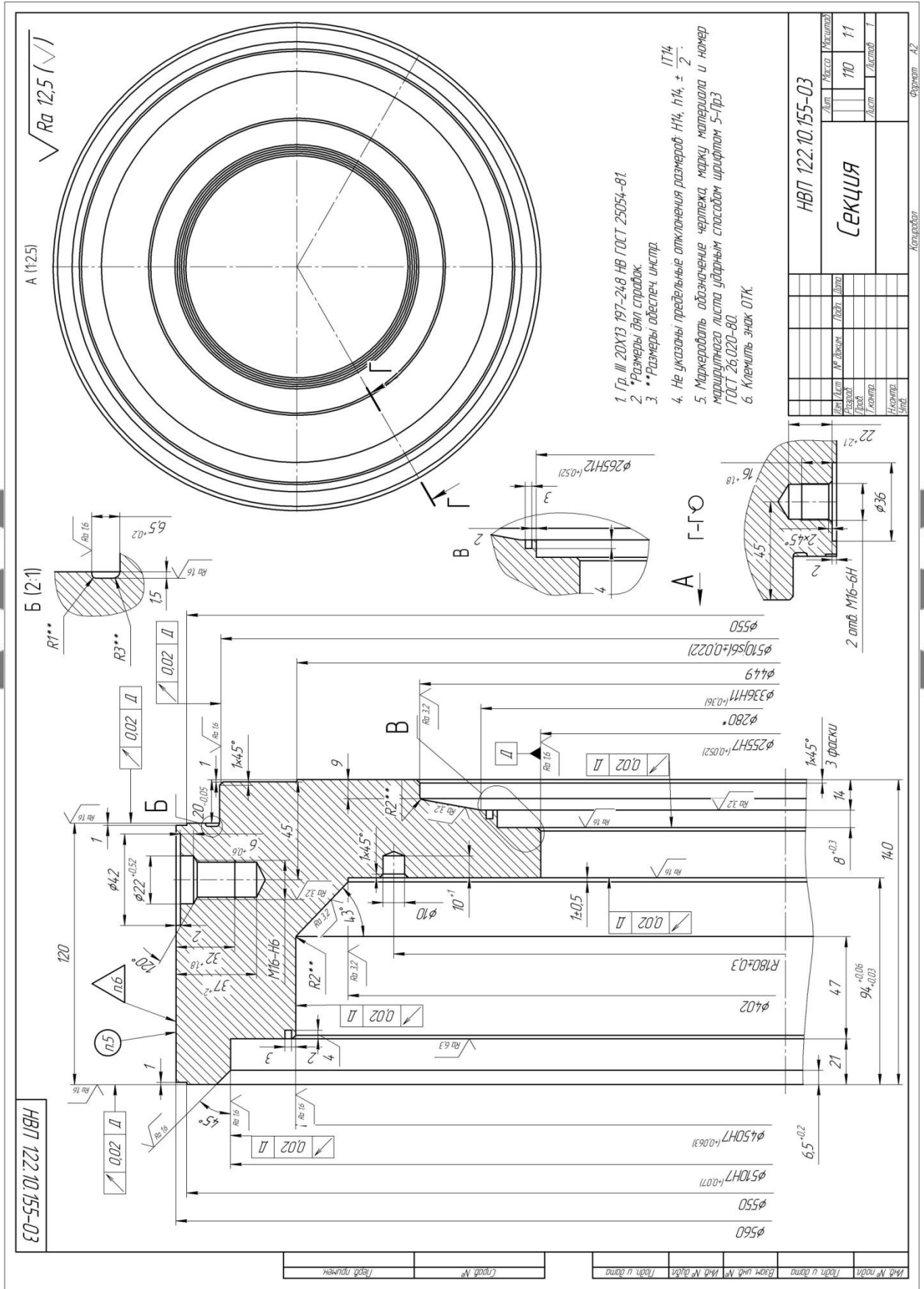
52. **Эрмер Д.** Оптимизация режима обточки за несколько проходов при наличии ограничений/ Д. Эрмер, С. Крамодикадь// Конструирование и технология машиностроения. – 1981. – № 4. – С. 281–289.

54. **Уайлд Д.** Оптимальное проектирование. – М.: Мир, 1981. – 272 с.

55. **Кроль О.С.** Оптимизация процесса резания методом геометрического программирования первой степени трудности/О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский, В.В. Пейчева. – Технология и автоматизация машиностроения, вып.47, 1991. – С. 48 – 52.

56. **Кроль О.С.** Оптимизация двухпроходной обработки методом геометрического программирования. – Известия ВУЗов. Машиностроение. - №1, 1990. – С.122-124.

ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ СЕКЦІЯ



ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

15.12.2018

Расчет выполнен для Снижко В.В. группа - ТМм-72

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием ϕ 450+0.063
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)
Поковка ковкой на прессах	ГОСТ 7062-90	+4.000 -2.000	-	-	-	-	-
Chernovay	квалитет 12	+0.630 0	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	квалитет 9	+0.155 0	125	240	1270	200	100
Chistovay	квалитет 7 +0.063	+0.063 0	20	125	105	0	0

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.	
-	-	434.432	434	436	+4.000 -2.000	434	440	-	-	-
6968	12968	447.425	447.4	447.4	+0.630 0	447.4	448.03	7400	13400	14030
1245	1875	449.345	449.3	449.3	+0.155 0	449.3	449.455	1270	1900	2055
500	655	450	450	450	+0.063 0	450	450.063	545	700	763

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

ДОДАТОК В

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документація</u>			
	A1			ТМ 17510217-07-01.00.00 СБ	Складальне креслення			
					<u>Складальні одиниці</u>			
	A4		1	ТМ 17510217-07-01.01.00	Пневморозподільник ГОСТ 1856 - 80*	1		
					<u>Деталі</u>			
	A1		2	ТМ 17510217-07-01.00.01	Корпус	1		
	A3		3	ТМ 17510217-07-01.00.02	Стакан	1		
	A3		4	ТМ 17510217-07-01.00.03	Кришка нижня	1		
	A4		5	ТМ 17510217-07-01.00.04	Шайба спеціальна	1		
A4		6	ТМ 17510217-07-01.00.05	Шток	1			
A4		7	ТМ 17510217-07-01.00.06	Шайба швидкозмінна	1			
A3		8	ТМ 17510217-07-01.00.07	Кришка верхня	1			
A4		9	ТМ 17510217-07-01.00.08	Прокладка спеціальна	1			
					<u>Стандартні вироби</u>			
					Болти ГОСТ 7798-70			
			14		M12-8gx30	13		
			15		M16-8gx50	4		
				ТМ 17510217-07-01.00.00				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разрад.		Сніжко			Лит.	Лист	Листов
	Пров.		Денисенко			Д \ 11	1	2
Нконтр.		Івченко			СумДУ, гр.ТМм-72			
Утв.		Залога						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16		Гвинт М12-6дх30 ГОСТ 11738 - 72	2	
				Гайки ГОСТ 5915 - 80*		
		17		М12-7Н	7	
		18		М16-7Н	1	
		19		Диафрагма резинотканева 320х8	1	
				ГОСТ 9887 - 70		
		20		Кільце СТ 28-17-3,5 ГОСТ 288-72	2	
		21		Пружина 7039-2324 ГОСТ13165-67	1	
		22		Рим - болт М20-8д ГОСТ 4751-73	2	
		23		Хомут стальний ГОСТ 196-80	1	
				Шайби ГОСТ 11371-78		
		24		А.12.31	13	
		25		А.16.31	5	
		26		Шпонка 32х32х60 ГОСТ23360-80	2	
		27		Штуцер ГОСТ 1776 - 74	1	
				<u>Матеріали</u>		
		32		Металорукав Р1-Ц-Х-4х400	1	1,5 м
				ГОСТ 3575 - 75		

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № ацкл.
Подп. и дата	Подп. и дата

TM 17510217-07-01.00.00

Лист
2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Копировав

Формат А4

ДОДАТОК Г
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ СЕКЦІЯ

