

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ

«_____» _____ 2021 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ШТАНГИ-СОПЛА 178.02.04-02
ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ОПЕРАЦІЇ КОНТРОЛЮ ТОРЦЕВОГО БИТТЯ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма- «Технології машинобудування»

Студент

Владислав ВЕЩЕНКІН

Керівник

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

Суми – 2021

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«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)

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему **Удосконалення технологічного процесу виготовлення
штанги-сопла 178.02.04-02 шляхом інтенсифікації операції контролю
торцевого биття**

Виконав: студент II курсу, групи ТМм-01
напряму підготовки (спеціальності)
131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми
«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Владислав ВЕЩЕНКІН
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник **Іван ДЕГТЯРЬОВ**
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент **Вячеслав ТАРЕЛЬНИК**
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ
« » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Вещенікін Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу штанги-сопла 178.02.04-02 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття
керівник проекту Дегтярьов Іван Михайлович, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» 12 2021 року №1041-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «20» грудня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі «Штанга-сопло».

Типовий технологічний процес виготовлення деталі штанга-сопло.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Виконати аналіз службового призначення деталі штанга-сопло, технології її оброблення. 2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі штанга-сопло. 3. Розглянути типові схеми контролю торцевого биття, запропонувати та дослідити ефективність заходів щодо підвищення продуктивності контролю.

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

Креслення вихідної заготовки, маршрутного технологічного процесу,

операційного налагодження, верстатного пристрою, контрольного пристрою

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2019	Виконано
2	1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.	10.09.2019	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі	15.10.2019	Виконано
4	3. Розглянути типові схеми контролю торцевого биття, та запропонувати заходи для підвищення продуктивності.	27.11.2019	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях (у додатках).	03.12.2019	Виконано
6	Висновки.	11.12.2019	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2019	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2019	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Владислав ВЄЩЕНКІН

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 116 сторінках, включає 24 рисунки, 27 таблиць, бібліографії із 28 джерел.

Процес контролю биття на готовій деталі є дуже важливим, адже це виключить появу браку вже на етапі складання та зменшить витрати часу на складання та регулювання.

У роботі виконано:

- аналіз службового призначення машини, вузла та деталі;
- аналіз технічних вимог на виготовлення деталі;
- спроектована прогресивна заготовка з високим коефіцієнтом використання матеріалу;
- розроблено прогресивний технологічний процес виготовлення деталі;
- спроектовано верстатний пристрій для токарної операції;
- виконано науково дослідну частину присвячену підвищенню ефективності процесу контролю торцевого биття.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності контролю торцевого биття за рахунок застосування спеціальних контрольно-вимірювальних пристроїв.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення деталі штанга-сопло.

Предмет дослідження: операція контролю торцевого биття деталі штанга-сопло.

Наукова новизна: запропоновано підхід до контролю торцевого биття для деталей типу пустотілих валів на основі чисельного моделювання конструкції контрольного пристрою.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ШТАНГА-СОПЛО, БИТТЯ, КОНТРОЛЬ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 116 страницах, включает 24 рисунка, 27 таблиц, библиографии из 28 источников.

Процесс контроля биения на готовой детали очень важен, ведь это исключит появление брака уже на этапе сборки и уменьшит затраты времени на сборку и регулировку.

В работе выполнено:

- анализ служебного назначения машины, узла и детали;
- анализ технических требований на изготовление детали;
- спроектированная прогрессивная заготовка с высоким коэффициентом использования материала;
- разработан прогрессивный технологический процесс изготовления детали;
- спроектировано станочное устройство для токарной операции;
- выполнена научно-исследовательская часть посвященная повышению эффективности процесса контроля торцевого биения.

Целью этой работы является повышение эффективности контроля торцевого биения за счет применения специальных контрольно-измерительных устройств.

Объект исследования: технологический процесс обработки детали штанга-сопло.

Предмет исследования: операция контроля торцевого биения детали штанга-сопло.

Научная новизна: предложен подход к контролю торцевого биения деталей типа пустотелых валов на основе численного моделирования конструкции контрольного устройства.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ШТАНГА-СОПЛО, БИЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

ABSTRACT

The explanatory note was made on 116 pages, includes 24 figures, 27 tables, bibliographies from 28 sources.

The process of controlling the beating of the finished part is very important, because it will eliminate the appearance of defects at the stage of assembly and reduce the time spent on assembly and adjustment.

The work performed:

- analysis of the service purpose of the machine, unit and part;
- analysis of technical requirements for the manufacture of parts;
- designed progressive workpiece with a high efficiency of material;
- developed a progressive technological process of manufacturing parts;
- the machine tool for turning operation is designed;
- the research part devoted to increase of efficiency of process of control of face beating is executed.

The purpose of this work is to increase the efficiency of end-beat control through the use of special control and measuring devices.

Object of research: technological process of processing of a part of a barbell-nozzle.

Subject of research: operation of control of end beating of details of a barbell-nozzle.

Scientific novelty: the approach to control of face beating for details like hollow shafts on the basis of numerical modeling of a design of the control device is offered.

TECHNOLOGICAL PROCESS, BARBELL-NOZZLE, BEATING, KONTROL, CUTTING CONDITIONS

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.....	10
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	16
1.6 Висновки	20
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	21
2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі.....	21
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	24
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання.....	27
2.4 Аналіз базового технологічного процесу, обладнання, устаткування, інструменту та його удосконалення	47
2.5 Розрахунок режимів різання.....	57
2.6 Технічне нормування операцій	67
2.7 Проектування верстатного пристрою.....	72
2.8 Висновки	84
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	86
3.1 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю торцевого биття.....	86
3.2 Теоретичні аспекти та обґрунтування вибраного методу чисельного моделювання	99
3.3 Модальний аналіз КВП	101
3.4 Висновки	105
Висновки	106

Список джерел посилань	107
Додаток А Креслення деталі.....	110
Додаток Б Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	111
Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі.....	111
Б.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення	117
Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	121
Б.4 Висновки.....	123
Додаток В. Розрахунок припусків	124
Додаток Г. Специфікації на верстатний пристрій	125

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час перед машинобудівної промисловістю стоїть завдання вдосконалення технологічних процесів механічної обробки та складання. Це завдання виникло через необхідність зробити виробництво машин більш економічніше, тобто більш ресурсозберігаючими, збільшити продуктивність праці шляхом застосування високопродуктивного автоматизованого обладнання, пристосувань з швидкодіючими затискними пристроями підвищення режимів обробки, максимального скорочення часу і так далі. Існує ще безліч різноманітних методів які спрямовані на оптимізацію технологічних процесів. Удосконалення технологічних методів становить зміст багатьох наукових робіт фахівців в області технології машинобудування.

Основні напрямки розвитку технології машинобудування наступні:

- вдосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних методів обробки, особливо для оздоблювальних операцій;
- комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів на основі застосування автоматичних ліній, верстатів з ЧПУ, засобів активного контролю, прогресивних конструкцій оснастки;
- широке впровадження процесів пластичного деформування;
- створення принципово нових металорізальних верстатів та удосконалення використовуваних у виробництві;
- створення прогресивних інструментів, які використовують останні досягнення в галузі інструментального виробництва.

Деталь цього дипломного проекту є складовою частиною шламового насоса. Апарат працює безперервно і відчуває постійні навантаження. Тому тут віддається пріоритет щодо вдосконалення зносостійкості деталей, що мають контактні поверхні піддані тертю.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення штанги-сопла 178.02.04-02 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття.

Об'єкт дослідження – технологічний процес оброблення деталі штанга-сопло.

Предмет дослідження – операція контролю торцевого биття деталі штанга-сопло.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень теорії обробки матеріалів різанням, технології оброблення типових деталей та складання машин, математичного моделювання технологічних процесів та оснащення. Комп'ютерне моделювання в середовищі КОМПАС і чисельне моделювання в комплексі ANSYS.

Наукова новизна: запропоновано підхід до контролю торцевого биття для деталей типу пустотілих валів на основі чисельного моделювання конструкції контрольного пристрою.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в практичному застосуванні конструкції контрольно-вимірювального пристрою.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Вещенікін В. О. Обґрунтування та особливості розроблення контрольно-вимірювального пристрою для пустотілих валів [Текст] / В.О. Вещенікін, І.М. Дегтярьов // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Суми, 20–23 квітня 2021 р. / редкол.: О.Г. Гусак, І.В. Павленко. - Суми: СумДУ, 2021. - С.43.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 116 сторінок, у тому числі 24 рисунки, 27 таблиць, бібліографії із 28 джерел на трьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Відповідно до завдання, яке надається у дипломному проекті розглянемо стислий опис насосу шламового НШБ 160, до складу якого входить деталь «Штанга сопло».

Загальні відомості про виріб:

Агрегати електронасосні шламові НШБ 160, НШЮ 250 призначені для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією і щільністю до 200 кг/см³. Максимальна твердість зважених часток не більше 3 по шкалі Мооса. Крупність окремих зважених частинок – не більше 20 мм. Температура перекачуємої гідросуміші 4 – 50 С°.

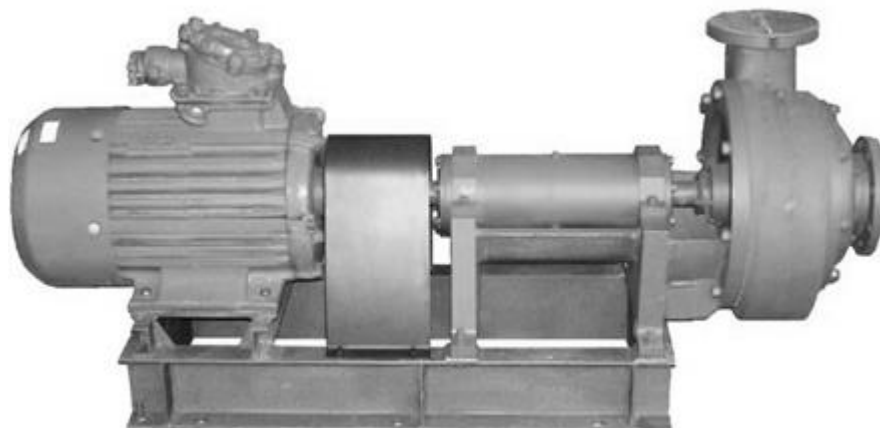


Рисунок 1.1 – Насос шламовий моделі НШБ 160.

Насоси і агрегати можуть бути встановлені у вибухобезпечній зоні класу І ДНАОП 0.00-1.32.

Вид кліматичного виконання:

- для поставки в макрокліматичні райони з помірним кліматом У2 по ГОСТ 15150;
- для поставки в макрокліматичні райони з сухим і вологим тропічним кліматом – Т1 по ГОСТ 15150.

Приклад запису при замовленні відцентрового насоса шламового з торцевим ущільненням:

«НШБ 250-35,5 Т У2 ТУ У 29.1-30175077-004:2009»,

де Н – насос;

Ш – шламовий; Б – буровий;

250 – подача, м³/год; 35,5 – напір, м;

Т – торцеве ущільнення валу;

У2 – вид кліматичного виконання.

Опис і робота насоса.

Агрегат на основі насоса НШБ 160-32, НШБ – 160-32МТ на НШБ 250-35 складається з насоса, електродвигуна, сполучної муфти, кожуха та рами.

Насос НШБ 160-32 відцентровий, горизонтальний, консольного типу, одноступінчатий з горизонтальним підведенням і верхнім вертикальним відведенням. Вал насоса встановлений в корпусі на підшипниках кочення: передні підшипники – роликові, стримують тільки радіальне навантаження, задні – радіально-упорні, стримують радіально і знакоперемінне за напрямом осьове навантаження, що виникає при різних режимах роботи насоса. Підшипники і масляна ванна захищені від потрапляння в них перекачуємої гідросуміші і пилу гумовими манжетами.

Ущільненням вала насоса слугує набивання. По мірі зношення набивання його підтискають за допомогою натискної втулки.

Ущільнення всмоктувальної сторони – торцеве.

Початковою сировиною для цих оболонок служить гольовий спилкок, одержуваний говяжої шкіри, яка пройшла такі технологічні процеси:

1. Золення* гольового спилку;
2. Промивання сировини;
3. Сортування;
4. Кислотну обробку спилка;
5. Грубе подрібнення спилка;
6. Разволакніваніє спилка;

7. Охолодження разволокнуеного спилка (після цього спилку називають колагеновою масою);

* Золення - обробка гольового спилка гашеним вапном.

8. Перемішування колагенової маси з водою і дубильною рідиною;

9. Фільтрацію колагенової маси;

10. Охолодження колагенової маси.

Робоче колесо навинчене різью на вал (права різьба). Робоче колеса закритого типу.

Вказівки з установки й експлуатації насоса НШБ 160-32.

Забороняється експлуатація насоса без попередньої заливки або з зашлямованим всмоктувальним патрубком, оскільки це призведе до виходу з ладу торцевого ущільнення в результаті перегріву.

У разі зупинки агрегату на тривалий час (може відбутися засихання розчину всередині насоса) – насос необхідно запустити на воді для промивання внутрішньої порожнини. Встановлення сальникової набивки проводиться в разі виходу з ладу торцевого ущільнення, що дає можливість продовжити роботу насоса до наступного циклу обслуговування і заміни торцевого ущільнення. Перед пуском насосу перевірити вільне обертання вала за напівмуфту.

Пуск насоса при закритій засувці на всмоктуванні, або без заповнення робочою рідиною не допускається. Пуск здійснюється при повністю відкритій засувці на всмоктуючому трубопроводі. Це запобігає перевантаженню електродвигуна. Регулюванням засувки на нагнітальному трубопроводі можна отримати необхідну подачу насоса.

Забороняється регулювати продуктивність насоса засувкою на всмоктуючому трубопроводі, так як при цьому відбувається кавітація, що викликає вібрацію і передчасний вихід з ладу насоса.

При зупинці агрегату необхідно поступово закрити засувку на нагнітальному трубопроводі, а потім вимкнути електродвигун. Після зупинки видалити з насоса залишок перекачуваних гідросумішей, вивернувши нижню пробку корпусу і промивши внутрішню порожнину насоса водою.

У процесі роботи температура корпусу підшипника не повинна перевищувати 70 С°. Масло підшипників – масло ІЗОА ГОС 20799-75. Масло заливається через верхній отвір в корпусі підшипників до контрольного отвору. Надмірне заповнення корпусу підшипників маслом, а також його забруднення приводить до нагрівання масла понад допустиму норму.

Масло додається по мірі необхідності, але не рідше одного разу на тиждень. Повну заміну масла здійснювати через 300 годин роботи насоса в кількості 1,5 л.

Деталь «Штанга сопло» має циліндричну форму з двома перепадами діаметру на зовнішніх поверхнях, відношення $L/D = 157/30$ мм.

Деталь має внутрішній діаметр 28Н7, який призначений для базування на поверхні вала, таке шпоночний паз 8JS9 призначений для установки шпонки та 8 отворів М8-Н7, які призначені для з'єднання з напівмуфтою нижнього валу.

Деталь складається з таких конструктивних елементів, як:

- фаски
- пази
- конус
- різьба

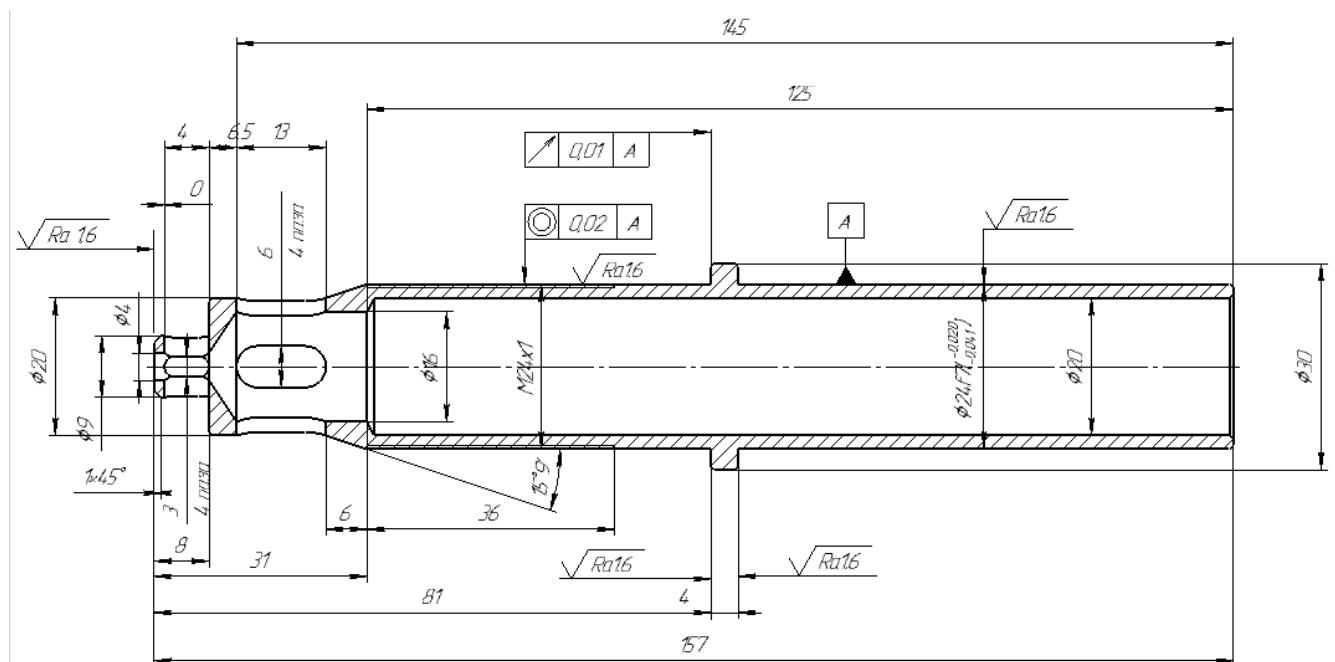


Рисунок 1.2 – Основний вид деталі

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

Технічні вимоги на виготовлення деталі задаються виходячи з її службового призначення. Аналізуючи робоче креслення, можна зробити висновок, що наявних на ньому проєкцій та перетенів достатньо, розміщені вони згідно з існуючими стандартами. На кресленні зазначені усі потрібно вихідні дані: розміри, їх точність та шорсткість, проставлені технічні вимоги на виготовлення деталі ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 2.307-68.

Дивлячись на форму деталі, можна зробити висновок, що вона належить до групи циліндричних виробів. Згідно завдання, деталь виготовлено із сталі 45 ГОСТ 1050-88.

За класифікацією сталь 45 відноситься до конструкційних вуглецевих якісних сталей. Зважаючи на її високу прочність та стійкість до значних перепадів температур, сталь 45 застосовується для виготовлення: вал-шестерні, колінчасті і розподільчі вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки і інші нормовані та покращуючі поверхні, які піддаються термообробці в деталей від яких потрібна підвищена точність. Також, зі сталі цієї марки виготовляють консолі, вісі, штоки балки та плунжери. Види поставки – сортовий прокат, в тому числі і фасонний. Сталь 45 має хороші механічні властивості для оброблення різанням.

Замінники – сталі марок 40Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Відповідно до ГОСТ 1050-88 хімічний склад, механічні та технологічні властивості представлені в таблицях 1.1, 1.2, та 1.3.

Матеріал деталі - легована сталь марки 45, властивості яких наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад, % ГОСТ 4543-71

С	Si	Mn	Cr	Ni
			не более	
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,28-1,1	-

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

ГОСТ	Перетин, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , (δ_H)%	ψ , %	НВ
4543-71	15	520	670	10	45	217

- де σ_T - межа текучості, МПа;
- σ_B - межа міцності, МПа;
- δ_5 (δ_H) - відносне подовження, %;
- ψ - □ відносне звуження, %;
- НВ - твердість по Брінеллю.

У першому пункті технічних вимог зазначено, що не вказані відхилення розмірів на кресленні обробляють з точністю 12-го квалітету.

У другому пункті технічних вимог вказано, що розміри зі знаком * це розміри для довідок, тобто залежать від розмірів і параметрів самого інструменту, а це різного роду радіуси в канавках.

В цілому ж креслення типове виконане з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких типів неточностей зазначених вище. На кресленні типу досить видів і перерізів для представлення форми деталі як і можливості для її виготовлення, також вказані всі розміри.

Висновок: робота типово здійснюється в типових статичних умовах навантажень від при перепадах температури без впливу типового робочого середовища. При роботі зазнає навантаження, що розтягують. Дана деталь передбачена типу для роботи в горизонтальному положенні.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва за ГОСТ 3.1108 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.

Для визначення типу виробництва за допомогою ЕОМ використовуємо го-

довою обсяг випуску і масу деталі. При масі деталі 0,17 кг і річній програмі 4500 штук тип виробництва - малосерійний.

Розрахунок типу виробництва, такту випуску та партії запуску по заводському технологічному процесу, виконаний на компютері, представлений в додатках.

Дрібносерійне виробництво характеризується досить великою номенклатурою виробів, виготовлених невеликими, періодично повторюваними партіями. У дрібносерійному виробництві використовуються універсальні верстати, верстати з ЧПУ, оснащені як універсальними, так і універсально-складальними і спеціальними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу. Технологічний процес виготовлення виробу, як і в одиничному виробництві, переважно концентрований, тобто, на одному верстаті виконується максимальну кількість операцій. Використовуються робітники високої кваліфікації.

Форма організації виробництва - групова, тобто верстати на ділянках розташовуються технологічно однорідними групами: (токарна група, фрезерна, шліфувальна і ін.).

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Для якісної оцінки звернемося до креслення деталі (додаток А). Матеріал деталі - Сталь 45 ГОСТ 4543-71. Деталь легко обробляється, так як даний матеріал досить пластичний, що видно з коефіцієнта оброблюваності, який наведено в таблиці 1.4 [6].

Таблиця 1.4 - Коефіцієнт оброблюваності різних груп матеріалів

Марка сталі	Склад матеріала	Механічні властивості		Коефіцієнт оброблюваності	
		НВ не більше	σ_s , МПа	Швидкорізальна сталь	Твердий сплав
Сталь 45	Горячекатаний	217	670	1,0	1,0

Зі збільшенням вмісту вуглецю оброблюваність погіршується. Одночасно збільшується можливість отримання більш високих параметрів шорсткості поверхні, ростуть зусилля різання. Можливість отримання необхідних параметрів залежно від коефіцієнта оброблюваності наведені в таблиці 1.5 [6].

Таблиця 1.5 - Отримання необхідної шорсткості поверхні в залежності від оброблюваної сталі

Оброблюваність сталі	K_v	Можливість отримання необхідної шорсткості поверхні
Добра	1,4 – 1,0	Без особливих труднощів

Деталь технологічна з точки зору базування і закріплення. Вона є деталлю типу втулки - тіло обертання, жорстка по конструкції, що дозволяє закріпити її в патроні верстата працюючому на обхват або на разжатие. Всі поверхні доступні для механічної обробки.

Проставлення розмірів правильна, зручна для читання креслення і для їх контролю. Проставлення розмірів технологічна, так як розміри в основному проставлені від трьох баз - осі і торцевих поверхонь кришки. Це дає можливість поєднати конструкторську і вимірювальну бази.

Шорсткість проставлена правильно до всіх поверхонь крім одою - номер 27 (рис. 1.1), тут шорсткість 2,5 Ra що не відповідає 6 квалітету точності.

Допуски взаємного розташування - допуски торцевого і радіального биття - задані щодо однієї бази (В). Це технологічно, так як дотримується принцип суміщення і сталості баз.

Деталь є взаимозамінною, тобто при її заміні не потрібно при-гонка або сортування.

Нетехнологічними елементами є:

1) наявність великої кількості зовнішніх і внутрішніх поверхностей з різними діаметрами і конічної поверхні, т.к їх обробка збільшує трудомісткість виго-

товлення деталі;

2) обробка чотирьох отворів 9 мм, так як потрібно спеціального ріжучий інструмент - цівка;

3) обробка великої кількості поверхня не напроход;

4) наявність фасок на внутрішніх поверхнях ротора, тому що їх важко обробляти і контролювати;

5) висока точність поверхонь так як для отримання такої точності необхідна багаторазова обробка поверхонь;

6) висока шорсткість - 0,63 Ra, так як для отримання такої чистоти поверхонь необхідно чистове точіння або йшли-фваніє.

Кількісний аналіз для зручності представлений у вигляді таблиці 1.6. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TЧ} = 1 - (1/A_{CP}), \quad (1.1)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності.

$$A_{CP} = (n_1 + n_2 + \dots + n_{63}) / \sum_i m_i,$$

де n – квалітет точності кожної поверхні;

m – кількість поверхонь.

$$A_{CP} = \frac{(n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19})}{\sum_1^{19} n_1} = \frac{371}{27} = 12,05$$

$$K_{TЧ} = 1 - 1/12,05 = 0,89$$

так як $K_{TЧ} > 0,8$, деталь за цим показником є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості Ra:

$$K_{\text{Ш}}=1-1/B_{\text{CP}} \quad (1.2)$$

де B_{CP} – середня шорсткість поверхні.

$$B_{\text{CP}} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{63}) / \sum_i^{63} m_i$$

де c – значення шорсткості кожної поверхні.

$$B_{\text{CP}} = \frac{n_1 \times Ra_1 + n_2 \times Ra_2 + \dots + n_i \times Ra_i}{\sum_{n=1}^i R_i} = \frac{80}{27} = 3,96$$

$$K_{\text{Ш}}=1-1/3,96=0,85.$$

Так як $K_{\text{Ш}} > 0,32$; деталь за цим показником є технологічною.

Таблиця – 1.6 Якісна оцінка технологічності

Назва поверхні	Кількість поверхонь	Параметри шорсткості, Ra, мкм	Квалітет точності	
Зовнішні циліндрічні	Ø 30	1	3,2	14
	Ø 24	1	1,6	7
	Ø 20	1	3,2	14
	Ø 9	1	3,2	14
	Внутрішні			
Ø 20	1	3,2	14	
Ø 16	1	3,2	14	
Ø 4	1	3,2	14	
Лінійні				

Торець І157	1	6,3	14
Торець І8	1	3,2	14
Торець І157	1	1,6	14
Торець І4	1	1,6	14
Інші	4	3,2	14
Пази І6	4	3,2	14
Пази І3	1	3,2	14
Фаска 1x45°	4	3,2	14
Фаска 0,5x45°	1	3,2	14
Різьба М24x1			
Всього	27		

Так як коефіцієнт відповідає нормі, то по даному критерію деталь вважається технологічною.

З аналізу технологічності можна зробити висновок, що деталь є технологічною, хоча деякі поверхні не є такими, але їх можна обробити за допомогою спеціального пристосування та ріжучого інструменту.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Аналіз будемо проводити на підставі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

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

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Штанга-сопло»

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Пароповітряний молот
010	Токарно - гвинторізна	16К20
015	Токарно - гвинторізна	16К20
020	Радіально - свердлильна	2Л53У
030	Фрезерна	6Р12
035	Слюсарна	Верстак слюсарний
045	Технічний контроль	Стіл ОТК

Технологічний процес виготовлення деталі в заводському варіанті виконаний як маршрутний, що відповідає одиничному типу виробництва. Він містить 8 операцій, з яких 5 операцій механічної обробки, решта – контрольні, слюсарні та заготівельна.

Аналізуючи заводський технологічний процес можна сказати, що операції обробки обрані вірно. Але є дрібні недоліки, які можливо викликані додатковими вимогами конструктора.

За нинішніх умов і конкуренції на ринку потрібно максимально використовувати більш сучасні верстати, які дозволяли б обробляти деталь при високих швидкостях різання, були б жорсткими по конструкції і давали б необхідну точність. Цим вимогам відповідають верстати нових моделей з ЧПК, як наприклад 16Р20Ф3. У маршрутному технологічному процесі не вказані способи базування і закріплення заготовки, на яких виконуються операційні розміри, докладно не розписаний різучий інструмент і вимірювальний інструмент. В даний час обраний застарілий інструмент (з напайними пластинами), що не дозволяє обробляти деталь на більш прогресивних режимах різання з використанням обладнання з ЧПК. Інструмент треба замінити на: різці з неперетачуваними багатогранними пластинами з твердого сплаву, а також використовувати для обробки твердосплавні све-

рдла і фрези замість інструменту зі швидкоріжучої сталі, які дозволяють проводити обробку в 3-4 рази швидше в порівнянні з інструментом з швидкоріжучої сталі.

Вимірювальний інструмент використовуються застарілих конструкцій або безшкальні. Здійснювати вимювання скобами і калібрами досить швидко і точно, але дорого для даного типу виробництва. Потрібно проектувати нові вимірювальні пристрої, що були б більш дешевші, ніж скоби, але більш точні при вимірюванні і відрізнялися б своєю універсальністю.

Режими різання обрані і розраховані правильно. Але через те, що обладнання та 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.

Сучасні верстати з програмним управлінням поєднують точність спеціалізованих верстатів і мають більш високу продуктивність, ніж верстати загального призначення, що вироблялися раніше (в 2...5 разів). Область застосування верстатів з програмним керуванням досить широка як за характером технологічних операцій, так і за типами виробництв, для яких вони призначаються. За останньою ознакою створені й успішно використовуються верстати з програмним управлінням як для одиничного і дрібносерійного, так і для великосерійного і масового виробництва.

До основних умов доцільності застосування верстатів з програмним керуванням можна віднести наступне:

- обробку отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також обробку груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з програмним керуванням без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів і ін.), які зазвичай застосовуються на універсальних верстатах;

- необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження найбільшої кількості однотипних видів обробки на одному місці;
- необхідність зменшення частки допоміжного часу, який витрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною ріжучого інструменту та іншого, що зазвичай має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;
- можливість скорочення числа операторів впровадженням багатOVERC-татного обслуговування.

Порівнявши маршрутний технологічний процес з типовим технологічним процесом на однотипні деталі ми не знаходимо істотних відмінностей. Тому зміну порядку технологічних операцій можна вважати недоцільним. Але, розглядаючи рівень прогресивності методів обробки, ми бачимо, що вони не досить продуктивні.

Аналізуючи технологічний процес можна рекомендувати використовувати на токарній операції сучасні верстати з ЧПК, більш придатних за технічними характеристиками при обробці заданої деталі, ніж верстати, що дозволить значно скоротити час на обробку та збільшити точність обробки.

Аналіз вимірювального інструмента, яким проводиться контроль точності обробки, показав, що деякі параметри, такі як радіальне биття отворів, в базовому технологічному процесі не контролюються. Виходячи з цього необхідно розробити контрольнo-вимірювальне пристосування для контролю радіального биття отворів.

Проводячи аналіз рівня механізації і автоматизації технологічного процесу можна зробити висновок, що в ньому практично не використовується пристрої.

Виходячи з цього, рекомендується розробити кілька пристроїв. Зокрема можна розробити пристрій для кріплення деталі на обробному центрі з ЧПК операцію з пневматичним затискачем, також можна розробити пневматичний пристрій

для затиску деталі на свердлильній з ЧПК операції.

045 Технічний контроль.

Дана операція проводиться контролером ОТК на столі ОТК. Проводиться контроль попередньої механічної операції.

Вимірювальний інструмент: мікрометр, зразки шорсткості.

1.6 Висновки

У якості висновків та пропозицій варто внести необхідність розроблення техпроцесу за принципами технології машинобудування на основі використання сучасних верстатів та обробних центрів з числовим програмним керуванням. Також для даних верстатів необхідно розробити прогресивну заготовку із мінімальними припусками, розрахувати припуски на точну поверхню та визначити порядок розташування баз на механічних операціях.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі

В даний час існує багато різноманітних технологічних способів отримання поверхонь заданої якості, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але істотно розрізняються по собівартості реалізації. Виходячи з цього, одну і ту ж поверхню деталі можна обробити декількома послідовно виконаними технологічними методами, які складають різні маршрути обробки поверхонь (МОП). При проектуванні одним із завдань є створення такого технологічного процесу, який забезпечував би задану точність і шорсткість поверхонь деталі, потрібні фізико-механічні якості поверхневого шару матеріалу при найбільшій продуктивності і мінімальній собівартості виробництва. Послідовність методів обробки всіх поверхонь, необхідних для досягнення заданих розмірних, точностних і фізико-механічних параметрів деталі представлені в табл. 2.1.

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 Шліфувальна

035 Свердлильна

040 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Шліфувальна

035 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Свердлильна

025 Свердлильна

030 Шліфувальна

035 Токарна чистова

040 Слюсарна

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

Таблиця 2.2 - Варіанти досягнення точності і шорсткості деталі

Оброблювані поверхні	Квалітет	Ступінь шорсткості Ra, мкм	Метод забезпечення
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	
Отвори на циліндричній поверхні	12-14	6,3	свердління

Найбільш раціональним є варіант, тому що точіння виробительней розсвердлювання. Крім того, шорсткість поверхні отриманої гострінням нижче шорсткості поверхні отриманої свердлінням.

Найбільш точні зовнішні поверхні 80, 75 виконуються по 6,7 квалитету і мають шорсткість Ra 0,63 мкм.

Необхідні точність і шорсткість можна отримати такими способами: (див. Табл. 2.1).

Таблиця 2.3 - Варіанти обробки зовнішніх поверхонь

I варіант		II варіант	
1	Точіння чорнове, IT12, Ra 12,5	1	Точіння чорнове, IT12, Ra 6,3
2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 6,3	2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 3,2
3	Точіння напівчистове, IT9, Ra 3,2	3	Точіння чистове, IT9, Ra 2,5
4	Точіння чистове, IT6, Ra 0,63	4	Шліфування, IT6, Ra 0,63

Вибираємо II варіант, тому що шліфування виробительней.

Найбільш точні лінійні розміри деталі виконуються по 9-10 квалитету точності, інші розміри - по 12 квалитету точності. Шорсткість торців 1,14,18,23 (рисунок 1.1) деталі Ra 2,5 мкм, а інших - Ra 6,3 мкм.

Для отримання необхідної шорсткості необхідно:

1) точіння чорнове - отримується точність 12 квалитет і шорсткість Ra 6,3 мкм;

2) точіння напівчистове - отримується точність 10 квалитет і шорсткість Ra 3,2 мкм;

3) точіння чистове - отримується точність 9 квалитет і шорсткість Ra 2,5 мкм.

Для інших поверхонь, що мають 12 квалітет точності і шорсткість Ra 6,3 мкм, достатня чорнова обробка

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Проаналізувавши матеріал деталі, тип виробництва, розміри та конфігурацію деталі, можна запропонувати метод отримання заготовки штампуванням на ГKM, як найбільш прогресивний, ніж заводський метод прокату.

Вальцювання (прокатка) – такий вид обробки металів тиском, коли заготовка силами тертя втягується у проміжок між обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу і збільшуючи довжину. Вальцювання належить до найпродуктивніших видів обробки завдяки безперервності процесу і великій швидкості руху заготовки між валками. Цим способом обробляють приблизно 90% витоленої на металургійних заводах сталі та понад половину кольорових металів і їх стопів.

Горизонтально-кувальні машини (ГKM) застосовують у багатьох галузях промисловості при виготовленні різних заготовок, потребують технологічних переходів висадки, прошивання, просічки, перетискання заготовки, видавлювання, згинання і, нарешті, відрізки, тобто відділення штампування від прутка.

Штампування на ГKM.

Випуск ГKM розпочався з другої половини минулого століття. Широке поширення цих машин в різних галузях промисловості зумовлено такими їх перевагами:

високою продуктивністю при виготовленні відносно невеликих партій;
економічною витратою металу порівняно з штампуванням на молотах;
високою точністю отримування поковок, що в поєднанні з малими припусками і ухилами забезпечує незначні відходи при подальшій обробці на металорізальних верстатах;

широкими технологічними можливостями, яким вони близькі до автоматів для гарячого об'ємного штампування;

можливістю проведення автоматизації штампування при виготовленні великих партій однотипних деталей.

Головним параметром, який характеризує ГKM, є номінальне зусилля на штампувальному повзуні. Основні параметри ГKM регламентуються ГОСТ 7023-70.

Класифікація ГKM.

Усі ГKM, що випускаються вітчизняною та зарубіжною промисловістю, можна поділити на дві основні групи: з вертикальною та горизонтальною площиною роз'єму матриць.

Головна перевага машин з горизонтальною площиною роз'ємів матриць полягає в тому, що при розкритих матрицях зів станини повністю відкритий для руху заготовок по всій довжині матричного блоку, що, безумовно, полегшує і спрощує автоматизацію цих машин, хоча і слід відзначити, що за останні роки є також позитивний досвід з автоматизації ГKM з вертикальною площиною роз'єму матриць.

Машині з горизонтальним роз'ємом матриць випускаються з затискним повзуном, мають гойдальний або зворотньо-поступальний рух. Привідний вал у розглянутій ГKM розташований нижче колінчатого, він винесений вперед і встановлений у нероз'ємних опорах. Усі повзуни – штампувальний, бічний і затискний – мають по дві пари напрямних. Кривошипно-повзунний механізм працює в підшипниках ковзання з високооловянистої бронзи. Всі три опори колінчастого вала роз'ємні (для поліпшення роботи з підшипників роз'єм виконується під кутом 45° до горизонту). Зусилля штампування з шатуна на повзун передається безпосередньо через циліндричну поверхню малої головки шатуна. Палець, що з'єднує шатун з повзуном служить тільки для зворотного ходу. Муфти та гальма – фрикційні з електропневматичним управлінням. Гальма маховика – пневматичні колодкові (колодка притискається до торця маховика). Змазка машини є доволі рідкою.

Інші ГKM відрізняються від вище описаною різними конструктивними особливостями, основною з яких є наявність або відсутність стяжних болтів на ста-

нині машини (всі великі і середні машини обов'язково мають додаткові поперечні і повздовжні зв'язки), конструкція приводу затискного повзуна з механічним або гідравлічним запобіжником. ГКМ з гідравлічним приводом затискного повзуна, а також машини з індивідуальним приводом штампувального і затискного повзунів великого поширення не отримали.

При великосерійному і масовому виробництві однотипних поковок з прутка діаметром 25-200 мм подача заготовки в штампувальний простір є доволі важкою. Для полегшення подачі важких заготовок використовують підйомні пневматичні або гідропневматичні столи, за допомогою яких заготівля утримується на вазі, переміщується по вертикалі на рівень того чи іншого струмка штампа. Інші маніпуляції з прутком (заготовкою) виробляють вручну.

В останні роки запропоновано ряд конструкцій автоматичних подач, однак більш зручні для автоматизації з відкритого штампового простору машини з горизонтальним роз'ємом матриць.

ГКМ з горизонтальною площиною роз'єму матриць і автоматичною подачею для виготовлення різних деталей машинобудування.

Протягом одного робочого ходу закриття і розкриття матриць, необхідні по циклу, а також тривалість вистоювання матриць у закритому стані досягається підбором довжин плечей важелів механізму затиску і вибором координат точок для встановлення нерухомих осей в станині. Оскільки штампувальний повзун весь час знаходиться в русі, то теоретично при будь-якому підборі плечей важелів у процесі затиску спостерігається деяке незначне переміщення затискної матриці під час вистоювання. Однак, через велику довжину шатунів і дуже маленького кута їх гойдання, величина цього переміщення при використанні описуваного механізму затиску у багато разів менше, ніж при застосуванні інших конструкцій механізмів затиску ГКМ.

Для зручності обслуговування ГКМ привід затискного повзуна з системою тяг і важелів, а також пристрій, що охороняє цей вузол, розташовані у верхній частині ГКМ, але в ГКС із зусиллям 6,3 МН або більше – у нижній частині.

Автоматична подача розташована на передній стороні машини і виконана таким чином, що залишається відкритим доступ до інструменту, що забезпечує зручне переналагодження та підналадку ГKM в процесі роботи.

Собівартість заготовки отриманої куванням на молоті визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_i \cdot K_m \cdot K_c \cdot K \cdot \mathcal{Ж}_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де $C_i = 28000$ грн – базова вартість однієї тонни матеріалу, грн.,

$Q = 2,8$ кг – маса заготовки;

$q = 2,1$ кг – маса готової деталі;

$K_i = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує точність поковки;

$K_m = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу;

$K_{II} = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності;

$K_n = 1,1$ – коефіцієнт що враховує групу складності;

$K_b = 0,98$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки;

$S_{\text{отх}} = 2800$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{18000}{1000} \cdot 60,5 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (60,5 - 45,5) \cdot \frac{2000}{1000} = 2048 - 30 = 290 \text{ грн.}$$

Технічні вимоги:

1. Поковка ГрІ ГОСТ 7505-89-70;
2. Незазначені радіуси $R = 5$ мм;
3. Незазначені зовнішні ухили 7° ;
4. Заусенців по периметру не більше 3 мм;

2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші вир о-

бничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачити виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 25f7$. Призначаємо маршрут обробки поверхні і результати заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхні

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності, Що досягається IT	Параметри шорхності Ra, мкм
1. Заготівельна	$h15_{-1,0}^{+1,8}$	25
2. Точіння напівчистове	$h12_{-0,21}$	6,3
3. Точіння чистове	$h9_{-0,052}$	3,2
4. Точіння тонке	$f7_{-0,050}^{-0,020}$	1,6

Вибираємо елементи припусків по переходах

Обирається висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару T:

- для заготовки Rz=160 мкм і T=200 мкм
- на операції точіння напівчистове Rz=125 мкм і T=120 мкм
- на операції точіння чистове Rz=25 мкм і T=25 мкм
- на операції точіння тонке Rz=5 мкм і T=5 мкм

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

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

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

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

ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від

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

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

$$\rho_{\text{чер}} = 1420 \cdot 0,06 = 89 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{n/q} = 1420 \cdot 0,05 = 72 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 1420 \cdot 0,04 = 59 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.5.

Розрахунок припусків та граничних відхилень

Точіння тонке:

$$D_{\min \text{ точ. тонк.}} = D_{\text{норм}} + ES_{\text{танк}}$$

$$D_{\min \text{ тонк}} = 24 - 0,041 = 23,959 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ тонк}} = D_{\text{ном}} + El_{\text{точ}}$$

$$D_{\max \text{ тонк}} = 24 + 0,020 = 23,98$$

$$2Z_{\max \text{ тонк}} = 2Z_{\min \text{ тонк}} + ES_{\text{тонк}} + El_{\text{чист}}$$

$$2Z_{\max \text{ тонк}} = 0,2 + 0,041 + 0,052 = 0,293 \text{ мм}$$

Точіння чистове:

$$D_{\max \text{ чист}} = D_{\text{ном чист}} = D_{\min \text{ чист}} + El_{\text{чист}}$$

$$D_{\max \text{ чист}} = 24,18 + 0,052 = 24,232 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ чист}} = D_{\max \text{ тонк}} + 2Z_{\min \text{ тонк}}$$

$$D_{\min \text{ чист}} = 23,98 + 0,2 = 24,18 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 2Z_{\min \text{ чист}} + El_{\frac{H}{Ч}} + El_{\text{чист}}$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 0,37 + 0,21 + 0,052 = 0,632 \text{ мм}$$

Точіння напівчистове:

$$D_{\max \frac{H}{Ч}} = D_{\min \frac{H}{Ч}} + El_{\frac{H}{Ч}}$$

$$D_{\max \frac{H}{Ч}} = 24,604 + 0,21 = 24,814 \text{ мм}$$

$$D_{\min \frac{H}{Ч}} = D_{\max \text{ чист}} + 2Z_{\min \text{ чист}}$$

$$D_{\min \frac{H}{Ч}} = 24,232 + 0,372 = 24,604 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ H/Ч}} = 2Z_{\min \text{ H/Ч}} + El_{\text{H/Ч}} + \delta_{\text{заг}}$$

$$2Z_{\max \text{ H/Ч}} = 3,3 + 2,8 + 0,21 = 6,31$$

Розміри заготовки:

$$D_{\max \text{ заг}} = D_{\text{ном заг}} + ES_{\text{заг}}$$

$$D_{\max \text{ заг}} = 29,114 + 1,8 = 30,914 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ заг}} = D_{\text{ном заг}}$$

$$D_{\text{ном заг}} = 28,114 + 1,0 = 29,114 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ заг}} = D_{\max \text{ H/Ч}} + 2Z_{\min \text{ чист}}$$

$$D_{\min \text{ заг}} = 24,814 + 3,3 = 28,144 \text{ мм}$$

Таблиця 2.2 – Початкові та розрахункові дані на заданий розмір

Технічні операції і переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мкм			Розрахунок розмірів, мкм		
	Rz	T	ρ	J _i	$2Z_{\min}$	$2Z_{\text{ном}}$	$2Z_{\max}$	D_{\min}	$D_{\text{ном}}$	D_{\max}
Заготовка	160	200	1290	-	-	-	-	28,114	29,114	30,194
Точіння напівчистове	125	120	64,5	110	0,24	2,04	3,49	24,604	24,814	
Точіння чистове	25	25	51,6	-	34,62	0,43	0,59	24,18	24,232	
Шліфування	5	5	-	70	0,4	0,2	0,262	23,959	24	23,98

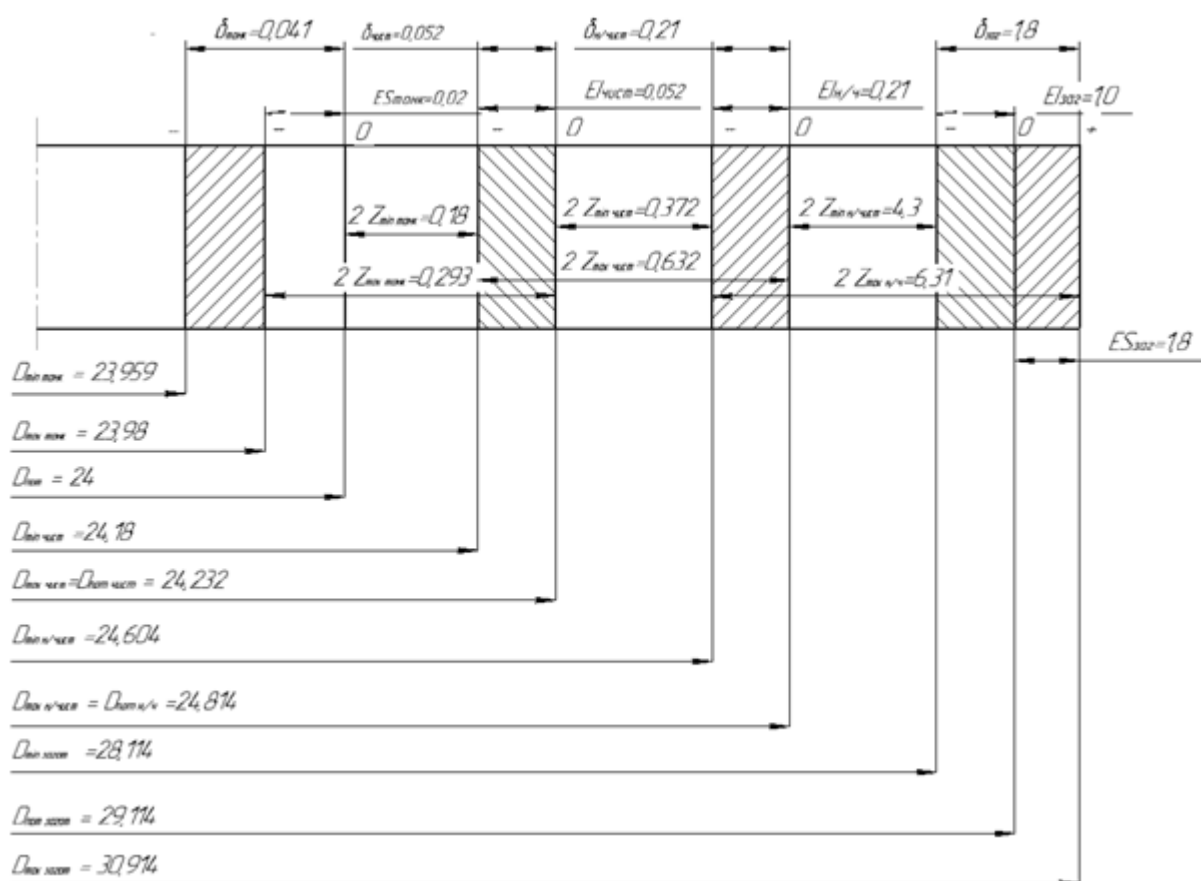


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру

2.4 Аналіз базового технологічного процесу, обладнання, устаткування, інструменту та його удосконалення

Виходячи з того, що дипломна робота орієнтована на обробку деталі в умовах середньосерійного виробництва, необхідно використовувати принцип диференціації техпроцесу, де операції чорнової, чистової, напівчистової і чистової обробки розділяються і виконуються на різному устаткуванні відповідної точності.

Крім цього, механічна обробка може багаторазово перериватися операціями термообробки і контролю. Тому, на початку проектування за допомогою довідкової літератури необхідно визначити послідовність методів обробки кожної поверхні, необхідних для досягнення заданих розмірів та фізико-механічних параметрів поверхонь. Для забезпечення високої якості і продуктивності виробництва, зниження собівартості, технологічний процес рекомендується розділяти на стадії обробки: чорнова, напівчистова, чистова і виконувати обробку в зазначеній послідовності, з огляду на наступні вимоги:

- в першу чергу обробляються поверхні, які на другій операції виконують роль чистових баз;

- потім обробляються поверхні з максимальним припуском і напуском, оскільки при цьому використовуються значні сили закріплення і підвищені режими різання;

- далі обробляються поверхні, при формуванні яких можуть виявитися дефекти заготовки, а так само присутня велика ймовірність появи браку завдяки важким умовам механічної обробки;

- останніми обробляються найбільш точні поверхні;

- після термічної обробки обов'язково планується чистова обробка точних поверхонь.

Після операції механічної обробки потрібно передбачити контрольні операції, що виконуються на цьому ж робочому місці виконавцем.

Після кожної групи однотипних операцій доцільно запропонувати контрольну операцію, виконувану контролером ВТК.

Після того, як визначена послідовність операцій маршрутного технологічного процесу, складається порівняльна таблиця, яка дає можливість наглядно побачити відмінності базового та пропонованого техпроцесів.

Таблиця 2.6 – Порівняння базового і пропонованого технологічних процесів

Базовий технологічний процес			Пропонований технологічний процес		
№ операції	Назва операції	Обладнання	№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна		005	Заготівельна	
010	Контроль ВТК		010	Контроль ВТК	
015	Токарно-гвинторізна	1K625	015	Токарна ЧПУ	1B340Ф30
020	Токарно-гвинторізна	1K625	020	Токарна ЧПУ	1B340Ф30
025	Контроль ВТК		025	Контроль ВТК	
030	Вертикально-фрезерна	6P13	030	Фрезерування ЧПУ	16P12
035	Слюсарна		035	Слюсарна	
040	Контроль ВТК		040	Контроль ВТК	

Запропоновані методи забезпечення технічних вимог на деталь в процесі обробки

Вибір методів обробки залежить від конфігурації деталі, її габаритів, точності, якості обробки поверхонь, виду прийнятої заготовки. Остаточне фороутворення, досягнення точності розмірів і якості оброблених поверхонь в машинобудуванні переважно досягається обробкою різанням.

Точність обробки – це відповідність оброблених поверхонь вимогам креслення. Аналізуючи ці вимоги, можна побачити, що обмежені вони чотирма чинниками:

- дотримання розмірної точності;
- дотримання вимог шорсткості поверхні;
- дотримання допусків форми та взаємного розташування поверхонь;
- дотримання необхідної твердості поверхні.

Дотримання розмірної точності

Необхідну точність оброблюваних поверхонь забезпечуємо достатньою кількістю стадій обробки:

- поверхні IT6-IT8 піддаються чорновому, напівчистовому, чистовому і тонкому точінню;
- поверхня IT9 піддається чорновому, напівчистовому і чистовому точінню;
- інші розміри обробляються за одну стадію – чорнову.

Дотримання вимог по шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання. Найбільший вплив на шорсткість надає подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні.

Дотримання допусків форми та взаємного розташування

Забезпечення необхідних допусків форми та взаємного розташування поверхонь досягається на операціях кінцевої обробки з дотриманням принципів постійності та сумісності баз.

Дотримання твердості поверхонь

Матеріал з якого складається корпус – сталь 38ХНЗМФА. Твердість деталі відповідає твердості заготовки в стані її поставки на механічну обробку.

Досягнення на зубчатому вінці твердості Hv500 на глибину 0,20-0,45 мм, деталь проходить термічну обробку (азотування). Азотування – насичення поверхні деталі азотом для підвищення твердості, зносостійкості і корозійної стій-

кості. Для азотування деталей нагрівають до 480-650 °С в атмосфері дисоційованого аміаку.

Аналіз заводського технологічного процесу, скорочений опис запропонованого технологічного процесу. Вибір та обґрунтування верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

У даному пункті дипломного проекту аналізується базовий (заводський) технологічний процес і вносяться до нього корективи – нововведення з обладнанням, технологічною оснасткою і базуванням.

Базовий (заводський) технологічний процес

005 Заготівельна

В умовах одиничного типу виробництва, заготовка – прокат. У зв'язку з тим, що змінено тип виробництва на середньосерійний, виникла необхідність змінити спосіб отримання заготовки на штампування на ГKM. Обґрунтування вибору способу отримання заготовки наведено в пункті.

010 Контроль ВTK

Контролювати розміри.

Обладнання: штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89

015 Токарно-гвинторізна

Деталь виставляється та закріплюється в патроні до упору, точити згідно ескізу (рис. 2.6).

Обладнання: верстат 16K20, патрон 7103-0005 ГОСТ 3890-82, штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0.05-2 ГОСТ 166-89, різець чорновий лівий прохідний 2101-0007 BK6, різець напівчистовий T5K10, різець PCLNR/L чистовий, різець різьбонарізний SER/L.

020 Токарно-гвинторізна

Деталь виготовляється та закріплюється в патроні до упору, точити згідно ескізу (рис. 6.2).

Обладнання: верстат 16K20, патрон 7103-0005 ГОСТ 3890-82, штангенциркуль ШЦ-I-12-0.1-2 ГОСТ 166-89, різець чорновий лівий прохідний 2101-0007

ВК6, різець напівчистовий Т5К10, різець чистовий PCLNR/L, різець розточний PWLNR/L.

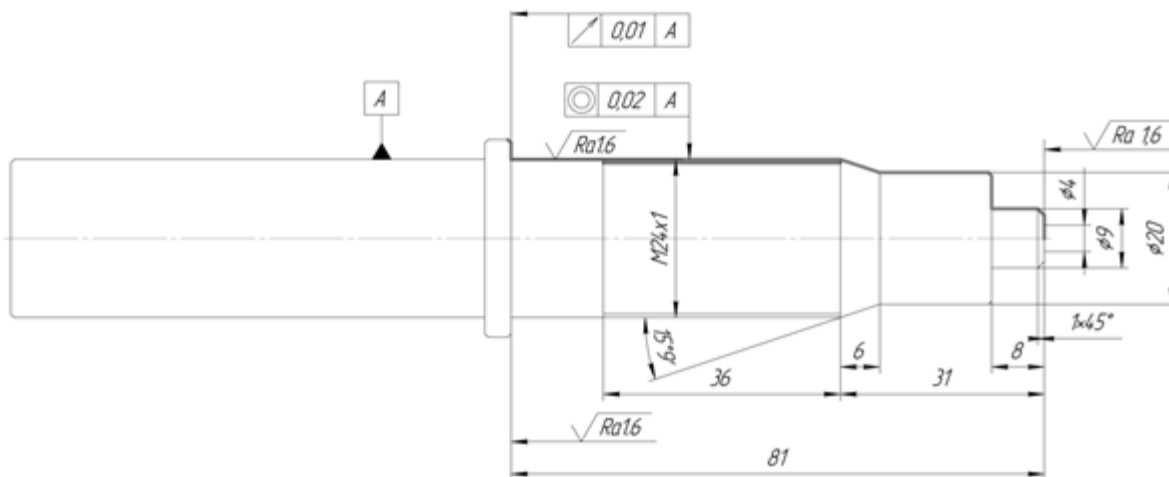


Рисунок 2.6 – Операційний ескіз

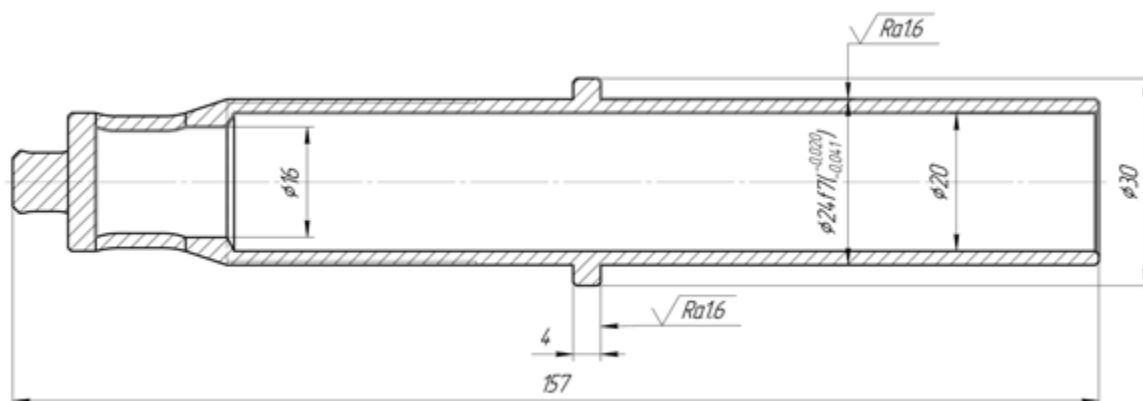


Рисунок 2.7 – Операційний ескіз №2

025 Контроль ВТК

Контролювати розміри.

Обладнання: штангенциркуль ШЦ-ІІ-400-0.1 ГОСТ 166-89

030 Вертикально-фрезерна

Фрезерувати пази згідно ескізу (рис. 6.3).

Обладнання: фреза кінцева ГОСТ 2324-78, фреза кінцева ГОСТ 23247-78, верстат вертикально-фрезерний 6Р13.

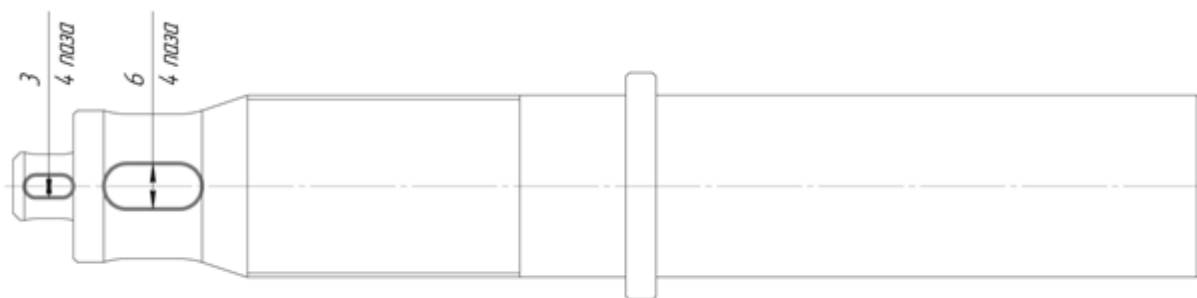


Рисунок 2.8 – Операційний ескіз №3

035 Слюсарна

Зачистити зазубрини після механічної обробки. Гострі кромки притупити.

040 Контроль ВТК

Перевірити деталь на відповідність розмірам креслення та технічним вимогам

Пропонований маршрутний технологічний процес

005 Заготівельна

Для отримання заготовки «Штанга сопло» запропонований метод отримання заготовки – поковка штампована на ГKM. Детальніше цей метод описаний у пункті 4.

010 Контроль ВТК

Контролювати розміри.

Обладнання: штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89

015 Токарна з ЧПУ

Виконати чорнову та чистову обробку заготовки згідно ескізу (рис. 6.4).

Обладнання: токарний верстат з ЧПК 1В3440Ф30. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика верстата моделі 1В340Ф30

Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм: при зажимній і подаючих трубах	40
при передньому зажимі	55
Найбільший діаметр заготовки, мм	400
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	200
Кінець шпинделя фланцевого	2-6 Ц
Кількість позицій револьверної головки	8
Діапазон частот обертання шпинделя	безступінчате
Частоти обертання шпинделя	10...2500
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Маса, кг	3270
Габаритні розміри, мм	3830x1500x1710

Оснащення: патрон самоцентруючий трьохкулачковий ГОСТ 2571-71, штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0.05-2 ГОСТ 166-89.

Ріжучий інструмент:

- PIN№1 – KHS-SBCL правий упорний різець для чорнової обробки зовнішніх поверхонь
- PIN№2 – KHP-CLNR правий упорний різець для напівчистої обробки зовнішніх поверхонь
- PIN№3 – DCLNR правий упорний різець для чистої обробки зовнішніх поверхонь.
- PIN№4 – SER/L-S різець для нарізання різі.

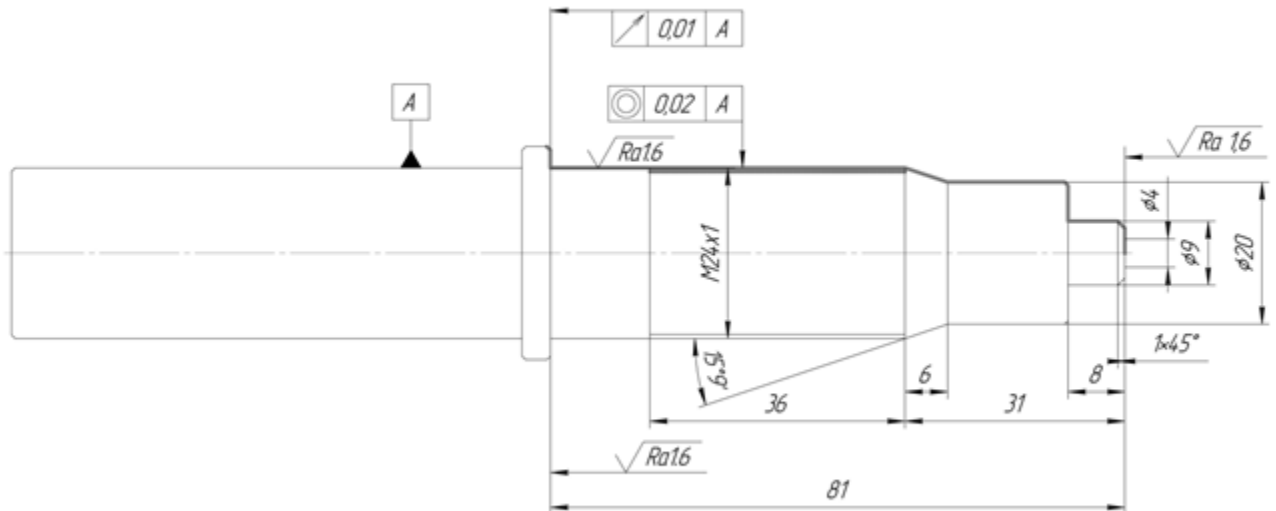


Рисунок 2.9 – Операційний ескіз (операція 015)

020 Токарна з ЧПУ

Виконати чорнову та чистову обробку заготовки згідно ескізу (рис. 6.5).

Обладнання: токарний верстат з ЧПК 1В340Ф30.

Оснащення: патрон самоцентруючий трьохкулачковий ГОСТ 2571-71,
штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0.05-2
ГОСТ 166-89

Ріжучий інструмент:

PIN№1 – KHP-SBCK правий упорний різець для чорнової обробки
зовнішніх поверхонь

PIN№2 – KHP-SLNR правий упорний різець для напівчистої обробки
зовнішніх поверхонь

PIN№3 – DCLNR правий упорний різець для чистої обробки зовнішніх
поверхонь

PIN№4 – SWUCR/L правий розточний різець для напівчистої обробки

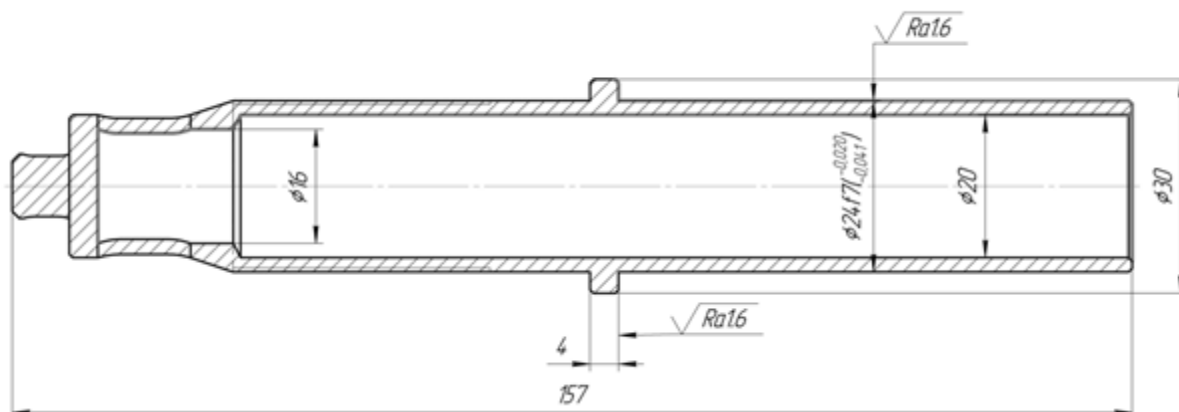


Рисунок 2.10 – Операційний ескіз (операція 020)

025 Контроль ВТК

Контролювати поверхні отримані на операції 010

Обладнання: стіл ВТК, штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89, мікрометр ГОСТ 6507-90.

030 Вертикально-фрезерна

Фрезерувати 8 пазів ескізу (рис. 6.6).

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат 16P12

Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.5

Ріжучий інструмент: фреза кінцева $\varnothing 6$ ГОСТ 17026-71, фреза кінцева $\varnothing 3$ ГОСТ 17026-71

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89.

Таблиця 6.4.2 – Технічна характеристика верстату 16P12

Клас точності по ГОСТ 8-71	Н
Довжина робочої поверхні столу, мм	1250
Ширина робочої поверхні столу, мм	320
Найбільшу поздовжнє переміщення столу, мм	800
Найбільше поперечне переміщення столу, мм	240
Найбільше вертикальне переміщення столу, мм	410

Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	30-450
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини, мм	350
Переміщення столу на одне ділення лімба (поздовжнє, поперечне, вертикальне), мм	0,05
Переміщення столу на один оборот лімба (поздовжнє, поперечне і вертикальне), мм	6, 6, 2
Найбільший кут повороту шпиндельної головки, град	±45
Ціна одного ділення повороту шпиндельної головки, град	1
Потужність приводу головного руху, кВт	7,5
Частота обертання головного приводу, об/хв	1460
Потужність приводу подач, кВт	2,2
Вага верстата, т	3,12

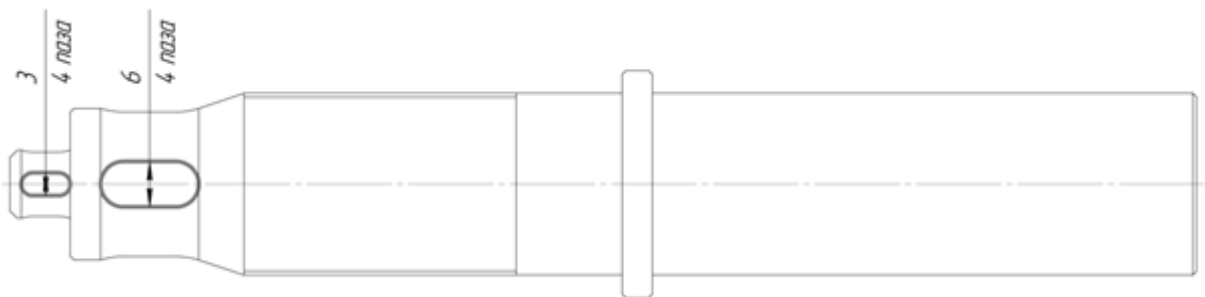


Рисунок 2.11 – Операційний ескіз (операція 030)

035 Слюсарна

Зачистити зазубрини після механічної обробки. Гострі кромки притупити.

Обладнання: верстак слюсарний, напилек 2822-0127 ГОСТ 1465-80

040 Контроль ВТК

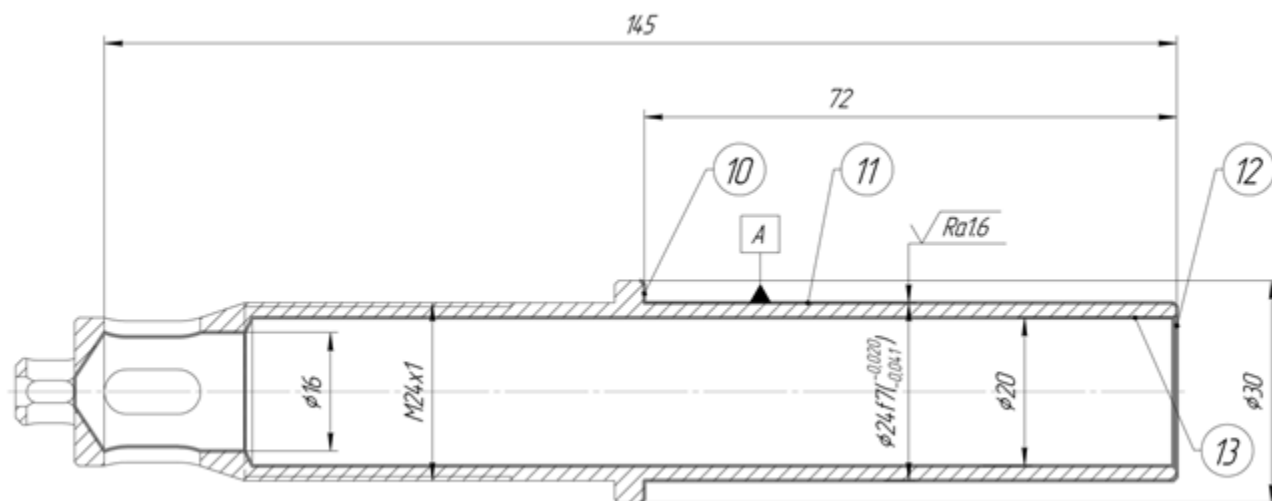
Провести загальний контроль виготовленої деталі згідно креслення.

Обладнання: стіл ВТК, вимірювальний інструмент використовувати згідно попередніх операцій.

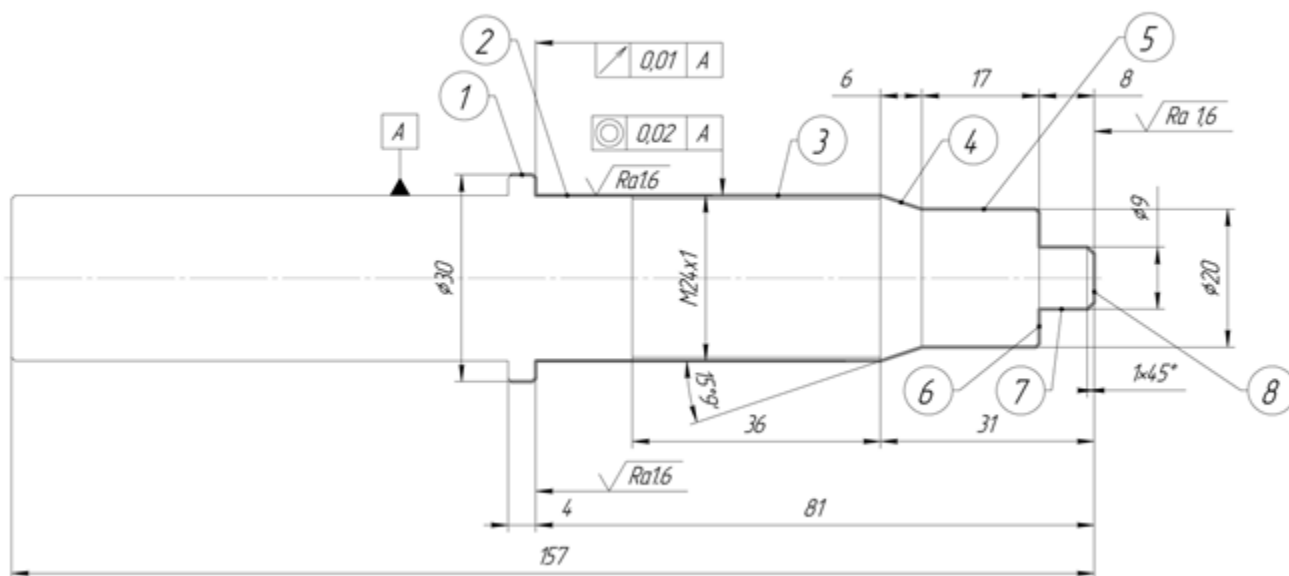
2.5 Розрахунок режимів різання

015 Багатоцільова

На токарно-гвинторізному верстаті 1В350Ф30 проводиться точіння поверхонь зазначених на рисунку 2.12.



1 позиція



2 позиція

Рисунок 2.12 – Ескіз обробки на операції 015

Таблиця 2.11 – Стадії обробки та глибина різання по стадіям

Т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чор	1,8	2,1	2,1	1	1,9	3,2	1,8	1	3,2	1,6	2,1	2,1	2
Н/ч	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Чист	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тонке	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Вибір подач S_o , мм/об:

Вибираємо подачу для чорнового точіння S_o (мм/об) поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,11,12 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1 та №5 при обробці поверхонь 1,2,3,4,5,6,8,11,12 на чорновій стадії обробки таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 130 мм, рівна $S_{om}=0,8$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

1. Перетину державки різця $K_{sd}=1,0$;
2. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,0$;
3. Стану поверхні заготовки $K_{sn}=1,0$;
4. Геометричних параметрів різця $K_{s\phi}=1,0$;
5. Жорсткості верстата $K_{sj}=1,0$;
6. Міцність ріжучої частини $K_{sh}=0,75$;
7. Схеми заготовки установки $K_{sy}=1,2$;
8. Інструментального матеріалу $K_{si}=1,15$;
9. Методу кріплення пластини $K_{sp}=1,0$.

Прийнята подача буде рівна:

$$S_o = S_{om} \times K,$$

Де K – це допуск усіх поправочних коефіцієнтів подачі даної стадії обробки:

$$K = K_{sd} \times K_{sm} \times K_{sn} \times K_{s\phi} \times K_{sj} \times K_{sj} \times K_{sh} \times K_{sy} \times K_{si} \times K_{sp}$$

При цьому $K=1,035$, тоді подача для чорнової стадії обробки по формулі буде рівна для поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,11,12:

$$S_o = 0,8 \times 1,035 = 0,82 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо подачу для напівчистового точіння S_o (мм/об) поверхонь 11 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №2 та №4 при обробці поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 на напівчистовій стадії обробки таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 100 мм, рівна $S_{om} = 0,3$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

1. Перетину державки різця $K_{sd}=1,0$;
2. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,0$;
3. Стану поверхні заготовки $K_{sn}=1,0$;
4. Геометричних параметрів різця $K_{s\phi}=1,0$;
5. Жорсткості верстата $K_{sj}=1,0$
6. Міцність ріжучої частини $K_{sh}=0,85$;
7. Схеми заготовки установки $K_{sy}=1,2$;
8. Інструментального матеріалу $K_{si}=1,15$;
9. Методу кріплення пластини $K_{sp}=1,0$.

При цьому $K=1,17$, тоді подача для напівчистової стадії обробки по формулі для поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 буде рівна:

$$S_o = 0,3 \times 1,17 = 0,35 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо подачу для напівчистового розточування S_o (мм/об) поверхні 13 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №6 таблична подача рівна $S_{om}=0,45$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,0$;
2. Стану поверхні заготовки $K_{sn}=1,0$;
3. Вильоту різця $K_{sl}=1,0$;
4. Геометричних параметрів різця $K_{s\phi}=1,0$;

5. Діаметру деталі $K_{sD}=0,8$;
 6. Способу криплення пластини $K_{sp}=1,05$;
- Інструментального матеріалу $K_{si}=1,15$.

По формулі $K=0,96$, тоді подача для чорнового розточування по формулі буде рівна:

$$S_o = 0,45 \times 0,96 \times 0,43 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо подачу для чистового точіння S_o (мм/об) поверхонь 11 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №3 таблична подача рівна $S_{om}=0,33$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,0$;
2. Вильоту різця $K_{sl}=1,0$;
3. Радіуса при вершині різця $K_{sr}=1,0$;
4. Квалітет оброблюваної деталі $K_{sk}=1,15$;
5. Кінематичного кутав плані $K_{sq}=1,0$;
6. Діаметру деталі $K_{sD}=0,8$;

По формулі $K=0,92$, тоді подача для чорнового розточування по буде рівна:

$$S_o = 0,33 \times 0,92 = 0,30 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо подачу для тонкого точіння S_o (мм/об) поверхні 11 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №3 таблична подача рівна $S_{om}=0,2$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=0,8$;
2. Виліту різця (оправки) $K_{sl}=1,0$;
3. Радіуса при вершині різця $K_{sr}=1,0$;

4. Квалітету оброблюваної деталі $K_{sk}=0,85$;
5. Кінематичного кута в плані $K_{sc}=0,8$;
6. Діаметру деталі $K_{sD}=0,8$;

По формулі $K=0,544$, тоді подача для чорнового розточування буде рівна: $S_o=0.07$ мм/об.

Вибір швидкості різання V_p , м/хв

1. Вибираємо швидкість різання V_p , (м/хв) для чорнового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів. Для різця №1 та №4 при обробці поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,11,12 таблична швидкість різання рівна 64 м/хв.

Розрахункова швидкість різання буде рівна:

$$V_p = V_T \times K,$$

де K – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання на стадії обробки, тобто:

$$K = K_{vc} \times K_{vo} \times K_{vj} \times K_{vm} \times K_{v\phi} \times K_{vt} \times K_{vj} \times K_{vi}$$

При цьому $K=0,85$, тоді розрахункова швидкість різання по формулі для поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 буде рівна:

$$V_p = 64 \times 0,85 = 54,4 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо швидкість різання V_p , (м/хв) для напівчистового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №2 та №4 при обробці поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 таблична швидкість різання рівна $V_T=92$ м/хв.

При цьому $K=0,85$, тоді розрахункова швидкість різання для поверхонь 5, 17 буде рівна:

$$V_p = 92 \times 0,85 = 78,2 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо швидкість різання V_p , (м/хв) для напівчистового розточування з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №6 при обробці поверхні 13 таблична швидкість різання рівна $V_m=150$ м/хв.

По формулі $K=0,85$, тоді швидкість різання для напівчистового розточування буде рівна:

$$V_p = 150 \times 0,85 = 127,5 \text{ м/хв}$$

Вибираємо швидкість різання V_p (м/хв) для точіння чистового з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні 11 таблична швидкість різання рівна $V_T=107$ м/хв.

При цьому $K=0,85$, тоді розрахункова швидкість різання для поверхні 11 буде рівна:

$$V_p = 107 \times 0,85 = 90,95 \text{ м/хв.}$$

Вибираю швидкість різання V_p (м/хв) для точіння тонкого з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхню 11 таблична швидкість різання рівна $V_T=250$ м/хв.

При цьому $K=0,85$, тоді розрахункова швидкість різання для поверхні 11 буде рівна:

$$V_p = 250 \times 0,85 = 212,5 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункові частоти обертання шпинделя на всі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{3,14 \times D}, \text{ об/хв.}$$

Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$n_p = \frac{(1000 \times 54,5)}{3,14 \times 30} = 578,5 \text{ об/хв.}$$

Напівчистове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$np = \frac{1000 \times 78,2}{3,14 \times 30} = 830,14 \text{ об/хв.}$$

Напівчистове розточування поверхні 13:

$$np = \frac{1000 \times 127,5}{3,14 \times 20} = 2030,25 \text{ об/хв.}$$

Чистове точіння поверхні 11:

$$np = \frac{1000 \times 90,95}{3,14 \times 24} = 1197,34 \text{ об/хв.}$$

Тонке точіння поверхні 11:

$$np = \frac{(1000 \times 212,5)}{3,14 \times 24} = 2797,52 \text{ об/хв.}$$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегуємо по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя n_{ϕ} . Так як верстат 1FCL-450 TMS має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12=578 об/хв;

Напівчистове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12=830 об/хв;

Напівчистове розточування поверхні 13=2030 об/хв;

Чистове точіння поверхні 11=1197 об/хв;

Тонке точіння поверхні 11=2797 об/хв.

Визначаємо фактичні швидкості різання V_{ϕ} по формулі:

$$V_{\phi} = \frac{\Pi \times D \times n_{\phi}}{1000}, \text{ м/хв}$$

Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$V_{\phi} = \frac{(3,14 \times 30 \times 578)}{1000} = 54,47 \text{ м/хв;}$$

Напівчистове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$V_{\phi} = \frac{(3,14 \times 30 \times 830)}{1000} = 78,22 \text{ м/хв};$$

1. Напівчистове розточування поверхні 13:

$$V_{\phi} = \frac{(3,14 \times 20 \times 2030)}{1000} = 127,54 \text{ м/хв};$$

2. Чистове точіння поверхні 11:

$$V_{\phi} = \frac{(3,14 \times 24 \times 1197)}{1000} = 90,25 \text{ м/хв};$$

3. Тонке точіння поверхні 11:

$$V_{\phi} = \frac{(3,14 \times 24 \times 2797)}{1000} = 210,88 \text{ м/хв};$$

Перевіряємо вибрані режими різання по потужності приводу головного руху для чорнових і напівчистої стадії обробки, для цього повинна виконуватися умова:

$$N_{\phi max} \leq N_B,$$

де $N_{\phi max}$ – максимальна фактична потужність різання на стадіях

N_B – максимальна потужність різання верстату.

Значення потужності різання:

1. Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12: $N_m=11,0$ кВт;
2. Напівчистове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12: $N_m=9,0$ кВт;
3. Напівчистове розточування поверхні 13: $N_m=8,2$ кВт;
4. Чистове точіння поверхні 11: $N_m=8,0$ кВт;
5. Тонке точіння поверхні 11: $N_m=7,2$ кВт;

Корегуємо значення потужності різання за допомогою поправочного коефіцієнту в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{NM}=0,6$ (однаковий для всіх стадій обробки). Виходячи з цього бачимо, що розрахункова потужність відповідних стадій дорівнюватиме:

$$N_{\phi} = N_M \times K_{NM} \times V_{\phi}/V_m.$$

З розрахунку фактичних потужностей різання, максимальною є потужність різання при чорновому точінні поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$N_{\phi} = 11,0 \times 0,6 \times \frac{54,47}{64} = 5,6 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо умову, $N_B = 20 \text{ кВт}, 5,6 \leq 30$ – умова виконується, отже обробка можлива при вибраних режимах різання.

Визначаємо хвилинну подачу S_X (мм/хв) по стадіям користуючись формулою:

$$S_X = S_0 \times n_{\phi} \text{ (мм/об),}$$

де S_0 – подача на оберт, мм/об

n_{ϕ} – фактична частота обертання шпинделя, об/хв.

1. Чорнове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$S_X = 0,82 \times 578 = 473,96 \text{ мм/хв;}$$

2. Напівчистове точіння поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12:

$$S_X = 0,35 \times 830 = 290,5 \text{ мм/хв;}$$

3. Напівчистове розточування поверхні 13:

$$S_X = 0,43 \times 2030 = 872,9 \text{ мм/хв;}$$

4. Чистове точіння поверхні 11:

$$S_X = 0,3 \times 1197 = 359,1 \text{ мм/хв;}$$

5. Тонке точіння поверхні 11:

$$S_X = 0,07 \times 2797 = 195,79 \text{ мм/хв;}$$

Таблиця 2.14 – Режими різання для операції 015

Елементи режимів різання	Стадія обробки				
	Розточування		Т		
	Чорнове	Н/ч	Чистове	Тонке	Н/ч
	Номери поверхонь				
	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12	11	11	13
Таблична подача S_{om} , мм/об	0,8	0,3	0,33	0,2	0,45
Прийнята подача S_o , мм/об	0,82	0,35	0,3	0,07	0,43
Таблична швидкість різання V_T , м/хв	64	92	107	250	150
Розрахункова ши- видкість різання V_p , м/хв	54,4	78,2	90,95	212,5	127,5
Розрахункові оберти шпінделя n_r , об/хв	578,5	830,14	1197,34	2797,52	2030,25
Фактичні оберти шпінделя n_f , об/хв	578	830	1197	2797	2030
Фактична швидкість різання V_f , м/хв	54,47	78,22	90,25	210,88	127,45
Таблична потуж- ність різання N_T , кВт	11	9	8	7,2	8,2
Фактична потуж- ність різання N_f , кВт	5,6	4,6	4,4	4,18	4,18
Хвилинна подача S_x , мм/хв	473,96	290,5	359,1	195,79	872,9

2.6 Технічне нормування операцій

Технічне нормування праці - це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Визначаємо норми штучного часу $T_{шт}$:

$T_{шт}$ – норма штучного часу – це час на виконання об'єму праці, що дорівнює одиниці нормування.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \times K_{тв}) \times (1 + (a_{тех} + a_{орг} + a_{отл})/100),$$

де $T_{ца}$ – це час циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі

$T_{в}$ – допоміжний час.

Так як після обробки деталь не контролюється на цій операції, а знімається деталь після відпрацювання, то в допоміжний час буде входити лише час на встановлення, перевстановлення та закріплення заготовки:

$$T_{ца} = T_o + T_{мв},$$

де T_o – норма часу

$$T_o = n \times (L_{рх}/S_{тпх}),$$

де n – кількість проходів

$L_{рх}$ – довжина робочого ходу інструменту

$T_{мв}$ – норма машинно-допоміжного часу

$T_{мви}$ - норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з автоматичною зміною інструменту (визначається за паспортом верстату).

- Час фіксації і розфіксації револьверної головки $T_{иф}=2$ с;
- Час повороту револьверної головки на одну позицію $T_{ип}=2$ с.

Тобто для різця №1 $T_{мви}$ буде дорівнювати:

$$T_{мви} = (2 \times 2 + 2)/60 = 0,1 \text{ хв.}$$

$T_{\text{мвхх}}$ - норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з холостим ходом інструменту.

$$T_{\text{мвхх}} = L_{\text{хх}}/S_{\text{мхх}},$$

де $L_{\text{хх}}$ – довжина робочого ходу

$S_{\text{мхх}}$ – хвилинна подача холостого ходу.

Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії, а також час зміни РІ заносимо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії

Ділянка траєкторії	ΔX , мм	ΔZ , мм	L_i , мм	S_m , мм/об	T_o , хв.	$T_{\text{мд}}$, хв
РІ№1						
12-13	6	3	3	260,76	0,011	-
13-14	0	9	9	260,76	0,035	-
14-15	1	0	1	15000	-	0,00007
15-16	0	10	10	15000	-	0,0007
16-17	40	0	40	260,76	0,15	-
17-18	4	2	1	15000	-	0,00007
18-19	0	8	8	15000	-	0,0005
19-20	23,8	0	23,8	260,76	0,09	-
20-21	196,2	87	214	15000	-	0,00007
21-0	196,2	87	214	15000	-	0,015
РІ№2						
0-1	119,5	114	165,16	15000	-	0,011
1-2	0	11	11	248,5	0,04	-
2-3	3,5	2	1	15000	-	0,00007
3-0	116	123	169	15000	-	0,0007
РІ№3						
0-1	0	97	97	15000	-	0,007

1-2	0	77	77	169,2	0,45	-
2-3	0	77	77	15000	-	0,005
3-0	0	97	97	15000	-	0,0065
PIN№4						
0-1	139,5	98	170,5	15000	-	0,011
1-2	0	1x6	6	797,22	0,27	-
2-3	12,7	0	12,7	15000	-	0,0008
3-4	0	64	64	797,22	0,08	-
4-5	1	-	1	15000	-	0,0008
5-6	60,4	0	60,4	15000	-	0,004
6-7	3,2	1,6	1	797,22	0,001	-
7-8	10,5	0	10,5	797,22	0,013	-
8-9	0	8	8	797,22	0,01	-
9-0	139,5	98	170,5	15000	-	0,011
PIN№5						
0-1	171,99	88	197,47	15000	-	0,013
1-2	0	70	70	1036,8	0	-
2-3	0,51	0	0,51	15000	-	0,00001
3-4	0	72	72	15000	-	0,005
4-0	173,5	96	197,5	15000	-	0,013
PIN№6						
0-1	116	122	168,3	15000	-	0,002
1-2	4,4	3	5,3	80	0,07	-
2-3	4,4	3	5,3	80	0,07	-
					Σ1,6	Σ0,13

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = \frac{34}{192} + 2,04 = 2,22 \text{ хв.}$$

$$\sum T_o = 1,6 \text{ хв}, \sum T_{мд} = 0,13 \text{ хв}.$$

По формулі $T_{ца} = 1,6 + 0,13 = 1,73 \text{ хв}.$

T_d – норма допоміжного часу – це час на дії, які мають можливість виконувати основну роботу.

$$T_d = T_{дуст} + T_{доп} + T_{дизм},$$

де $T_{дуст}$ – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки

$T_{доп}$ – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції

$T_{двим}$ – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань.

Маємо такі розрахунки:

$$T_{дуст} = 0,37 + 0,37 = 0,74 \text{ хв};$$

$$T_{доп} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв};$$

$$T_{двим} = 2,48 \text{ хв};$$

$$T_v = 0,75 + 0,5 + 2,48 = 3,72 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = 1,88 + 3,72 = 5,6 \text{ хв}.$$

$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}$ – норма часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та особисті потреби – 7%:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 0,07 \times 3,72 = 0,26 \text{ хв}.$$

$K_{тв} = 0,76$ – коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи залежно від об'єму партії. Визначаємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{шт} = (1,73 + 3,72 \times 0,86) \left(1 + \frac{0,26}{100} \right) = 4,35 \text{ хв}.$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу $T_{шк}$ за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз}/n,$$

$$n = (T_{зм} - T_{пз})/T_{он}$$

$T_{пз}$ – це час на підготовку робітників та засобів виробництва до виконання технологічної операції та приведення їх у первинний стан після її закінчення

(одержання матеріалу, інструменту, ознайомлення з кресленням, інструктаж з техніки безпеки, наладка обладнання, установка та зняття інструменту, пристосування, здача готової продукції).

Визначаємо норми штучного часу за формулою:

$$T_{пз} = 9 + 2 + 2 + 6,8 + 5,5 + 1 + 2 + 0,1 + 2,5 = 30,2 \text{ хв.}$$

$$n = (8 \times 60 - 30,2) / 5,6 = 80,32 \text{ шт.}$$

$$T_{шк} = 4,35 + 30,2 / 80,32 = 4,73 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-фрезерна з ЧПК

Обираємо для даної операції шпоночну фрезу, з двома ріжучими зубцями.

Таблиця 2.17 – Режими різання для фрезерування

№ поверхні	SZ	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
14	0,02	70	240	2,5
15	0,04	65	640	2

Розрахунок хвилинної подачі для фрезерування.

Хвилинна подача вираховується за формулою: $S_{хв} = SZ \times z \times n$,

де SZ – подача на зуб

z – кількість ріжучих зубців

n – оберти.

Розрахунок головного часу фрезерування:

$$S_{хв} = 0,04 \times 240 = 9,6;$$

$$S_{хв} = 0,02 \times 640 = 12,8$$

Допоміжний час знаходимо за формулою: $T_v = T_{всу} + T_{впр} + T_{визм} \text{ (хв)}$,

де $T_{всу}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі

$T_{впр}$ – допоміжний час на прохід;

$T_{визм}$ – допоміжний час на вимірювання.

$$T_{вфрез} = 0,2 + 0,09 + 0,6 = 1,7.$$

Головний час для фрезерування = 6,64 (хв).

Підготовчо-заготівельний час на фрезерування:

$$T_{ц} = 6,64 + 1,7 = 8,34 \text{ (хв);}$$

$$T_{пз} = 24 + 3 \times k + 1,5 \times 8,34 = 38,91 \text{ (хв).}$$

Норми оперативного часу.

Норма оперативного часу вираховується за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_v,$$

де T_o – основний час обробки, хв

T_v – допоміжний час на обробку, хв. $T_v = 8\%$ від часу обробки.

Норма оперативного часу на фрезерування:

$$T_{оп} = 6,64 + 1,7 = 8,34 \text{ хв.}$$

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = 5\% \times T_{оп}; T_{обсфрез} = 5\% \times 8,34 = 0,4.$$

Штучний час вираховується за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{осб} + T_{осб} = 8,34 + 0,4 + 0,4 = 9,1 \text{ хв.}$$

Далі то таблиці заносимо нормування часу для операції 015 та 030.

Таблиця 2.18 – Нормування часу для операції 015 токарної з ЧПК та операції 030 вертикально-фрезерної з ЧПК

№ операції	T_o	T_v	$T_{пз}$	$T_{шт}$
015 Токарна з ЧПК	1,6	3,73	30,2	4,73
025 Вертикально-фрезерна з ЧПК	6,64	1,7	38,91	9,1

2.7 Проектування верстатного пристрою

Мета та завдання на проектування

Задачею роботи є проектування пристрою на токарну з ЧПК операцію, на котрій відбувається обробка поверхонь згідно ескізу.

Розглядаючи проєктований технологічний процес можемо сказати що універсальну операції буде замінено на токарну, відповідно з системою ЧПК та верстатними пристроєм. Дане обладнання має систему ЧПК, що дозволить з точністю його позиціювання виконати отвори. Використання спеціального верстатного пристрою допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, знизити розряд оператора верстата, що значно зменше допоміжний час, та як результат безпосередньо буде зменшена собівартість деталі. Також необхідно відмітити що використання спеціального верстатного пристрою допоможе збільшити точність стабільність параметрів отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

Умовою досягнення точності оброблюваної деталі є досягнення точного базування деталі в пристосуванні, при тому що точність верстата повинна задовольняти отримувані параметри.

На операції токарній з ЧПК формується такі діаметри : $\varnothing 9$, $\varnothing 20$, $\varnothing 24_{f7}$ і різьба M24x1; також внутрішні діаметри: $\varnothing 20$, $\varnothing 16$. Точність циліндричних поверхонь регламентується 12 та 7 квалітетом точності.

Циліндрична поверхня $\varnothing 24$ повинна бути оброблена з точністю IT7, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі допуск беремо за 7 квалітетом: $\varnothing 24 = 21$ мкм.

Оскільки на кресленні є допуск розташування співвісність відносно бази А і складає 0,02 мм. Допуск є стандартним значенням і відповідає 11 класу точності.

На даній операції є сумарний допуск форми і розташування радіальне биття відносно бази А і складає 0,01 мм. Допуск є стандартним значенням і відповідає 12-класу точності.

Шорсткість оброблених поверхонь визначена кресленням та має значення 1,6 мкм за критерієм Ra, що відповідає 6 класу шорсткості.

Заготовку котру отримують для обробки поверхонь згідно ескізу має обточені поверхні згідно з вимогами креслення на токарних операціях.

Розглянемо безпосередньо саму деталь.

Деталь є типовим представником деталей типу вал, виготовляється зі сталі 45 ГОСТ 1412-85.

Для базування необхідно приймати базові начисто оброблені поверхні, котрі розвинуті та відкриті, що дозволить полегшити проектування та виготовлення пристрою. Тому приймаємо зовнішній діаметр $\varnothing 27$ та торець $L=72$

Розглянемо допуск площинності базового торцю. Можливе відхилення від площинності - вогнутість, випуклість. Допуск складе $T=0,6 \times 0,1=0,06$ мм – 12 степінь точності.

Для циліндричної поверхні розглянемо допуск циліндричності та профілю повздовжнього січення, котрі будуть знаходитись як 30% від допуску розміру $\varnothing 27$ мм, $T=0,02 \times 0,3=0,006$ мм, приймаємо 5 мкм – 4 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

Розглянемо допуск торцевого биття, котрий складає 0,02 мм – 9 степінь точності.

Допуск радіального биття складе 0,02 мм – 5 степінь точності.

Пристрій повинен виконати понад 2500 тис. циклів за період випуску деталей.

Пристрій буде використовуватися на верстаті моделі 1В340Ф30.

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Верстатний пристрій повинен обслуговуватися оператором 3-4-го розряду. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині.

Робоча температура навколишнього середовища $t=20^{\circ} \pm 5^{\circ}C$, відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск $P_{ат}=86...106$ кПа, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху $f=20/30$ Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс.

Даний перелік функцій дозволяє попередня ознайомитись з об'ємом робіт по використанню пристрою, та зробити аналіз функцій.

0 – Переміщення та попередня орієнтація пристрою.

- 1 – Базування заготовки.
- 2 – Закріплення заготовки.
- 3 – Базування пристрою на верстаті.
- 4 – Закріплення пристрою на верстаті.
- 5 – Підвід та відвід енергоносіїв.
- 6 – Утворення сили для закріплення.
- 7 – Управління енергоносіями.
- 8 – обробка поверхонь.
- 9 – Досягнення безпечних умов праці.
- 10 – Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій та вимог до результатів їх реалізації, конструктор шукає прототипів з накопленого запасу різноманітних технічних рішень. Перевагу потрібно віддавати вже перевіреним конструкціям, та бажано в основу конструкції вкладати здешевлення. Розробка спеціальних конструкцій вузлів потребує спеціального обґрунтування.

Розробка і обґрунтування схеми базування

На даній операції здійснюється токарна обробка. На роль технологічних баз перш за все претендують зовнішні циліндри 24 та зовнішній торець заготовки 24, оскільки вони досить чисті та розвинені. Мною передбачається установка заготовки в трьохкулачковому патроні з упором в правий торець. Так під час базування заготовки реалізується подвійна направляюча база, яка позбавляє деталь 4-х ступенів волі (переміщення та обертання по осях x та z). Опорна база - правий торець заготовки, позбавляє деталь 1-го ступеню волі (переміщення уздовж осі y). Опорна база - шпонковий паз деталі, позбавляє деталь останнього ступеню волі - обертання по осі z . Схема повного базування деталі наведена на рисунку.

В пристосуванні заготовка встановлюється в трьохкулачковому патроні (опорна та подвійна направляюча база), а упор в правий торець позбавляє можливості руху (опорна база).

Розрахунок сил закріплення

Відповідно запропонованої схеми закріплення заготовки силу закріплення можна розрахувати за формулою:

$$P_3 = 2MK / (D_3 \times f),$$

де K – коефіцієнт запасу

M – крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні Н·м

D – діаметр заготовки, м

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами. $f_1=f_2=20$

$n=3$ – кріплення.

$$M_{\text{різ}} \times K_{\text{зак}} = M_{\text{тр}}$$

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки.

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого зазору, $K_0=1,5$

K_1 – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці, $K_1=1,0$

K_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання в наслідок затуплення ріжучого інструменту, $K_2=1,6$

K_3 – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні, $K_3=1,0$

K_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоциліндрів подвійної дії, $K_4=1,0$

K_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$

K_6 – коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовлю, $K_6=1,5$.

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,6 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 3,6$$

Головна складовасилирізання при точінні визначається за формулою:

$$P_{z y z} = 10C_p \times t_x \times s^y \times v^n \times K_p,$$

де C_p - коефіцієнт, який дорівнює $C_p=300$

x, y, n, z – показники ступеня, які дорівнюють $x=1, y=0,75, n=-0,15$

t – глибина різання, яка дорівнює $t=0,2$ мм

S – подача, яка дорівнює $S=0,4$ мм

V – швидкість різання, яка дорівнює $V=66$ мм

n – частота обертання шпинделя, яка дорівнює $n=1500$ об/хв

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу і дорівнює $K_p=3,6$.

Підставивши вибрані і розраховані значення у формулу, визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,2^1 \times 0,4^{0,75} \times 66^{0,15} \times 3,6 = 576,1 \text{ Н}$$

Щоб визначити момент різання застосовуємо формулу:

$$M_{\text{різ}} = P_z \times r$$

$$M_{\text{різ}} = 576,1 \times 9 = 5184,9 \text{ Н} \times \text{м}$$

Підставивши розраховане значення моменту різання в формулу, визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = 2 \times 5184,9 \times 3,6 / (24 \times 0,2) = 7777 \text{ Н.}$$

7.4 Розрахунок пристрою на міцність

Для розрахунку на міцність обирається важіль. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа текучості $\sigma_t = 300$ МПа. На даному важелі при затиску заготовки саме вразливе місце - циліндрична поверхня важеля яка зв'язує контргруз 11 з основним кулачком 15.

Для того щоб не було пошкодження важелю, необхідне виконання умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

У свою чергу, допустиме навантаження важелю $[\sigma_p]$ визначається по формулі:

$$[\sigma_p] = 0,67 \times \sigma_t,$$

тобто: $[\sigma_p] \approx 0,67 \times 300 = 201$ Мпа.

Небезпечним є перетин важелю, діаметр якого дорівнює 9,7 мм. Навантаженн важелю визначається по формулі:

$$\sigma_p = \frac{4 \times Q}{\pi d^2},$$

де, Q – зусилля на штоці (Q=4093 Н)

S – площа розглянутого перетину штока.

Знаходимо навантаження:

$$\sigma_p = \frac{(4 \times 4093)}{3,14 \times 9^2} = 55,41 \text{ МПа.}$$

Умова виконується ($55,41 \text{ МПа} < 201 \text{ МПа}$), тому циліндрична частина важелю витримає дане навантаження.

Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установки, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою. При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції. З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісні вимоги до пристрою.

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \times \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{и5}}^2 + (K_{T2} \times \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу:

$T=10 \text{ мкм}$ – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції, а саме допуск на радіальне відхилення);

$K_T=1,2$ – коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1}=0,80$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6=0 \text{ мкм}$ – похибка базування

$\varepsilon_3=10 \text{ мкм}$ – похибка закріплення

$\varepsilon_y=20$ мкм – похибка установки пристрою на верстаті

$\varepsilon_{II}=0$ – похибка перекосу інструмента

$\varepsilon_{zn}=0$ – похибка зношування;

$K_{T2}=0,6$ – коефіцієнт, що враховує можливість появи похибки обробки

$\varepsilon_{поз}=10$ мкм – похибка позиціонування (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{пр} = 0,01 - 1,2\sqrt{(0 \times 0,8)^2 + 0,01^2 + 0^2 + 5^2 + (0,6 \times 0,08)^2 + 1^2} = 100 \text{ мкм.}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності
 $T=100$ мкм.

Опис, принцип дії та експлуатація пристрою

Принцип дії клинових патронів заснований на одночасному переміщенні кулачків патрона за допомогою осьового руху вперед втулки, яка має три клинових паза, що сполучаються з клиновими пазами на внутрішніх кінцях кулачків. Велика поверхня контакту прямолінійних клинових пазів кулачка з пазами втулки забезпечує високу точність руху кулачків і її збереження при експлуатації.

Закріплення заготовки здійснюється за допомогою пневматичного приводу, розміщеного на задньому кінці полого шпинделя і пов'язаного штоком з патроном. При осьовому русі клина три основних кулачка 15 і пов'язані з ними кулачки переміщуються в радіальному напрямку і затискають заготовку.

Для компенсації впливу відцентрових сил на силу стискання при високій частоті обертання шпинделя в конструкції патрону передбачено наявність контргруза 11, з'єднаного важілем 1 з основним кулачком 15.

Корпус патрону 12, з'єднується з фланцем 20, гвинтом 4. До корпусу патрона 12 кріпиться втулка 2, гвинтом 7, 8.

Зусилля затиску в стільки разів більше зусилля на штоку приводу, у скільки довге плече важеля більше його короткого плеча (в даному випадку в три рази). Для переналадження патрона на закріплення деталі іншого розміру служать

гвинти з трапецеюидальною різьбленням, на яких нарізані зуби, зачіпляються з плоским зубчастим колесом. Зубчасте колесо центрується на кільці, яке прикріплено до корпусу патрона трьома гвинтами.

При повороті ключем гвинта, передасть обертання двом іншим гвинтам. Гвинти, обертаючись, не можуть переміщатися уздовж своєї осі, так як цьому заважають виступи плазунів, що входять до виточки гвинтів, а кулачки не можуть повернутися, але переміщуються під дією нарізки гвинтів по Т-образним пазах корпусу патрона.

Три щитка, прикріплені до повзуна гвинтами, і щиток оберігають механізм патрона від забруднення. Цей патрон відрізняється від інших (також приводяться в дію переміщенням тяги) наявністю механізму для швидкої перестановки кулачків. Тому він зручний для використання в одиничному і дрібносерійного виробництва, де перестановка кулачків виробляється дуже часто.

Побудова функціональної структури верстатного пристрою

З набору функцій виділимо ті, котрі реалізуються при використанні даного пристрою, а саме: 0,1,2,5,6,7,10. Функції 3 та 4 впливають на підготовчо-заклучний час, функції 9 та 11 безпосередньо впливають на штучний час.

Складемо структуру функцій при їх послідовній реалізації, рисунок 2.21.

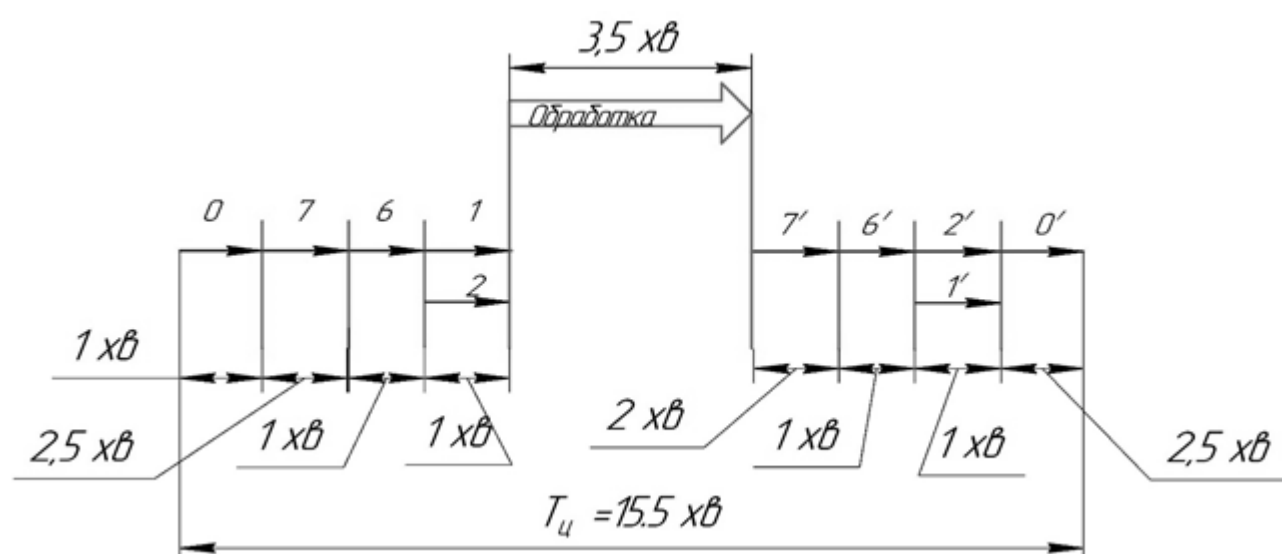


Рисунок 2.21 – Схема послідовності реалізації функцій

Номер функції без штриха відповідають прямій функції, наприклад закріплення, а з штрихом навпаки – розкріплення.

Тривалість потоку функцій склало 15,5 хв.

Функціональна структура проектованого пристрою представлена на рисунку 2.22.

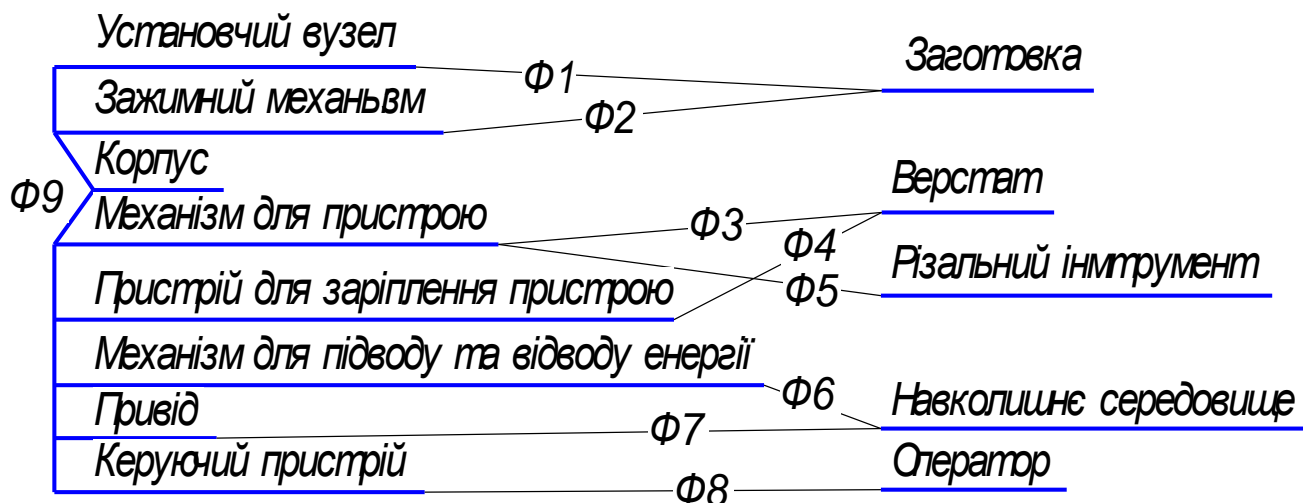


Рисунок 2.22 – Функціональна структура проектованого пристрою

Аналіз структури полів збудюючих сил та аналіз структури поля урівноважуючих сил

Для знаходження поля сил збудуємо графічну модель утворюючих сил, рисунок 2.23.

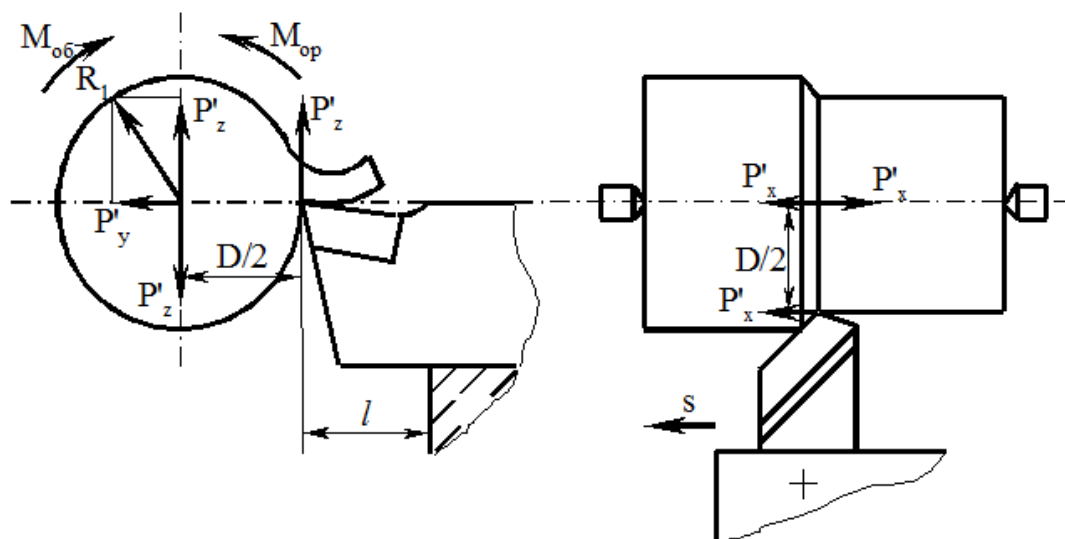


Рисунок 2.23 – Структура поля збудюючих сил

З рисунку 2,23 бачимо, що складові сил різання не зрівноважені та потребують прикладення допоміжних сил закріплення. Величину сумарного зусилля необхідно розраховувати за умови не повороту від сили P_z , яка створює момент, рисунок 2.24.

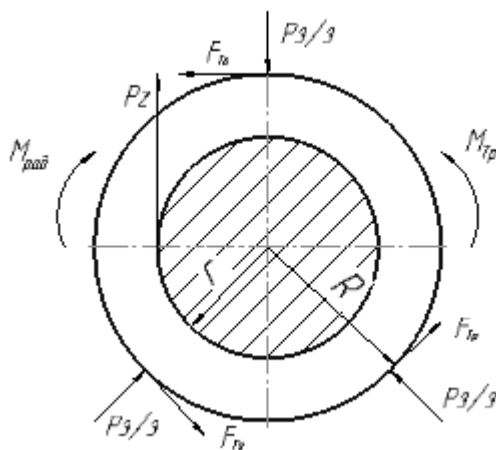


Рисунок 2.24 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків.

Таблиця 2.19 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	-	R	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.8 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі штанга-сопло у якості заготовки була прийнята штамповка, 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 закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

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

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю торцевого биття

Тема: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення штанги-сопла 178.02.04-02 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття».

Для інтенсифікації процесу контролю торцевого биття згідно з завданням, необхідно спроектувати контрольно-вимірювальний пристрій (КВП) для контролю торцевого биття бурта $\varnothing 30$ сопла щодо його зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 24f7$ з допуском 0,01 мм, див. рисунок 3.1.

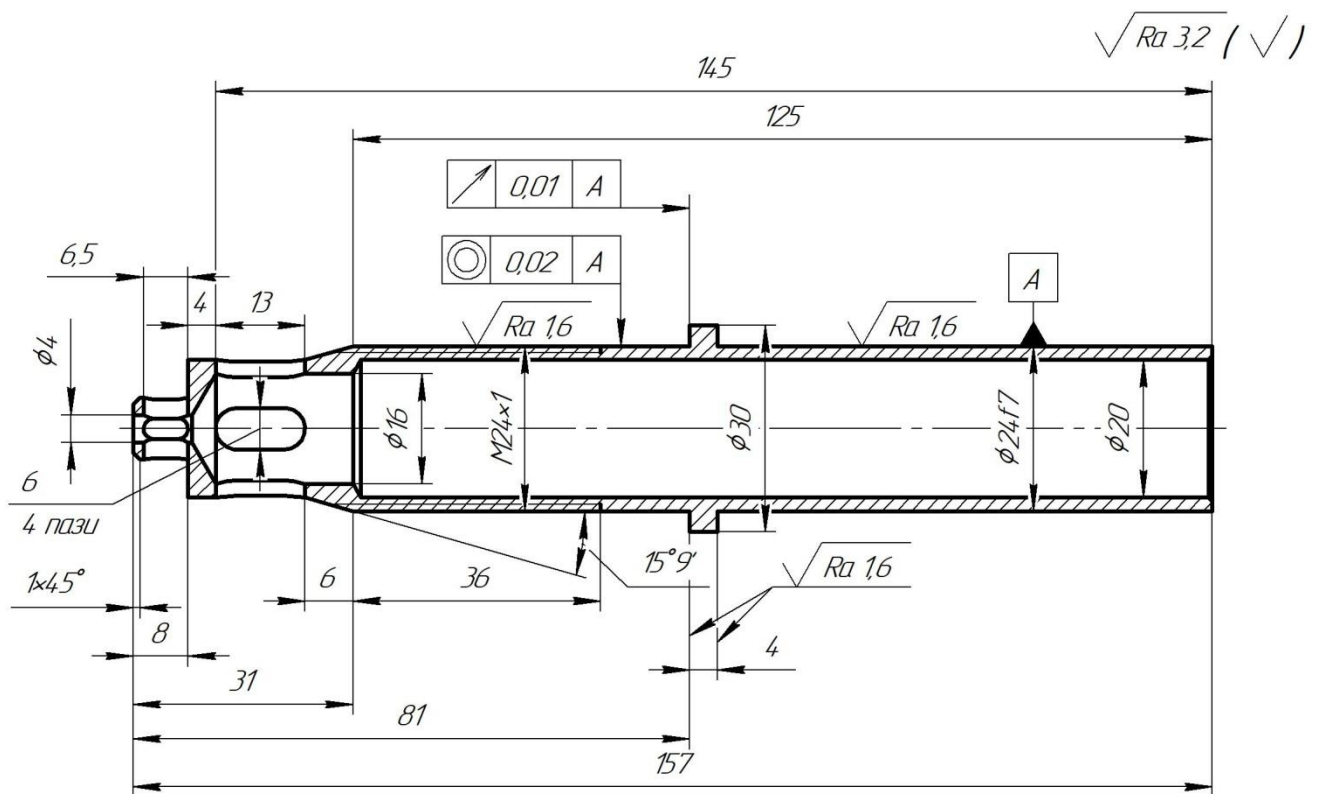


Рисунок 3.1 – Ескіз «сопла»

Річна програма випуску визначена в 250 деталей. Це відповідає дрібносерійному типу виробництва. При заданому періоді виробництва виробів в 5 років і при суцільному контролі, проєктований КВП повинен здійснити 1250 робочих циклів для перевірки запланованого обсягу випуску.

Відповідно до завдання контроль радіального биття деталі буде здійснюватися після остаточної обробки заготовки на робочому місці контролера ВТК.

На цей час контроль торцевого биття «сопла» здійснюється альтернативним методом із застосуванням універсальних засобів, зокрема, токарного самоцентруючого патрону і магнітної індикаторної стійки безпосередньо на токарному верстаті. Ні метод, ні засіб не можна визнати прийнятними, оскільки перевірка проводиться із залученням верстатного устаткування, розташованому на механічній ділянці далеко від ВТК і не дає необхідної інформації про стан процесу обробки і якості виробів. Крім того, великий вплив на якість контролю в даному випадку надають суб'єктивні особливості оператора, у зв'язку з чим похибка контролю може досягати 25% [1].

Відпрацювання конструкції деталі на технологічність вимірювання

В цілому контроль торцевого биття «сопла» не викликає будь-яких труднощів, оскільки проставлення відхилень розташування поверхонь є вірною і є досить розвинені і точні базові поверхні. Є можливість дотриматися принципу суміщення баз. Допуск на торцеве биття заданий в межах 0,01 мм (найближче стандартне значення допуску становить 0,008 мм, що відповідає 6-му ступеню точності згідно з [21]).

Уточнення мети операції контролю та її організаційно-технологічних показників

Вибір категорії контролю

Продукція, що випускається за своїми техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам діючих стандартів. Таку продукцію відносять до 1-ї категорії якості. Обмежимося 3-й категорією контролю [3]. Виробництво подібного технологічного класу деталей можна вважати давно освоєним і усталеним. Тому приймаємо нормальний режим контролю згідно з ГОСТ 20736-75. Встановимо наступні показники операції контролю: за обсягом – суцільний контроль; за часом – постійний; за структурою – одноразовий [3].

З урахуванням цього при випуску запланованого обсягу продукції необхідно перевірити торцеве биття 1250 деталей. Виходячи з цього, спроектуємо нерозбірне спеціальне пристосування (НСП).

Торцеве биття визначається сумарним відхиленням торцевої поверхні від площинності і відхиленням цієї поверхні від перпендикулярності щодо базової осі і кількісно дорівнює різниці Δ найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю торцевої поверхні до площини, перпендикулярної базової осі.

Виходячи з вищевказаного визначення, під час контролю торцевого биття, останнє визначатимемо по торцевій поверхні діаметром 24/30 мм в межах діаметрів від 25 до 29 мм.

За контрольовану поверхню беремо зовнішню пласку поверхню бурта $\varnothing 24/\varnothing 30$. Визначимо кількісно параметри точності цієї поверхні.

Бокова поверхня бурта $\varnothing 24/\varnothing 30$ повинна бути виконана в номінальний розмір 81 мм від крайнього лівого торця деталі (див. рисунок 1.1). Допуск зазначений лінійний розмір заданий згідно з 14 квалітетом точності та становить $T_{81js14} = 0,87$ мм із симетричним розташуванням відхилень: верхнє відхилення $ES = +0,435$ мм, нижнє відхилення $EI = -0,435$ мм.

Точність форми контрольованої поверхні кресленням деталі не регламентовано. Точність форми пласкої поверхні можна охарактеризувати відхиленням від площинності. Так як допуск на точність форми поверхні не вказано на кресленні деталі, беремо його величину в межах допуску на відповідний лінійний розмір. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск площинності становить 60% від допуску на лінійний розмір 81 мм:

$$TV = 0,6 \cdot T_{81js14} = 0,6 \cdot 0,87 = 0,522 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному значенню 0,5 мм та 16-му ступеню точності згідно з [2].

Точність взаємного розташування для контрольованої поверхні регламентована кресленням як допуск торцевого биття 0,01 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 24f7$ (найближче стандартне значення допуску становить 0,008 мм, що відповідає 6-му ступеню точності [2]).

Шорсткість контрольованої поверхні «сопла» регламентована кресленням деталі та становить 1,6 мкм за критерієм Ra.

Контроль заданого параметра здійснюється після остаточної механічної обробки деталі на столі ВТК. Деталь за своїми конструктивними особливостями відноситься до тіл обертання, за технологічними – до класу втулок. Маса деталі – 0,17 кг. Матеріал – конструкційна середньовуглецева сталь 45 ГОСТ 1050-88, призначена для виготовлення деталей типу вали, шестерні, циліндри, шпинделі тощо.

Сталь 45 має середній вміст вуглецю – від 0,42 до 0,5%, кремнію – 0,17 – 0,37%, марганцю – 0,5 – 0,8%. Крім цих елементів у розглянутій сталі може бути незначний вміст нікелю, хрому, міді, сірки, фосфору.

З усієї сукупності поверхонь, що утворюють деталь, претендувати на базові можуть лише дві поверхні, щодо яких і заданий контроль торцевого биття: зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 24f7$ і крайній правий торець деталі $\varnothing 20/24$ (див. рисунок 1.1). Цей вибір обумовлений можливістю поєднання конструкторської та технологічної баз, що визначають контроль заданого параметра. Визначимо кількісно параметри точності цих поверхонь.

Циліндрична поверхня $\varnothing 24f7$ виконана за 7 квалітетом точності з допуском 0,021 мм [2]. Номінальний розмір – 24 мм. Верхнє відхилення $es = +0,020$ мм; нижнє відхилення $ei = -0,041$ мм.

Торцева поверхня $\varnothing 20/\varnothing 24$ виконана в розмір 157 мм за 14 квалітетом точності. Номінальний розмір – 157 мм, допуск $T157h14 = 1,0$ мм з розташуванням відхилень «в тіло деталі». Верхнє відхилення $es = 0$ мм, нижнє відхилення $ei = -1,0$ мм [2].

Точність форми базових поверхонь кресленням деталі не регламентовано. Характерним для циліндричної поверхні є допуск циліндричності. Визначимо його величину для умов нормальної відносної геометричної точності «А», як 30% від допуску на діаметр поверхні:

$$T_{\odot} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 24f7} = 0,3 \cdot 0,021 = 0,0063 \text{ мм},$$

що відповідає найближчому стандартному допуску в 0,006 мм та 6-му ступеню точності [2].

Для пласкої поверхні торця $\varnothing 20/\varnothing 24$ характерним є допуск площинності. Визначимо його величину для умов нормальної відносної геометричної точності «А», як 60% від допуску на розмір 157h14:

$$T_{\square} = 0,6 \cdot T_{157h14} = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ мм},$$

що відповідає найближчому стандартному допуску в 0,5 мм та 16-му ступеню точності [2].

Точність взаємного розташування базових поверхонь також не регламентовано кресленням деталі. Визначимо допуск радіального биття для циліндричного отвору $\varnothing 24f7$ та допуск торцевого биття для торця $\varnothing 20/\varnothing 24$ за аналогією до визначення допусків форми зазначених поверхонь.

Так, стандартна величина допуску радіального биття циліндричної поверхні $\varnothing 24f7$ становитиме 0,006 мм, що відповідає 4-му ступеню точності [2].

Стандартна величина допуску торцевого биття торця $\varnothing 20/\varnothing 24$ становитиме 0,5 мм, що відповідає 15-му ступеню точності [2].

Шорсткість циліндричної поверхні $\varnothing 24f7$ відповідає 1,6 мкм за критерієм Ra. Шорсткість торця $\varnothing 20/\varnothing 24$ відповідає 3,2 мкм за критерієм Ra.

Обґрунтування вибору схеми базування контрольованої деталі

Аналізуючи параметри точності базових поверхонь приходимо до висновку про придатність розглянутих поверхонь на роль базових.

На рисунку 5.1 представлена схема базування контрольованої деталі. З рисунка 5.1 видно, що базування за поверхнею $\varnothing 24f7$ з використанням самоцентруючої оправки реалізує подвійну направляючу базу, яка позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: двох обертальних і двох поступальних переміщень навколо і уздовж осей X і Y при вертикальному розташуванні центральної осі деталі. Нижній торець деталі $\varnothing 20/\varnothing 24$ грає роль опорної бази, яка накладає на деталь ще один (п'ятий) зв'язок, позбавляючи її поступального переміщення уздовж осі Z (центральної осі деталі).

Оскільки обрана схема базування дозволяє дотриматися принципу суміщення баз для контрольованого параметра, то похибка базування у даному випадку $\varepsilon_{\delta \uparrow} = 0$ мм.

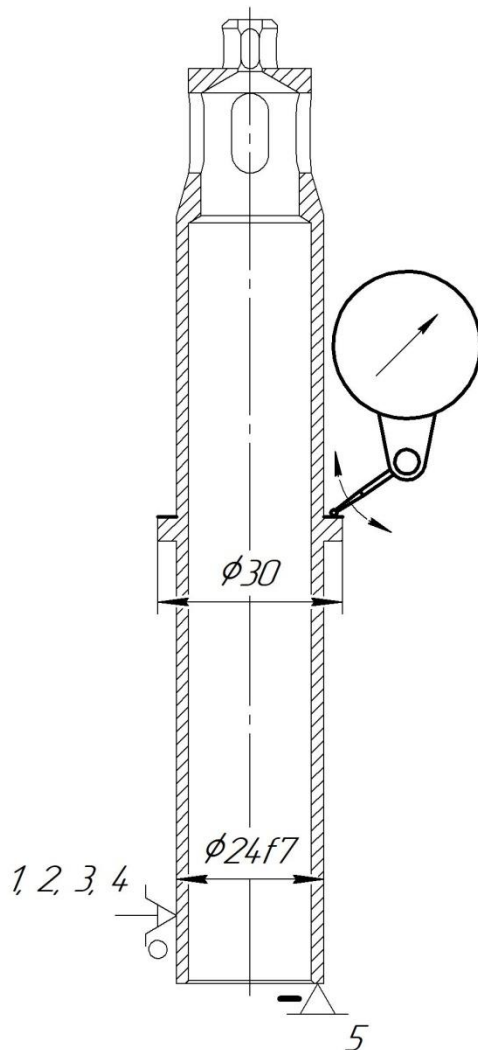


Рисунок 3.2 – Схема контролю й базування деталі

Обґрунтування вибору схеми закріплення контрольованої деталі

Під час вимірювання торцевого биття «сопла», вісь деталі буде розташовано вертикально, у зв'язку з чим сили гравітації будуть притискати деталь до опорних поверхонь. Під час установки виробу буде використовуватися самоцентруюча гідропластова оправка. Остання буде забезпечувати незначне зусилля затискання, що дозволить вибрати гарантований зазор між оправкою та циліндричною поверхнею деталі $\varnothing 24f7$. В результаті, похибка закріплення ε_z виробу у радіальному напрямку дорівнюватиме нулю.

Контроль заданого параметра буде проводитися безпосередньо на столі ВТК, розташованому поруч з механічною дільницею. Тож можна зробити висновки про не зовсім сприятливі умови експлуатації КВП. Температура в робочій зоні – $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ (ГОСТ 12.01.005-88). Відносна вологість повітря – $\varphi_{\text{н}} = 80\%$. Атмосферний тиск – $P_{\text{ат}} = 86 - 106 \text{ кПа}$; швидкість руху повітря – $v_{\text{в}} \leq 0,5 \text{ м/с}$. Частота вібрацій, викликана верстатами $f = 20 - 30 \text{ Гц}$. Основним фактором, що визначає працездатність зору, є освітленість. Тому поряд із загальним необхідно передбачити місцеве освітлення з $E_{\text{ф}} = 1500 \text{ люкс}$ [4].

Складання переліку частинних функцій, які слід реалізувати в КВП. Визначення структури потоку функцій

З переліку функцій, які реалізуються в КВП, складемо набір функцій, які необхідно здійснити, щоб стала можливою операція контролю:

- 1) установка (зняття) деталі;
- 2) базування;
- 3) закріплення;
- 4) налагодження;
- 5) об'єднання;
- 6) прийом інформації;
- 7) передача і перетворення інформації;
- 8) видача (відображення) результатів вимірювання;
- 9) підведення і (відведення) засобу вимірювання.

Обґрунтування вибору метода вимірювання

З можливих альтернатив прямого і непрямого методу віддаємо перевагу прямому оскільки його простіше зробити при контролі торцевого биття контрольованої поверхні «сопла». При цьому немає необхідності в перерахунку контрольованого параметра і отримується точність, цілком достатня для перевірки допуску.

При виборі контактного або безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі є досить високими (сталь 45) і контрольована поверхня без деформацій і змінання може сприйняти значне вимірювальне зусилля. При цьому певне зусилля вимірювання сприятиме видалення бруду і сторонніх тіл з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми з радіусом сфери не менше 1,5 мм.

З огляду на значну твердість контрольованої поверхні (НВ 200), геометричні параметри наконечника, орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 300 сН (3 Н). В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{зус}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \sqrt[3]{\frac{3^2}{1,5}} = 0,633 \text{ мкм.}$$

де $\Delta_{зус}$ – величина похибки вимірювання що виникає внаслідок контактної деформації контрольованої поверхні;

K – коефіцієнт, що залежить від матеріалу вимірювального наконечника. За умови використання твердого сплаву маємо $K = 0,81$;

$P_{зус}$ – зусилля вимірювання, Н;

r – радіус сфери наконечника, мм.

Деталь контролюється при повороті на 360° , що характерно для динамічного методу контролю.

Питання про розташування вимірюваної деталі при контролі було вирішено у пункті, де обґрунтовано вертикальне розташування деталі.

З двох можливих методів – абсолютного й відносного – кращий другий (відносний), так як він надає більш широкі можливості для різних конструктивних рішень, дозволяє здійснити більш точні вимірювання.

Налаштування КВП буде проводитися по контрольованим поверхням без використання еталонних виробів.

Виходячи зі структури потоку функцій, що реалізуються КВП, встановлюємо час на контрольну операцію 2,0 хв. Така тривалість контролю не вимагає високого рівня механізації, так як може бути здійснена вручну на простому вимірювальному пристрої.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору.

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

Обґрунтування вибору засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання (ЗВ) почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних характеристик та характеристик надійності, якими має володіти ЗВ.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП визначається як частина допуску ІТ контрольованого параметра, зокрема, торцевого биття контрольованої поверхні за формулою

$$[\delta_{\text{вим}}] = K \cdot IT,$$

де K – залежить від якості точності чи ступеня точності контрольованого параметра та береться у межах $0,2 - 0,35$.

Для 6-го ступеня точності беремо $K = 0,35$ [3].

Тож для торцевого биття маємо

$$[\delta_{\text{вим}}] = 0,35 \cdot 10 = 3,5 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 [1] беремо $[\delta_{\text{вим}}] = 4 \text{ мкм.}$

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку) згідно з [3]:

$$[\Delta_{\text{ін}}] = 0,7 \cdot [\delta_{\text{вим}}] = 0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ мкм.}$$

Ціна поділки ЗВ розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ:

$$c = 2,5 \text{ мкм.}$$

Інтервал поділки шкали (а) беремо 1 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП, і перш за все освітленість (див. п. 5.8 цієї роботи).

Межа вимірювання за шкалою (А) повинна перевищувати допуск ІТ, щоб зняття показань не викликало труднощів [3]:

$$A = 4 \cdot \text{ІТ} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мкм} = 0,04 \text{ мм.}$$

Межа вимірювань ЗВ (діапазон вимірювань) визначається умовами його експлуатації. Беремо $B = 0,2 \text{ мм.}$

Вимірювальне зусилля $P_{\text{зус}}$ обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допу-

ску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля прийнято в п. 6 цієї роботи. Оскільки обмеження на його величину відсутні, беремо $P_{зус} = 3 \text{ Н}$.

Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлено величиною $\Delta P_{зус} = 0,5 \text{ Н}$.

Основним нормативним показником надійності ЗВ є напрацювання $t(P)$ до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до [3] обговоримо кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій (див. п. 5.1 цієї роботи):

$$t(P) = 1250 \cdot 4 = 5000 \text{ циклів.}$$

Задамося ймовірністю безвідмовної роботи КВП $P = 0,85$, виходячи з можливостей ЗВ, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Згідно ustalеним цінам на ЗВ, встановимо витрати на придбання ЗВ у розмірі $C = 1800 \text{ грн}$.

Пошук здійснюємо відповідно до паспортів й каталогів технічних характеристик для важільно-зубчастих та інших вимірювальних головок. Найбільш близьким за показниками для контролю торцевого биття буде використання індикаторної головки TESA Lateral 01810013, що має такі метрологічні характеристики:

Інші індикаторні головки мають надлишкову точність та меншу надійність. Тому остаточно вибираємо індикатор TESA Lateral 01810013.

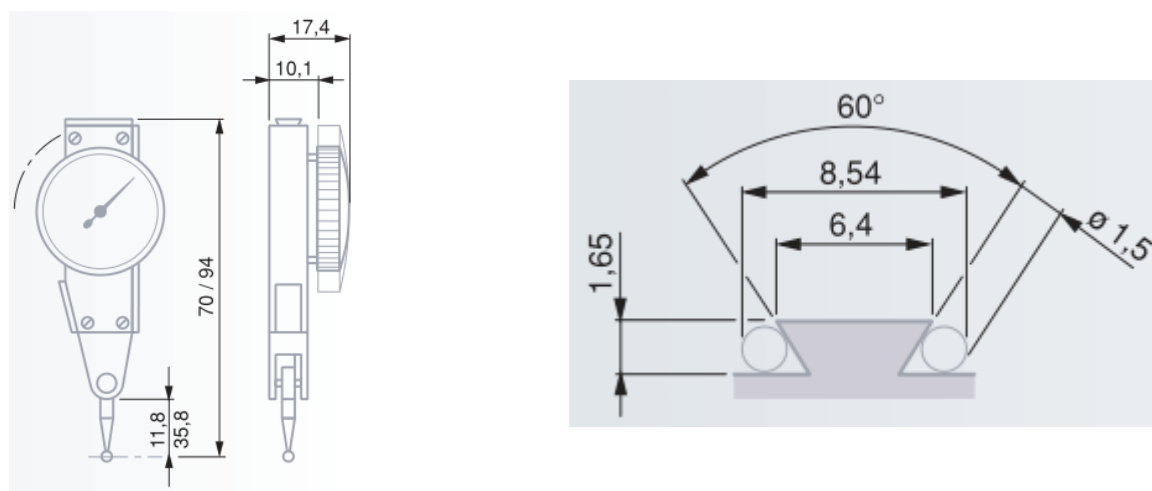


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд індикаторної головки TESA Lateral 01810013

Ескізне проектування КВП

На схемі необхідно навести в спрощеному вигляді основні механізми (функціональні вузли) КВП. Вона також повинна давати поняття про характер переміщення, граничні положення й види зв'язків, див. рисунок 8.1.

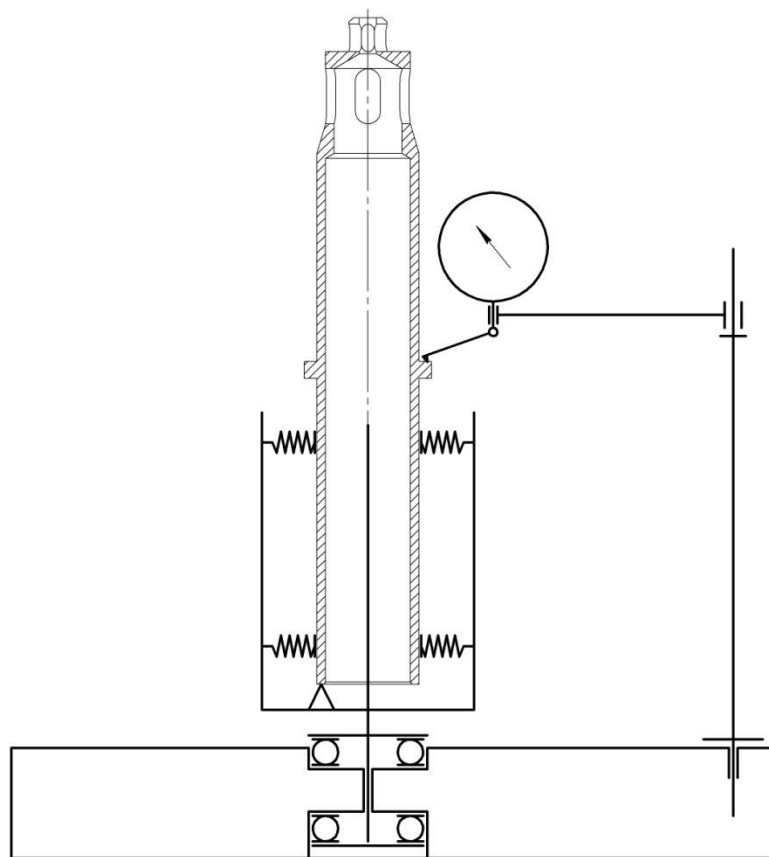


Рисунок 3.4 – Кінематична схема КВП

Розроблення ескізної компоновки КВП

Рішення про компоувальну схему є результатом обробки інформації, отриманої на різних етапах проектування КВП. Так, узагальнюючи дані, що містяться, приходимо до висновку, що найбільш зручна для конкретних умов контролю вертикальна схема компоновання, представлена рисунку 8.2. Вона забезпечує компактність і жорсткість пристосування. Досягається зручність установки деталі на вимірювальну позицію. Забезпечується найкоротший шлях проходження сигналу від точки вимірювання до шкали – запорука простоти і точності. Крім того, дана схема компоновання дозволяє зменшити витрату металу і надати конструкції технічно доцільний, а значить естетичний вигляд.

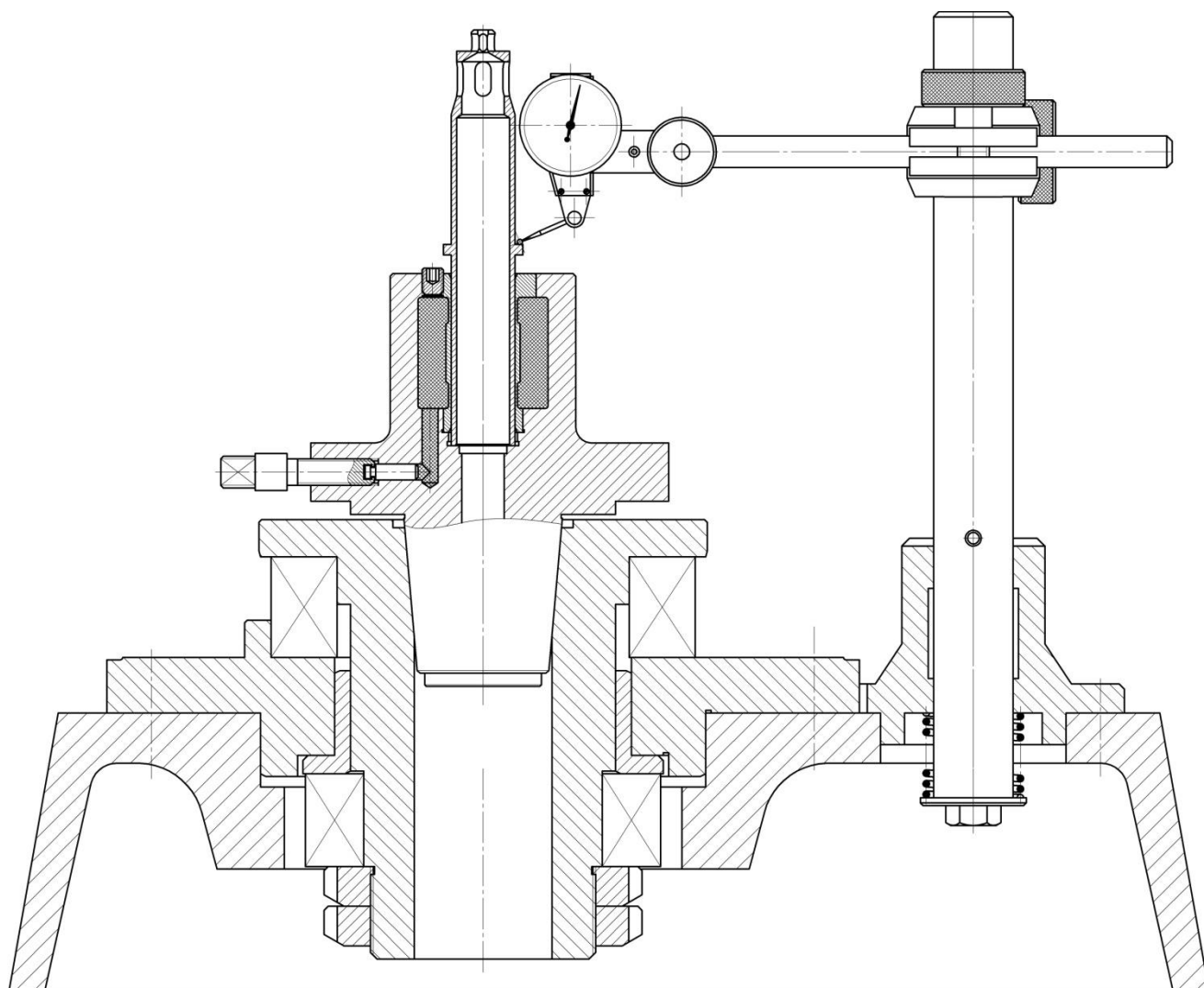


Рисунок 3.5 – Компонувальна схема КВП

Будова та принцип дії КВП

Спроекований пристрій складається з корпусу 9, в центральній частині якого за допомогою шести гвинтів 16 закріплено фланець 10. В останньому, в свою чергу, в двох кулькових упорних підшипниках 18 і 19 та радіальному підшипнику ковзання 6 встановлений шпindel 11 з гідропластовою оправкою 1. В боковій частині оправки 1 розташовано спеціальний гвинт з плунжером під торцевий ключ, призначений для створення тиску в гідропласті і затискання оправки. З боку корпусу 9 з чотирма гвинтами 15 закріплено індикаторну стійку 2 з індикатором 17.

Спроектований КВП працює так.

Контрольована деталь посадковою поверхнею $\varnothing 24f7$ до упору в нижній торець деталі встановлюється в отвір гідропластової оправки 1. Після закріплення деталі на оправці 1, за рахунок загвинчування торцевих ключем спеціального гвинта в боковій частині оправки, вісь останньої самовстановлюється за центральною віссю контрольованої деталі. Потім до контрольованої поверхні «сопла» підводиться вимірвальний наконечник індикатора 17, шкала індикатора виставляється на «нуль». Після повороту деталі на 360° за різницею найбільшого й найменшого показань індикатора 17 судять про величину торцевого биття контрольованої поверхні деталі.

3.2 Теоретичні аспекти та обґрунтування вибраного методу чисельного моделювання

Методологія визначення динамічних характеристик конструкцій за результатами резонансних випробувань їх складових частин полягає в проведенні випробувань підконструкцій, побудові математичних моделей підконструкцій за результатами випробувань, побудові повної математичної моделі всієї конструкції на підставі синтезу моделей підконструкцій, визначенні динамічних характеристик всієї конструкції по повній математичній моделі. Невідомими параметрами математичних моделей є матриці інерції, жорсткості і демпфірування.

Спочатку математичні моделі підконструкцій будуються в головній системі координат за результатами експериментального модального аналізу: власним частотам, формам, узагальненим масам і характеристикам демпфірування власних тонів коливань. Потім ці моделі переводяться в фізичну систему координат, для чого використовуються такі їх властивості, як симетрія і позитивна визначеність матриць інерції і жорсткості, ортогональність форм власних коливань, позитивна визначеність матриці.

Процедура складання матриць інерції і жорсткості повної конструкції аналогічна алгоритму формування глобальних матриць в методі суперелементів. після побудови матриць інерції і жорсткості повної конструкції її власні частоти і

форми власних тонів коливань визначаються з рішення задачі про власні значення. Матриця демпфірування повної конструкції будується так само, як і матриці інерції і жорсткості, але узагальнені коефіцієнти демпфірування власних тонів коливань визначаються після рішення задачі про власні значення.

Модальний аналіз - це дослідження динамічних властивостей лінійних структур на базі структурного тестування або чисельного моделювання методом кінцевих елементів. У число динамічних властивостей входять резонансні частоти (власні частоти) і структурна форма (власний тип коливань). Динамічні властивості залежать від розподілу маси, жорсткості і демпфірування на структурі і визначають поведінку структурних коливань при впливі експлуатаційних навантажень. Кожна деформація лінійної структурної системи може бути виражена як лінійна комбінація структурних форм, які утворюють ортонормовану векторну базу.

Результати модального тестування і аналізу використовуються в різних додатках для чисельного моделювання і тестування, включаючи розрахунки чутливості до вібрації, аналіз основних причин викликаних вібрацією проблем і виявлення пошкоджень, а також щоб додати гнучкість в аналіз системи багатьох тіл і прискорення розрахунків довговічності і віброакустичних властивостей.

Доцільність вирішення проблеми визначення динамічних характеристик великогабаритних конструкцій за результатами випробувань їх складових підконструкцій пояснюється двома причинами. Перша причина полягає в тому, що такі конструкції на час випробувань повинні встановлюватися на опори. При цьому зазвичай не вдається реалізувати умови закріплення об'єкта випробувань, відповідні експлуатаційним, що може привести до великих погрешностей в оцінках характеристик власних тонів коливань. Другою причиною можуть бути великі габарити і складність конструкції в зібраному вигляді. Експериментальний модальний аналіз такої конструкції пов'язаний з серйозними труднощами [6-9].

Модальний аналіз, виконаний на базі структурного тестування або моделювання методом кінцевих елементів, допоможе:

- зрозуміти як вібрує та деформується виріб;
- приводити в відповідність та обновляти моделі;
- прискорити розрахунки структурних, віброакустичних розрахунків і розрахунків довговічності;
- додати гнучкість в моделі аналізу багатотілих деталей.

3.3 Модальний аналіз КВП

Так як відділ технічного контролю знаходиться неподалік цехів або безпосередньо в цеху де відбувається виробництво деталей та наявні коливання обладнання від роботи необхідно провести аналіз частоти власних коливань КВП, щоб запобігти виникненню резонансу в процесі вимірювання тому, що це може вплинути на точність вимірювання. Для цього необхідно щоб вимірювальний пристрій міг витримувати більші частоти коливань ніж ті що можуть виникнути від верстатів при обробці. За допомогою вбудованого модуля в програмному комплексі ANSYS визначимо частоти власних коливань КВП і потім порівняємо з частотами, що можуть виникати при роботі цеху. За допомогою цих результатів буде можливість за необхідності удосконалити пристрій щоб запобігти резонансу і підвищити точність вимірювань.

Для визначення частот власних коливань КВП умовно розділимо його на дві частини та приберемо деталь. Граничними умовами під час моделювання було закріплення КВП за нижньою поверхнею основи, що імітує встановлення на стіл ВТК, а також всі поверхні об'єднані між собою шляхом об'єднання вузлів з типом контакту «Bonded», що виключає можливі переміщення. Типи контактів «Bearing» задані в місцях установлення підшипників з указанням параметрів їх жорсткості за технічними характеристиками кожного з них.

Це робиться для отримання більш точних результатів, та більш якісного відображення можливих деформацій. На рисунках 3.1 та 3.6 наведено форми власних коливань досліджуваного вимірювального пристрою.

Аналізуючи отримані результати та величини коливань при яких відбуваються деформації можна зробити висновок, що розроблений КВП буде нормально

функціонувати і коливання обладнання в цеху ніяк не вплинуть на точність вимірювання.

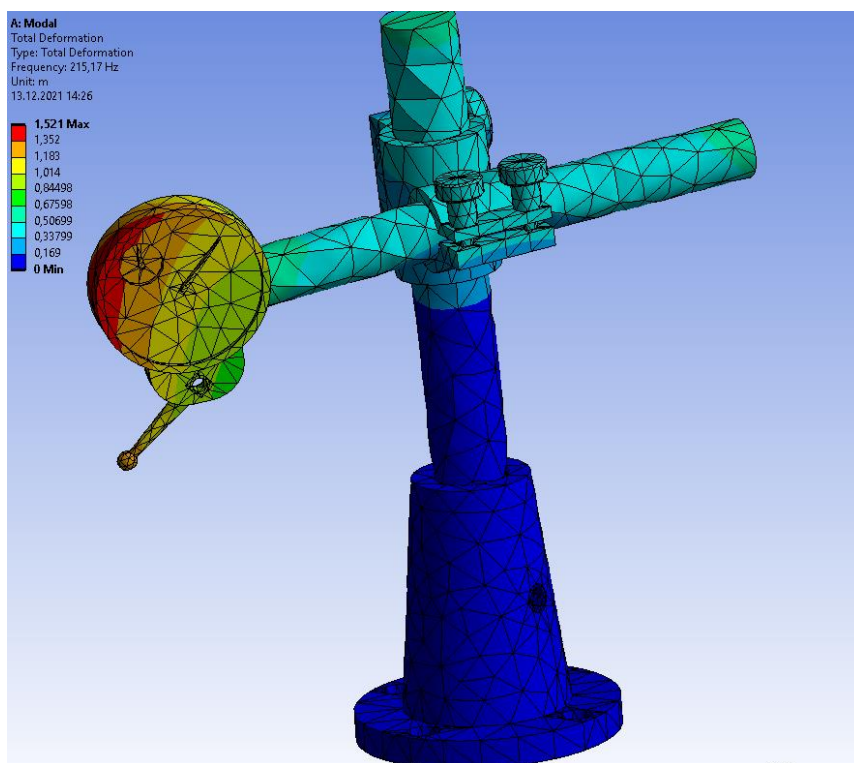


Рисунок 3.1 – Ілюстрація першої власної частоти для стійки

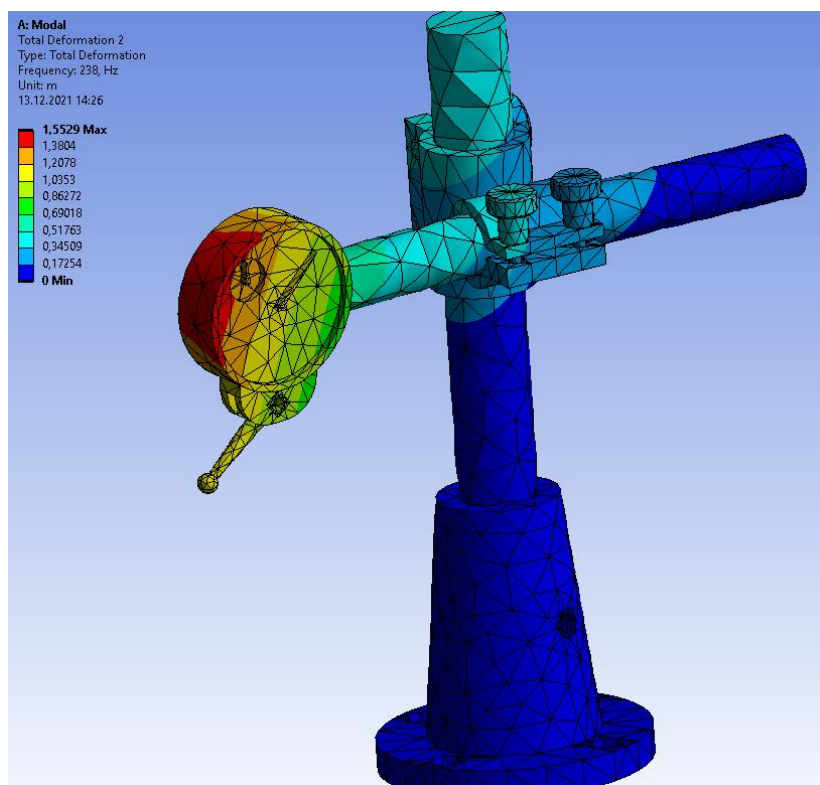


Рисунок 3.2 – Ілюстрація другої власної частоти для стійки

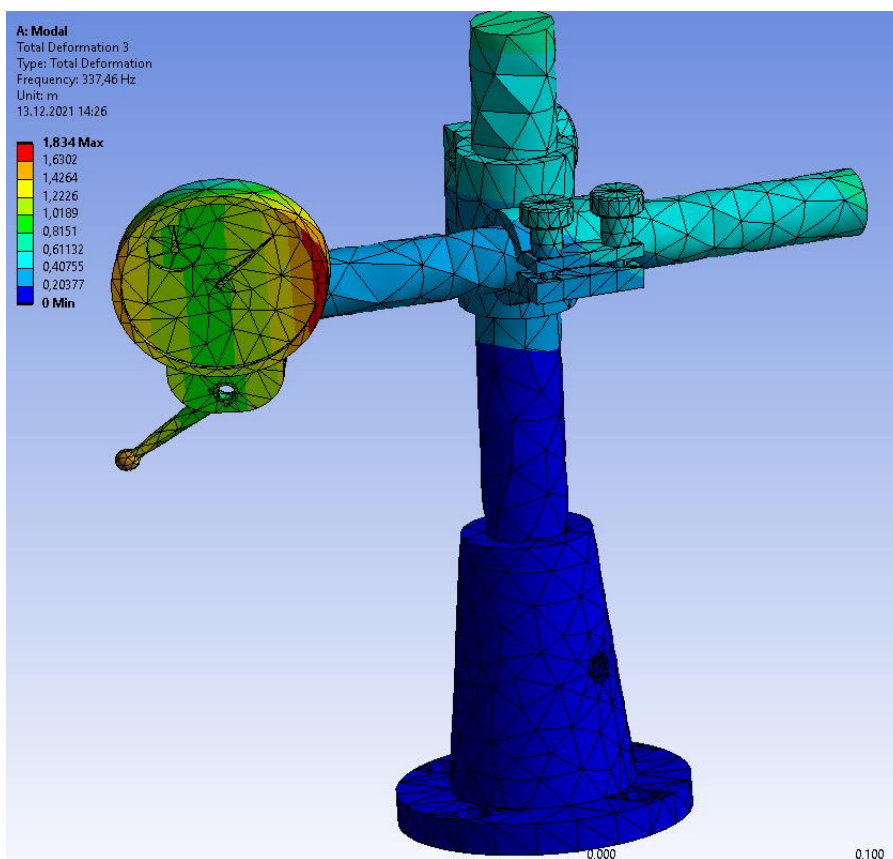


Рисунок 3.3 – Ілюстрація третьої власної частоти для стійки

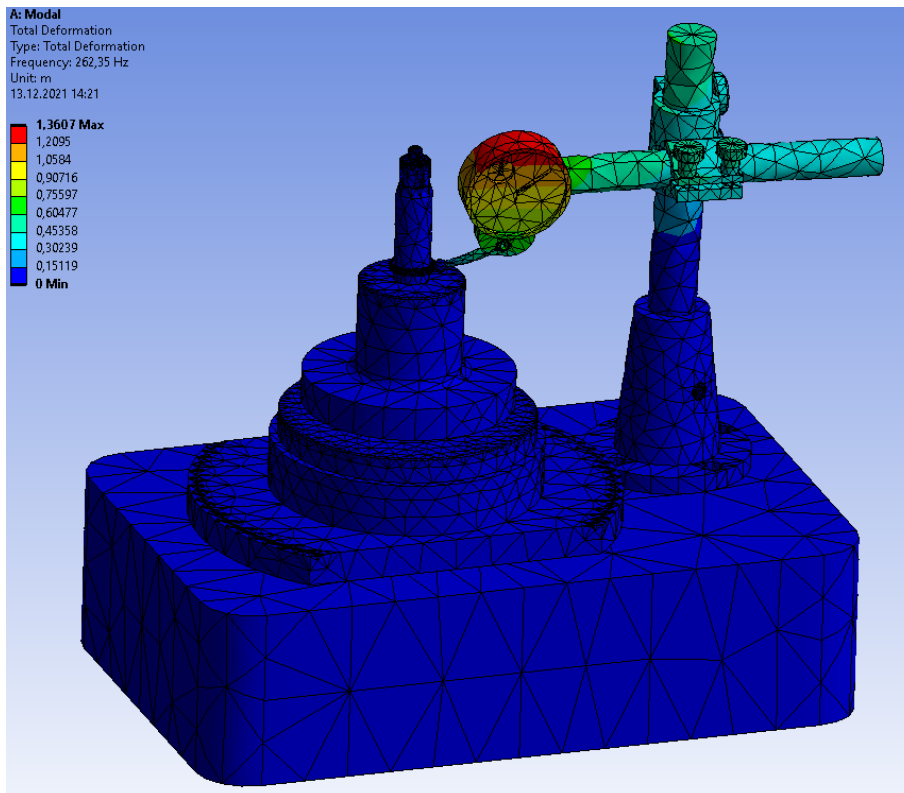


Рисунок 3.4 – Ілюстрація першої власної частоти для всього КВП

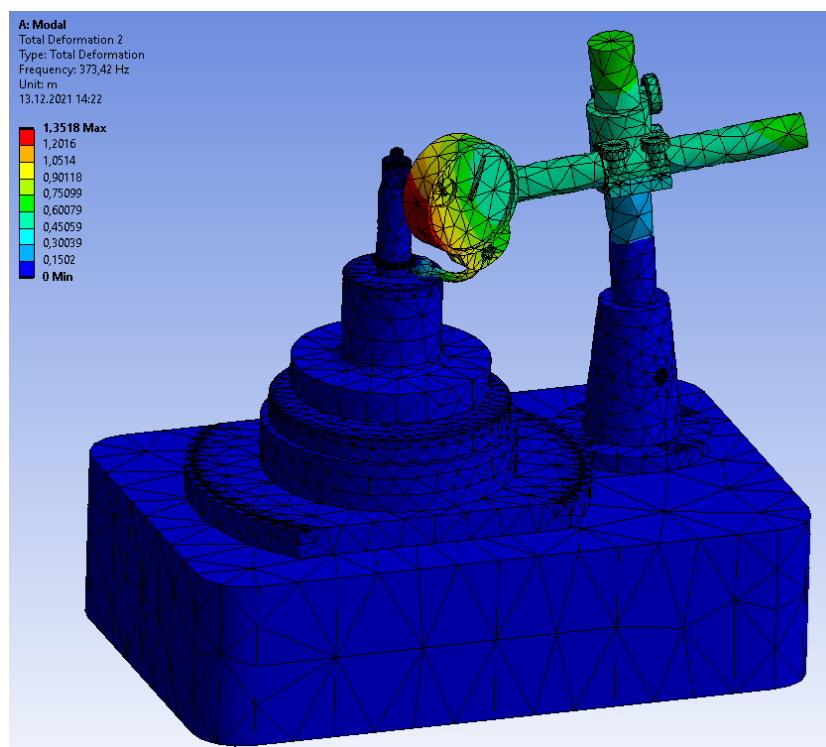


Рисунок 3.5 – Ілюстрація другої власної частоти для всього КВП

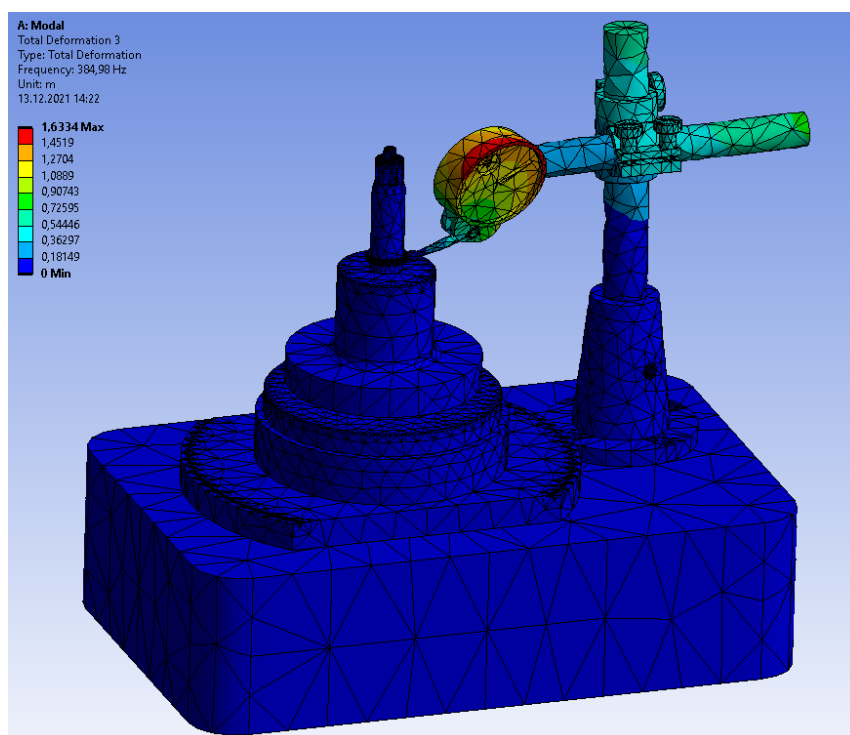


Рисунок 3.6 – Ілюстрація третьої власної частоти для всього КВП

Результати модального аналізу дозволяють зробити висновок, що розрахунки виконано вірно і модель є адекватною. Оптимізації конструкція не потребує, адже зменшення товщини стінок КВП та базових поверхонь конструктивно недо-

цільно через ускладнення технології виготовлення вихідних заготовок деталей КВП та зменшення його жорсткості.

3.4 Висновки

1. На основі методик та аналізу сучасного стану розробок в галузі проєктування та застосування контрольно-вимірювальних пристроїв виконано кількісний та якісний аналіз контрольної операції, що дозволило перейти до проєктування КВП.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проєктування контрольно-вимірювальних пристроїв сконструйовано КВП для контролю торцевого биття штанги-сопла, створені його 3D моделі для подальшого аналізу та досліджень.

Проведено чисельне моделювання модального аналізу в програмному середовищі Ansys Workbench. Було виявлено моди коливань, що дозволить попередити появу резонансу та встановлено, що граничні частоти обертання обладнання в цеху не досягнуть до першої власної частоти, тому даний контрольний пристрій можна використовувати в цехах автотракторної промисловості.

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення штанги-сопла 178.02.04-02 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття.

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 були описані властивості сталі, а також були проаналізували вимоги, пропонувані при виготовленні деталі конструктором.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і надана його характеристика.

В якості заготовки була прийнята поковка на горизонтально-кувальних машинах, так як найбільш вигідна за розрахунками.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на зовнішню циліндричну поверхню.

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 числовим програмним керуванням.

Спроектований верстатний пристрій для фрезерування паза.

У розділі «науково-дослідна частина» були розглянуті питання проектування контрольно-вимірювального пристрою для ефективного контролю торцевого биття штанги –сопла, що належить до класу пустотілих валів.

До операції токарна з ЧПК та фрезерна розроблені карти операційного налагодження.

У додатку «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок загально обмінної вентиляції, який дозволяє підібрати вентилятор для цеху.

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. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, 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., Чутьрин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. –

191 с.

12. Шейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Шейнберг, 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. Иванова Т. Н. Повышение эффективности торцового алмазного шлифования пластин из труднообрабатываемых сталей на основе изменения

температурно-силовых условий процесса: дис. докт. техн. наук: 05.02.08, 05.02.07 / Иванова Татьяна Николаевна. - Чайковский: - 2014. - 418 с.

22. Иванова Т. Н. Кинематика формообразования при торцовом планетарном шлифовании / Т. Н. Иванова // Известия Челябинского научного центра, 2006. - Вып. 1 (31). - С. 31 - 36.

23. Интегрированные процессы обработки материалов резанием Учебник [для высших учебных заведений] / [А. И. Грабченко, В. А. Залого, Ю. Н. Внуков и др.]; под общ. ред. А. И. Грабченко и В. А. Залого. - Сумы: Университетская книга, 2017. - 451 с.

24. Исаев А. И. Микрогеометрия поверхности при токарной обработке / А. И. Исаев. - М.: - Л.: Изд-во АН СССР, 1950. - 108 с.

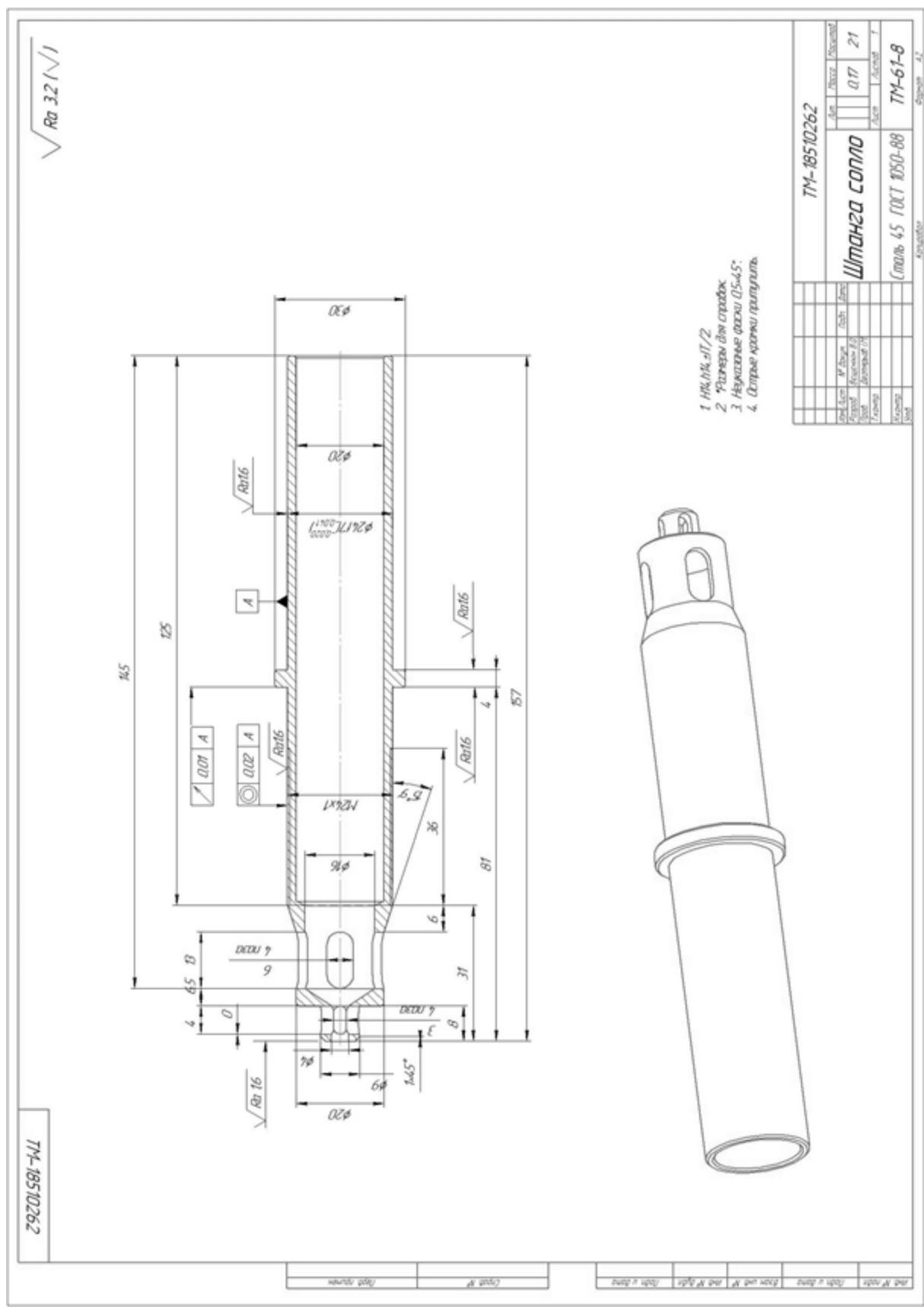
25. Исследование зависимости абразивной способности алмазов марки АСБ от их микротвердости / [Н. З. Шишков, А. С. Семенова-Тян-Шанская, М. С. Пивоваров, А. И. Голенко] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 8. - С. 1 - 3.

26. Исследование износостойкости карандашей из природных и синтетических алмазов при правке шлифовальных кругов из эльбора / [Х. А. Ахундзянов, М. С. Друй, В. В. Авакян, А. Д. Перова, В. Б. Кудряшова] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 12. - С. 7 - 8.

27. Кадомцев С. Б. Аналитическая геометрия и линейная алгебра / С. Б. Кадомцев - М.-ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 160 с

28. Калафатова Л. П. Технологічні основи підвищення ефективності обробки та забезпечення якості виробів із технічних стекол і ситалів: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.02.08 «Технологія машинобудування» / Л. П. Калафатова. - Харків: - 2001. - 35 с.

Додаток А
Креслення деталі



- 1. НН, НН, ш/2
- 2. Размеры для справок
- 3. Наружные фланцы Ø54.5
- 4. Торцы концы проточить

TM-18510262

Вид	Число	Контур
А	017	21
Б	017	21
В	017	21
Г	017	21
Д	017	21
Е	017	21
Ж	017	21
З	017	21
И	017	21
К	017	21
Л	017	21
М	017	21
Н	017	21
О	017	21
П	017	21
Р	017	21
С	017	21
Т	017	21
У	017	21
Ф	017	21
Х	017	21
Ц	017	21
Ч	017	21
Ш	017	21
Щ	017	21
Ъ	017	21
Ы	017	21
Ь	017	21
Э	017	21
Ю	017	21
Я	017	21
Итого	017	21

Шлангове сопло
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
TM-61-8

Электрон
Формат А1

TM-18510262

Ra 3.2

TM-18510262
Type #
Date

Додаток Б

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь корпус або іншого цеху.

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 «Кільце сепараторне» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м². При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м, а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведильні верстати;

- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомоделювальний. Обладнання розставлено за групою 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, використовувани 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 за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).
- замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущі частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; Пожежної безпеки 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 змігання 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 кільце сепараторне виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та

швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Б.1 та Б.2.

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

Таблиця Б.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 Б.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 оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати ЗОР;

- 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 вібраційної безпеки. 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.

Б.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення

Необхідно визначити ефективність природнього освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м². При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 2×4;

Кількість вікон – 10 шт.

Висота від підлоги до вікна – 2,0 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь $\rho_{cp} = 0,4$.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України, e_H^{IV} , визначаємо за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (\text{Б.1})$$

де e_H^{III} - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

Для верстатників у цеху, в якому виконуються роботи IV розряду (середньої точності), для бокового верхнього освітлення $e_H^{III} = 1,5\%$.

m - коефіцієнт світлового клімату (для України $m = 0,9$);

c - коефіцієнт сонячності (для м. Суми $c = 0,8$).

$$e_H^{III} = 1,5\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,08\%$$

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_o \cdot t_o \cdot r_1}{S_n \cdot n_o \cdot K_3 \cdot K_{30}} \quad (\text{Б.2})$$

де S_o - площа усіх вікон у приміщенні, м^2 ;

$$S_o = 2 \cdot 4 \cdot 10 = 80 \text{ м}^2;$$

S_n - площа підлоги в приміщенні, м^2 ;

$$S_n = 40 \cdot 8 = 320 \text{ м}^2;$$

t_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов $t_0 = 0,5$;

r_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення $r_1 = 1,2$;

n_0 - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної: $40/8=5$ та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної: $8/4=2$ значення світлової характеристики $n_0 = 13$.

$K_{зд}$ - коефіцієнт який враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти. При їх відсутності $K_{зд} = 1$.

K_3 - коефіцієнт запасу, знаходиться в межах $1,3 \div 1,5$.

Прийmemo середє $K_3 = 1,4$.

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{320 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,57\%$$

При порівнянні фактичного КПО $e_{\phi} = 0,57\%$ з нормативним $e_H^{IV} = 1,08\%$ приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 10.

Кількість ламп у світильнику – 1.

Значення розрахункової освітленості, лм, знайдемо за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку за формулою:

$$F_n = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (Б.3)$$

Розрахункова освітленість повинна задовольняти умовам нормативної величини і складає для ламп розжарювання не менше 50 лк. Знайдемо мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F_{л\min} = \frac{50 \cdot 320 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 10 \cdot 1} = 1550(\text{лм})$$

де n_H – коефіцієнт використання світлового потоку; $n_H = 0,4 \div 0,6$ (приймаємо середнє значення 0,5);

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

S – площа приміщення, м^2 . $S = 320 \text{ м}^2$;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 \div 2$ (приймаємо середнє значення 1,75);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп розжарювання – 1,15.

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_\phi = \frac{F_\phi \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (\text{Б.4})$$

За нормативами обираємо найближче більше значення $F_\phi = 2000$ лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_\phi = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1}{320 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 64,95(\text{лк})$$

Задану кількість світильників необхідно розмішувати рівномірно по площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (\text{Б.5})$$

де H_p – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(м);$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(м);$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (Б.6)$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(м)$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення $E_\phi = 64,95$ лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006 $E_H = 50$ лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) – стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю, завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті або транспортні аварії;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);
- д) криміногенні.

Осередком ураження - називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС для людей.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;
- в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газовмісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проектованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

- а) ящики з піском;
- б) пожежні відра;
- в) лопати;
- г) пожежний інструмент (лом, сокира);
- д) вогнегасники.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 планування будівель і споруд повинні забезпечувати швидку евакуацію людей у разі виникнення пожежі.

Б.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі та визначені шляхи щодо їх усунення.
2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь, що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.
3. Визначено заходи в разі виникнення НС.

Додаток В. Розрахунок припусків

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

23.10.2021

Расчет выполнен для Вещенікін В. группа - ТМм-01

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая ϕ 25 0
-0.022

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Пределные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Поковка ковкой	ГОСТ 7062-90	+0.400 -1.700	-	-	-	-	-
Chernovay	квалитет 14 0 -0.870	0 -0.870	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	квалитет 11 0 -0.220	0 -0.220	125	240	127	200	100
Chistovay	квалитет 8 0 -0.054	0 -0.054	20	125	105	0	0
Shlifovanie	квалитет 6 0 -0.022	0 -0.022	10	25	25	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.	
-	-	27.84	30	30	+0.400 -1.700	28.3	30.4	-	-	-
968	1968	26.925	27	27	0 -0.870	27.13	27	1400	1340	1430
145	1875	25.62	25.7	25.7	0 -0.220	26.48	26.7	270	900	1055
150	855	25.16	25.2	25.2	0 -0.054	25.857	25.957	145	170	373
106	655	25	25	25	0 -0.022	24.978	25.0	106	128	182

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

Додаток Г. Специфікації на верстатний пристрій

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			TM 18510225-07-00.00 СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
БК	1		TM 18510225-07-01.00	Важіль	1	
БК	2		TM 18510225-07-02.00	Втулка	2	
	3		TM 18510225-07-03.00	Гвинт спец.	1	
	4		TM 18510225-07-04.00	Гайка	1	
	5		TM 18510225-07-05.00	Ексцентрик	1	
	6		TM 18510225-07-06.00	Контргруз	1	
	7		TM 18510225-07-07.00	Корпус	1	
	8		TM 18510225-07-08.00	Клинова муфта	1	
	9		TM 18510225-07-09.00	Кулачки	3	
	10		TM 18510225-07-10.00	Основний кулачок	1	
	11		TM 18510225-07-11.00	Паз	1	
	12		TM 18510225-07-12.00	Пружина	1	
	13		TM 18510225-07-13.00	Палець	1	
	14		TM 18510225-07-14.00	Плаваючий центр	1	
	15		TM 18510225-07-15.00	Стопорне кільце	1	
	16		TM 18510225-07-16.00	Фланець	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
	17			Гвинт М16-6дх60 ГОСТ 11738-84	3	
	18			Гвинт М16-6дх55 ГОСТ 11738-84	1	
	19			Гвинт М16-6дх40 ГОСТ 11738-84	3	
	20			Гвинт М12-6дх30 ГОСТ 11738-84	3	
	21			Гвинт М6-6дх16 ГОСТ 11738-84	3	
TM-18510262						
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Разроб.		Вещенкін В.О.			Лит.	Лист
Проб.		Дегтярьов ІМ				Листов
Н.контр.						1
Утв.						1
Пристрій для токавної ЧПК операції					TM-61-8	
Копирабол					Формат А4	