

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

Форма № Н-9.02

Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»

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

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

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала проміжного 1.2760.77.280.01 шляхом підвищення ефективності операції балансування

Виконав: студент II курсу, групи ТМм-81
напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка

(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Меша Д. Є.
прізвище та ініціали)

Керівник Дегтярьов І. М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет
Кафедра
Освітній рівень
Напрямок підготовки

Технічних систем та енергоефективних технологій
технології машинобудування, верстатів та інструментів
другий (магістерський)

(шифр і назва)

Спеціальність

131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології ма-
шинобудування, верстатів та ін-
струментів

Залога В. О.

« » 201 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Меша Дмитро Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Удосконалення технологічного процесу валу проміжного 1.2760.77.280.01

шляхом підвищення ефективності операції балансування

керівник проекту Дегтярьов Іван Михайлович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» листопада 2019 року №2240-III.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «12» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

- Креслення деталі вал проміжний 1.2760.77.280.01.

- Технологічний процес деталі вал проміжний 1.2760.77.280.01.

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

1. Виконати аналіз службового призначення деталі вал проміжний та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі вал проміжний.
3. Розробити метод балансування деталі вал проміжний для підвищення ефективності операції балансування.
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «15» вересня 2019 року

Сумський державний університет
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
Кафедра технології машинобудування,
Вересень та інструментальні роботи

№ 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 вал проміжний та технології її оброблення.	10.09.2019	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі вал проміжний.	15.10.2019	Виконано
4	3. Розробити метод балансування деталі вал проміжний для підвищення ефективності операції балансування.	27.11.2019	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	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)

Меша Д. Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Дегтярьов І. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 120 сторінках, включає 29 рисунків, 20 таблиць, бібліографії із 35 джерел.

Сучасне виробництво в машинобудуванні характеризується багатоменклатурністю виробів і нестабільними обсягами виготовлення продукції тому необхідно для збереження конкурентоздатності підприємства максимально знижувати собівартість виготовлення продукції та заощаджувати час на контролі продукції. Впровадження нового, вдосконаленого методу балансування повинно бути раціональним, а отже вдосконалення методу балансування являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення валу проміжного 1.2760.77.280.01 шляхом підвищення ефективності операції балансування.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення валу проміжного.

Предмет дослідження – метод балансування валу проміжного.

Методи дослідження. Робота була виконана використовуючи такі сучасні положення технології машинобудування та проектування новітніх й високопрогресивних технологічних процесів із використанням таких верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними пластинами які не переточуються, а також прогресивної технологічної оснастки. Для реалізації завдань кваліфікаційної роботи, а саме графічної частини ми використовуємо програмне забезпечення КОМПАС-3D V17, а для оптимізації методу балансування пристрій CMVL 4000-BOX.

Наукова новизна в тому, що була винайдена методика проведення балансування на прикладі деталі «Вал проміжний» з метою зменшення затрачуваного часу на процес балансування деталі.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ ПРОМІЖНИЙ, УДОСКОНАЛЕННЯ, БАЛАНСУВАННЯ, ВІБРОДІАГНОСТИКА

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 120 страницах, включает 29 рисунков, 20 таблиц, библиографии из 35 источников.

Современное производство в машиностроении характеризуется большой номенклатурой изделий и нестабильными объемами производства продукции поэтому необходимо для сохранения конкурентоспособности предприятия максимально снижать себестоимость изготовления продукции и экономить время на контроле продукции. Внедрение нового, усовершенствованного метода балансировки должно быть рациональным, а следовательно совершенствование метода балансировки представляет собой актуальную научную и практическую задачи.

Целью исследования является совершенствование технологического процесса изготовления вала промежуточного 1.2760.77.280.01 путем повышения эффективности операции балансировки.

Объект исследования - технологический процесс изготовления вала промежуточного.

Предмет исследования - метод балансировки вала промежуточного.

Методы исследования. Работа была выполнена используя такие современные положения технологии машиностроения и проектирование новейших и высокопрогрессивных технологических процессов с использованием таких станков с ЧПУ, режущих инструментов с заменяемыми пластинами которые не переточуются, а также прогрессивной технологической оснастки. Для реализации задач квалификационной работы, а именно графической части мы використовуем программное обеспечение КОМПАС - 3D V17, а для оптимизации метода балансировки устройство CMVL 4000-BOX.

Научная новизна в том, что была изобретена методика проведения балансировки на примере детали «Вал промежуточный» с целью уменьшения затрачиваемого времени на процесс балансировки детали.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ВАЛ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ, БАЛАНСИРОВАНИЕ, ВИБРОДИАГНОСТИКА

ABSTRACT

The explanatory note is made on 120 pages, includes 29 figures, 20 tables, bibliographies from 35 sources.

Modern production in mechanical engineering is characterized by multifaceted products and unstable production volumes, so it is necessary to minimize the cost of production and to save time on product control in order to preserve the competitiveness of the enterprise. The introduction of a new, improved balancing method must be rational, and therefore, the improvement of the balancing method is an important scientific and practical task.

The purpose of the study is to improve the manufacturing process of the intermediate shaft 1.2760.77.280.01 by improving the efficiency of the balancing operation.

The object of study is the technological process of manufacturing an intermediate shaft.

The subject of research is a method of balancing an intermediate shaft.

Research methods. The work was carried out using such modern provisions of the technology of engineering and design of the latest and highly advanced technological processes with the use of such machine tools with CNC, cutting tools with replaceable plates, and progressive technological equipment. To accomplish the tasks of qualification work, namely the graphic part, we used the COMPASS software - 3D V17, and to optimize the method of balancing the device CMVL 4000-BOX.

Scientific novelty: The method of balancing on the example of a part “Shaft intermediate” was invented in order to reduce the time spent on the part balancing process.

TECHNOLOGICAL PROCESS, INTERMEDIATE SHAFT, IMPROVEMENT, BALANCING, VIBRO DIAGNOSIS

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«___» _____ 20__ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ ПРОМІЖНОГО
1.2760.77.280.01
ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЇ
БАЛАНСУВАННЯ**

Сумський державний університет
Магістерська кваліфікаційна робота
Кафедра технології машинобудування,
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
верстатів та інструментів

Студент

Д. Є. Меша

Керівник

І. М. Дегтярьов

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

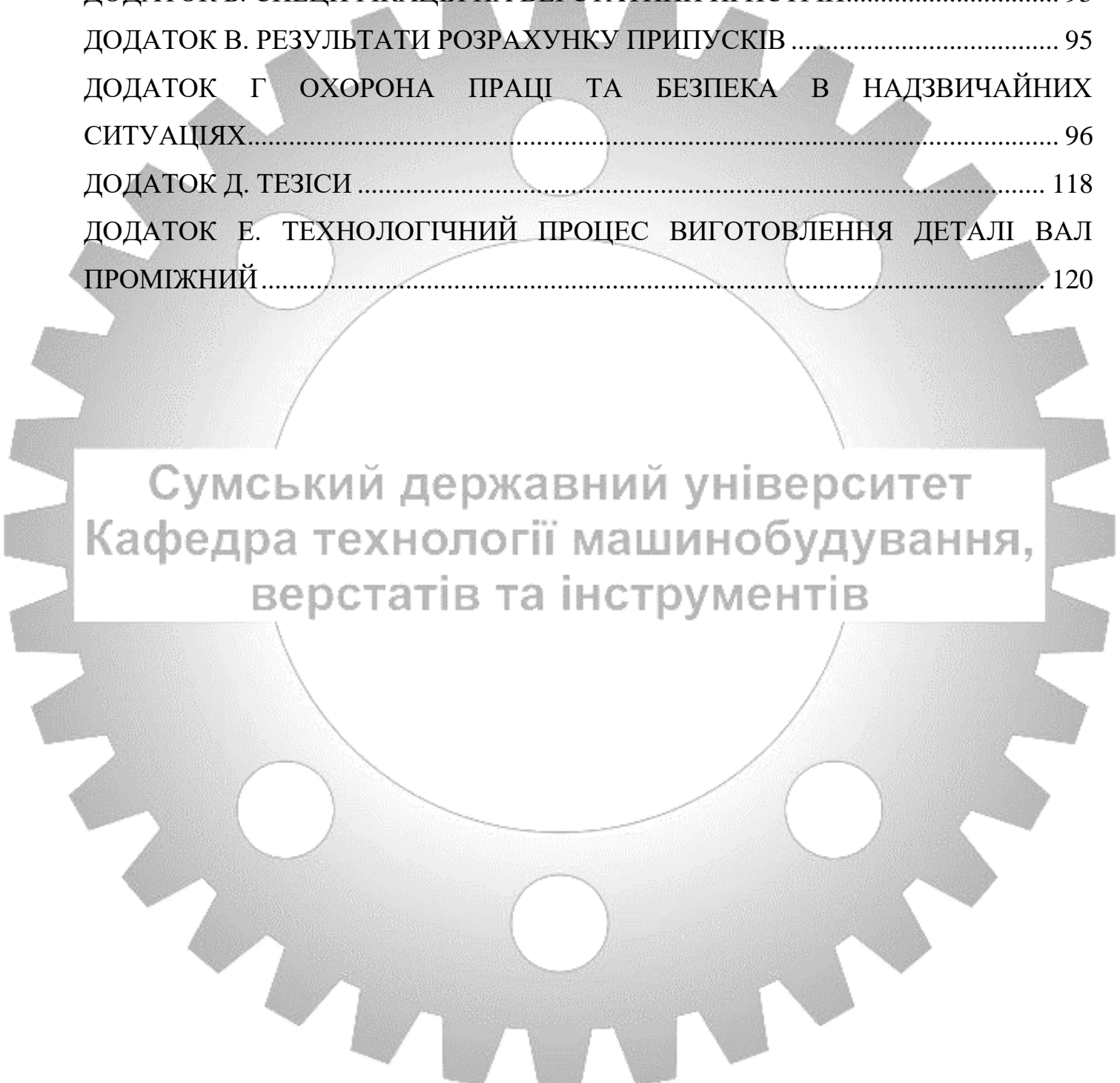
О. В. Івченко

Суми – 2019

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИННОГО, ВУЗЛА ДЛЯ ДЕТАЛІ. ОПИС ЇЇ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	7
1.1 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	12
1.2 Визначення типу виробництва та форми його організації.....	15
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
1.4 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки	24
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛІ ВАЛ ПРОМІЖНИЙ.....	29
2.1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	29
2.1.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь.....	29
2.1.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	31
2.1.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів.....	35
2.1.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	37
2.1.5 Розрахунок режимів різання	39
2.1.6 Технічне нормування операцій.....	47
2.2 Проектування верстатного пристрою	49
ВИСНОВОК.....	65
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	66
3.1 Балансування тіл обертання, види балансування та види незрівноваженості валів.....	66
3.2 Методи динамічного балансування валів на місці, без фазових переміщень, їх особливості.....	72
3.2.1 Метод безфазного балансування: Обіг пробним вантажем.....	74
3.2.2 Метод безфазного балансування: Метод послідовних наближень	75
3.2.3 Метод безфазного балансування: Метод амплітуд.....	76
3.3 Перевірка наявності дисбалансу на валу	77
3.4 Балансування валу методом трьох пусків.....	78
ВИСНОВОК.....	87

ВИСНОВКИ.....	88
ДОДАТОК А. ЗАВОДСЬКЕ КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ	92
ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.....	93
ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ	95
ДОДАТОК Г ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	96
ДОДАТОК Д. ТЕЗИСИ	118
ДОДАТОК Е. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ ПРОМІЖНИЙ.....	120



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

ВСТУП

Актуальність роботи. Машинобудування в сучасному світі є найважливішою галуззю хозяйської діяльності, що визначає ступінь і прогрес розвитку різних відраслей промисловості: а саме металургії, енергетики, сільського господарства, оборонної промисловості та багатьох інших.

Сучасне виробництво в машинобудуванні характеризується багатоменклатурністю виробів і нестабільними обсягами виготовлення продукції тому необхідно для збереження конкурентоздатності підприємства максимально знижувати собівартість виготовлення продукції та заощаджувати час на контролі продукції. Впровадження нового, вдосконаленого методу балансування повинно бути раціональним, а отже вдосконалення методу балансування являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

Застосування новітніх верстатів, які використовують Числове Програмне Керування замість універсальних варстатів мають значні переваги, і створюють певні особливості в використанні:

- верстат підвищує в продуктивність на 1,5 - 5 разів якщо порівнювати з аналогічними верстатами, які мають безпосередньо ручне керування;
- поєднують в собі можливість гнучкості універсальних верстатів з точністю і продуктивністю автоматичного-верстата, що і призводить до можливості вирішення питання комплексної автоматизації, а саме серійного і одиничного процесу виробництва;
- якісне озброєння підприємств новітньою вираховуючою та електро- технікою;
- підготовка виробництва переадресується на інженерну працю та знижується необхідність в кваліфікованих робітника;
- скорочується робочий час, для пригоночних робіт, який витрачається на процес складання, виходячи з того, що деталі які були виготовлені за однією і тією ж програмою, є взаємозамінні;
- знижується протяжність циклу виготовлення наших деталей і значно зменшується необхідний запас незавершеної роботи;

Виходячи з цього, вивчення технологічного процесу нашої деталі: «Вал проміжний» дуже актуально.

Мета та завдання роботи. Метою роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення валу проміжного 1.2760.77.280.01 шляхом підвищення ефективності операції балансування.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішенні наступні завдання:

1. Розглянути нинішні методи балансування та проаналізувати їх.
2. Вдосконалити, або розробити, на базі існуючої, методики вдосконалений метод балансування.
3. Примінити нову методику до деталі, типу вал проміжний.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес виготовлення валу проміжного.

Предмет дослідження. Метод балансування валу проміжного.

Методи дослідження. Робота була виконана використовуючи такі сучасні положення технології машинобудування та проектування новітніх й високопрогресивних технологічних процесів із використанням таких верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними пластинами які не переточуються, а також прогресивної технологічної оснастки. Для реалізації завдань кваліфікаційної роботи, а саме графічної частини ми використовуємо програмне забезпечення КОМПАС-3D V17, а для оптимізації методу балансування пристрій CMVL 4000-BOX.

Наукова новизна отриманих результатів в тому, що була винайдена методика проведення балансування на прикладі деталі «Вал проміжний» з метою зменшення затрачуваного часу на процес балансування деталі.


Практичне значення отриманих результатів. В роботі запропоновано методику балансування методом трьох пусків.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати дослідження, що виносяться на захист, одержані мною самостійно.

Апробація роботи. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку джерел посилань і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 124 сторінки, у тому числі 29 рисунків, 20 таблиць, бібліографії із 35 джерел на трьох сторінках, шести додатків на 28 сторінках.



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИННОГО, ВУЗЛА ДЛЯ ДЕТАЛІ. ОПИС ЇЇ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

Наша деталь, а саме «Вал проміжний» 1.2760.77.280.01, що була запропонована для вивчення під час виробничої практики існує, як одна з важливих деталей компресора 362ГЦЗ-495/80-120М, що входить до складу газоперекачувального компресора ГПА-Ц-20С.

Компресор газоперекачувальний ГПА-Ц-20С складається з декількох окремих блоків та декількох складальних одиниць.

В агрегаті базовою одиницею нагнітаючий турбоблок, в якому і є розташоване головне обладнання ГПА (Газо-Перекачувальний Агрегат), також окремі вузли, які є в допоміжних системах забезпечення. До лівої торцевої стіни турбоблоку пристиковується блок з деяких систем забезпечення (БСЗ), в якому, просто для зручності роботи агрегату та необхідного виконання вимог з техніки безпеки були розміщені маслонуноси системи забезпечення агрегату мастильною рідиною та обладнання системи для пожежогасіння. До блоку таких систем забезпечення встановлюється деяка камера всмоктування. Ця камера всмоктування з шумопоглиначем першого і другого ступенів, та пристроєм для очищення повітря утворюють деяку всмоктувальну шахту, а вона з вхідним конфузоров (лемніскатою) і так званим, зрівняльним патрубком, розташованим в БСЗ, вони і складають безпосередньо всмоктуючий потік двигуна.

З'єднання цього блоку систем забезпечення необхідними ресурсами з турбоблоком і тією, самою камерою всмоктування здійснюється з деякою допомогою перехідників, що в свою чергу можуть дозволити компенсувати неточності встановлення цих блоків при остаточному монтажу компресора.

Робота Компресора.

Перекачуваний газ, що перетікає безпосередньо по газопроводу через всмоктуючий патрубок, одразу ж постачається (надходить) у компресор, де

відбувається стиск і подача останнього безпосередньо через нагнітальний патрубок до напірного колектора компресорної станції та після неї газопровід.

В якості приводу використовується газотурбінний двигун ДГ95ЛЗ, що використовує для своєї роботи газ, що перекачується через компресор.

Ретельно очищене в повітряноочисних машинах повітря надходить до нашого компресора та робочого двигуна, де воно стискається і як правило, надходить до камери горіння. Разом з тим, через робочі форсунки в камеру горіння і потрапляє газ, що використовується для палива. Продукти горіння, що потрапляють на лопатки збурюють необхідне обертання нашої турбіни двигуна. Ця ж турбіна з'єднана через муфту з деяким основним робочим пристроєм, що зветься відцентровим компресором.

Потужність, яка постійно передається від нашої вільної турбіни-приводу на наш відцентровий компресор витрачається на транспортування нашого перекачуемого газу. Вихлоп не спіша повертається на дев'яносто градусів та через вихлопний вихід викидаються в вільну атмосферу.

Область застосування нашого агрегату (компресора):

- газопроводи магістральні з постійним потоком газу;
- безпосередньо на докачуючих компресорних станціях;
- для постійного закачування газу в його підземні сховища.

Технічна характеристика машини приведена в таблиці 1.1

Вал проміжний — має п реретині круглий профіль, що з'єднує собою поршень разом з повзуном у деяких поршневих машинах (компресорах, парових двигунах, насосах, деяких окремих двигунах внутрішнього згорання і т.д.), або ж в гідро- та пневмоциліндрах деяких окремих механізмів приводу поступальних переміщень. Окрім передавання необхідного руху з зусиллям наш вал проміжний ще й виконує роль так сказати, напрямного елемента для поршню, а саме при його русі у циліндрі. Зв'язано це з тим, що у поршневих машинах односторонньої дії наш вал ще й додатково спрягається з деяким повзуном або ж з прямою напрямною втулкою в отворі кришки нашої камери, з напрямною втулкою кришки камери у поршневих машинах двосторонньої дії. В другому випадку, необхідно для забезпечення

герметичності камери, ще й додатково встановлювати ущільнювач (кільця або ж манжетти), а разом з цим і засоби очищення поверхні нашого валу від потрапляння бруду.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика компресора 362ГЦЗ-495/80-120М.

Показники	Параметри
ККД до температури 388К (+20°C) та тиску 0.111МПа (1.066ата) м ³ /с (млн м ³ /добу)	332.50 (28.00)
ККД до температури 393К (+25°C) та тиску 0.111МПа (1.066ата) м ³ /с (млн м ³ /добу)	327.17 (22.54)
ККД за умовами всмоктування м ³ /с (м ³ /хв)	8.05 (432.87)
Початковий абсолютний тиск МПа (кгс/см ²) він же є номінальним	4.079 (42.50)
Робочий абсолютний тиск МПа (кгс/см ²) він же є номінальним	5.483 (57.00)
Співвідношення тиск/тиск, розрахункове	1.45-0.025
Коефіцієнт стиснення газу за деякими умовами входу газу до компресора	0.930
Частота обертання ротора компресора с ⁻¹ (об/хв)	109.30 (6600)

На рисунку 1.1 зображена деталь «Вал проміжний» на якій були пронумеровані поверхні, та класифіковані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі Вал проміжний

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	23, 24, 25
Основні конструкторські бази	7, 17
Допоміжні конструкторські бази	3, 9, 14, 20, 23, 24, 25
Вільні	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22

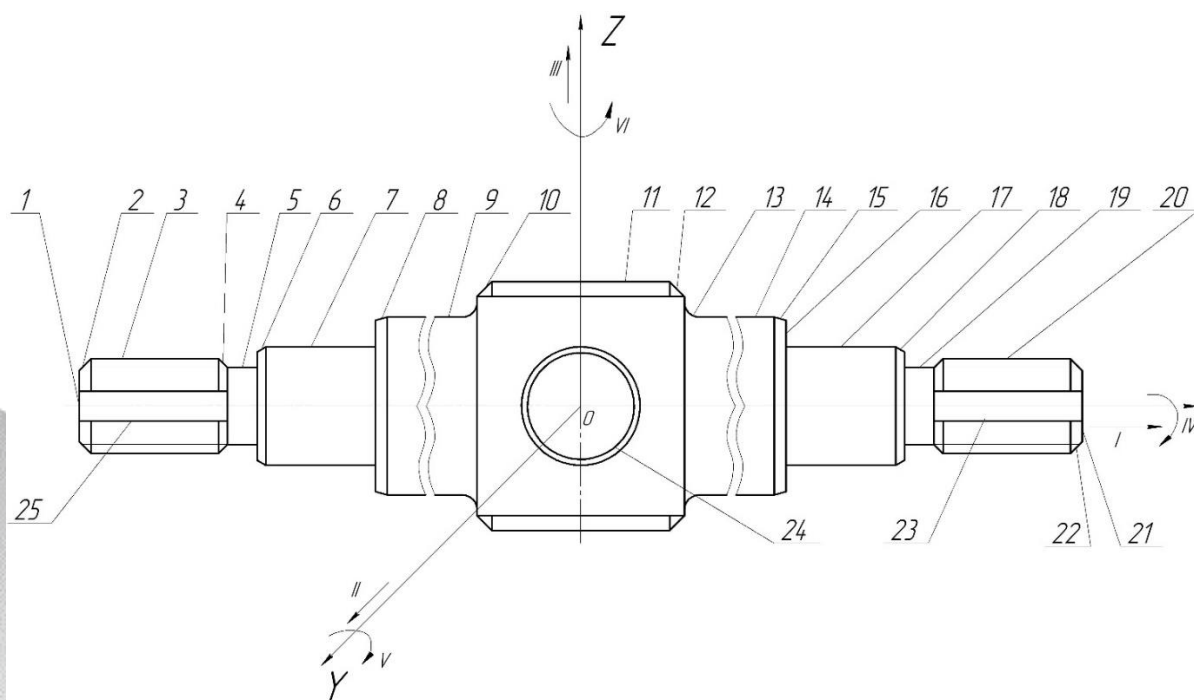


Рисунок 1.1 – Вал проміжний з пронумерованими поверхнями деталі

Сумський державний університет
 Кафедра технології машинобудування,
 верстатів та інструментів

Поверхні під номерами 23, 24, 25 – виконавчі, за їх допомогою наша деталь може виконувати своє службове призначення, а саме це базові поверхні для штовхача і поршнів.

Поверхні під номерами 7, 17 є базовими, вони визначають положення нашої деталі в вузлі.

Поверхні під номерами 3, 9, 14, 20, 23, 24, 25 – це не що інше, як допоміжні конструкторські бази, за якими базуються втулка штовхача, гайки, стопорні шайби та ущільнення.

Поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22 – вільні поверхні, фаски призначені для полегшення складання і видалення гострих кромek небезпечних для людини, а також поверхні галтелей, що зменшують внутрішні концентратори напружень та інші поверхні що визначають габаритні розміри деталей, але не є виконавчими.

Розглянемо базування деталі у виробі (рис. 1.2) та заповнимо відповідні таблиці 1.3-1.4.

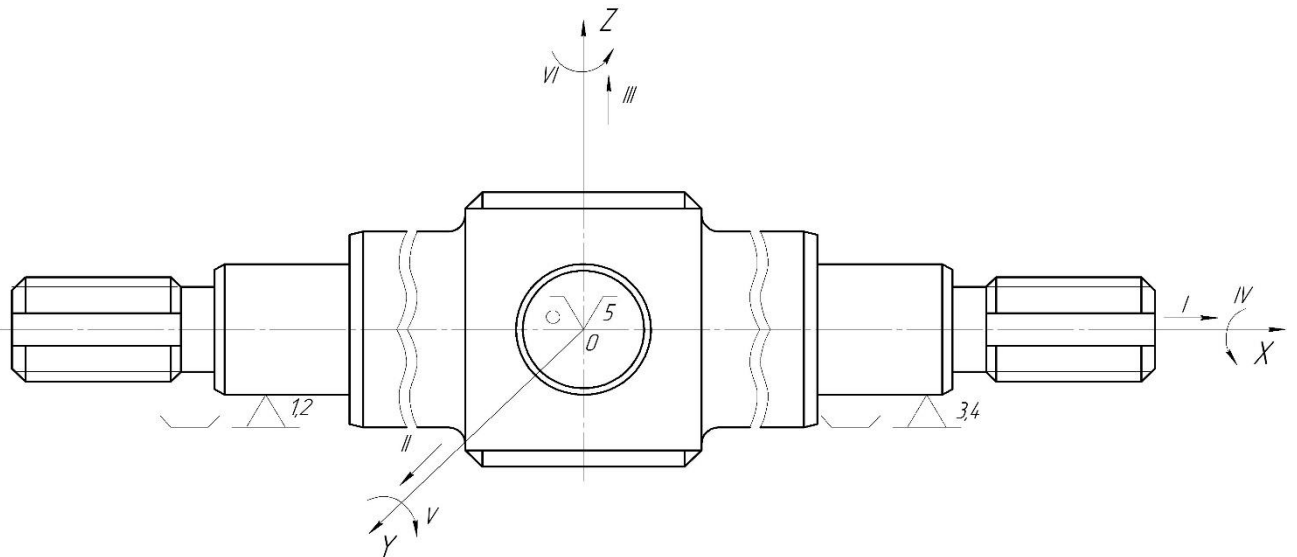


Рисунок 1.2 – Схема базування деталі

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступінь вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна-напрямна
5	IV	Опорна
6	I	Вакансія

Таблиця 1.4 – Матриця зв'язків

	x	Y	Z	
<i>l</i>	0	1	1	ПНБ
<i>a</i>	0	1	1	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>a</i>	1	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	-
<i>a</i>	0	0	0	

Вал проміжний гідроциліндра, як правило, є твердою хромованою деталлю з холоднокатаної сталі, яка приєднується до поршня і виступає з циліндра крізь кришку камери. У циліндрах з двостороннім валом, вал проміжний, що кріпиться з обох сторін поршня і виступає за межі циліндра крізь кришки камер з обох кінців. Вал проміжний з'єднує гідравлічний привід з виконавчим компонентом механізму. Це з'єднання може бути у формі різьбового з'єднання на основі нарізі з дрібним кроком або з використанням такого засобу кріплення, як вилка або отвір для головки шатуна. Ці вузли кріплення можуть бути пригвинчені або приварені до вала проміжного, або, у деяких випадках, вони є виконані заодно із валом. Умови роботи деталі «Вал

проміжний» – це високі температури та тиск, тому деталь виготовляється з поковки IV-ї групи та проходить контроль можливих дефектів ультразвуковим способом.

Умови експлуатації. Деталь «Вал проміжний» при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження, які виникають у момент руху поршня. Навантаження сприймає весь вал, що працюють на змінання. Деталь і виріб, також як компресор в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до + 50 °С. Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 60-70 Дб.

1.1 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Дана деталь «Вал проміжний» 1.2760.77.280.01 відноситься до деталей типу валів, так як відношення $l / d > 5$ ($560/60 > 5$). Деталь сама по собі є нежорсткою, так як має досить велику довжину, тобто буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь нежорстка неможна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал деталі «Вал проміжний» - легована сталь марки 40ХН, що містить у своєму складі 0,4% вуглецю, 1% хрома, 1% нікелю, а інше – залізо. Матеріали замітники – сталь 45, сталь 50, сталь 50Г2, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізико-механічні властивості сталі 40Х та її заміників

Матеріал	σ_b , МПа	Ψ , %	Твердість НВ	Хімічний склад, %					
				C	Si	Mn	Cr	P	S
Сталь 40ХН	610	45	163-168	0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,8- 1,1	дуже мала доля	
Сталь 45	640	40	170-179	0,42- 0,50	0,17- 0,37	0,5- 0,8	<0,25		
Сталь 50	640	40	196-202	0,47- 0,55	0,17- 0,37	0,5- 0,8	<0,25		
Сталь 50Г2	630	35	167-207	0,46- 0,55	0,17- 0,37	1,4- 1,8	<0,25		

Даний матеріал був обраний конструктором не випадково, а закономірно, так як деталь в процесі роботи деталь повинна забезпечувати умови міцності та

безвідмовності у продовж певного часу, тому сталь 40ХН є гарним вибором. Хоча вона і дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всього редуктора необхідно. До того ж сталь 40ХН краще обробляється різанням.

На кресленні деталі є точні поверхні з високим вимогою до шорсткості і допусками розташування. Поверхні $\varnothing 30f9$ та $\varnothing 20f9$ мають малий допуск і шорсткість за критерієм Ra 0,4 мкм тому, що дана поверхня є основною конструкторською базою для деталі і допуск посадки, а отже і зазор, який впливає на точність центрування повинні бути якомога менше, тому 9-й квалітет поверхні і шорсткість за критерієм Ra 0,4 мкм цілком обґрунтовані конструктором. Також проставлені допуски радіального биття 0,05мм щодо бази В (вісь центрів) тому що ці поверхні є конструкторськими базами деталі з якою контактує деталь вал проміжний, тобто можна говорити, що дані вимоги до цих поверхонь обґрунтовані конструктором.

На кресленні також є поверхня $\varnothing 18H9$, яка характеризується розміром 35d11 з шорсткість за критерієм Ra 1,6 мкм і допуском перпендикулярності 0,05 мм щодо бази В. Ця поверхня вирізняється з-поміж інших торцевих поверхонь такими особливими вимогами, тому що цей торець - конструкторська база вузла. З цього торця відбувається контакт деталі з поршнем, тому велике відхилення тут неприпустимо, так як це може привести до розбалансування та нерівномірного зношування поршня.

Решта поверхонь є вільними, тобто виготовляються з допуском 14-го квалітету.

Згідно з технічними вимогами, які вказані на кресленні деталі «Вал проміжний» деталь повинна виготовлятися з поковки другої групи Гр. IV зі сталі 40ХН, твердістю до 223...262 НВ по ГОСТ 8479. До поковки четвертої групи пред'являються більш жорсткі вимоги до контролю на заготівельної операції, (найменші вимоги пред'являються до поковки першої групи, які використовуються в основному для маловідповідальних деталей). Згідно ГОСТ 8479 до поковки четвертої групи: контроль твердості 100% поковок. Поковки повинні бути однієї марки стали спільно пройшли термічну обробку за однаковим режимом. Дані вимоги до груп поковок проставлені конструктором обґрунтовані тим, що деталь працює в редукторі і вихід з ладу деталі призведе до поломки агрегату.

Третім пунктом в технічних вимогах повинно було б бути зазначено, що не вказані граничні відхилення розмірів на кресленні деталі необхідно обробляти з точністю 14-го квалітету. Всі отвори або охоплені поверхні з полем допуску H14, всі вали або охоплюючі поверхні з полем допуску h14, а всі лінійні розміри з допуском 14-го квалітету і полем допуску симетричним в обидві сторони щодо номінального розміру, таким чином спростилося би креслення.

Четвертий пункт - розмір та шорсткість після покриття. Дані розміри є невідповідальними або складальними, його величина досягається на складальній операції і вказується в якості додаткової інформації для зручності.

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

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

Базування і закріплення деталі є технологічним оскільки на токарних та шліфувальних операціях деталей базується в центрах, а крутний момент передається за рахунок повідкового патрону.

На фрезерних операціях деталей базується у призмах та у ділильній голівці. Так як деталь на операціях механічної обробки базується в центрах та призмах непотрібно проводити точну вивірку деталі при її закріпленні, що зменшує допоміжний час.

Проставлення розмірів на деталі завжди повною мірою дає можливість контролю розмірів на одному установі стандартним вимірювальним інструментом, що є добре з точки зору технологічності. Всі розміри можна проконтролювати штангенциркулем та мікрометром.

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її нетехнологічною за цим показником. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на шліфувальній операції.

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме шпонкові пази та квадрат. Для отримання їх в умовах дрібносерійного виробництва доцільно застосовувати верстати з ЧПК та спеціальні верстатні пристрої.

Способи отримання заготовки можуть бути лише пластичне деформування, так як у технічних вимогах вказана група поковок.

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

1.2 Визначення типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва по 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.

Таблиця 1.6 – Штучний час на механічні операції

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв
030	Токарно - гвинторізна	40
045	Токарно - гвинторізна	20
050	Вертикально-фрезерна	20
060	Радіально - свердлильна	20
065	Вертикально-фрезерна	20
070	Круглошліфувальна	30
075	Токарно - гвинторізна	20
100	Круглошліфувальна	30
105	Токарно - гвинторізна	20

Виконуємо розрахунок, згідно [3].

Початкові дані:

- Річна програма випуску виробів $N = 2000$ штук.

- Режим роботи підприємства - у дві зміни.
- Дійсний річний фонд роботи обладнання $F_D = 4029$, годин.

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі «Вал проміжний» на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу (табл. 1.6).

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_D \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.1)$$

де N - річна програма випуску виробів, шт;

$T_{шт}$ - штучний час;

F_D - дійсний річний фонд часу, ч;

$\eta_{з.н.}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, по [3] $\eta_{з.н.} = 0,8$.

Таблиця 1.7 – Нормування операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
030	Токарно - гвинторізна	40	0,06	1	0,06	12,9
045	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
050	Вертикально-фрезерна	30	0,046	1	0,046	17,2
060	Радіально - свердлильна	20	0,031	1	0,031	27,8
065	Вертикально-фрезерна	20	0,031	1	0,031	27,8
070	Круглошліфувальна	30	0,046	1	0,046	17,2
075	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
100	Круглошліфувальна	30	0,046	1	0,046	17,2
105	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
Σ	-	230	-	9	-	192,6

Коефіцієнт закріплення операції розраховуємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (1.2)$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операції дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{192,6}{9} = 21,2 \approx 21, \text{ що відповідає дрібносерійному типу виробництва, так як}$$

$K_{з.о.}$ входить в межі $20 < 21 < 40$.

Визначаємо форму організації виробництва.

Визначаємо партію запуску за формулою [3]:

$$n = Na/254, \quad (1.3)$$

де $a = 24$ – періодичність запуску в днях [3].

$$n = 2000 \cdot 24 / 254 = 189,9, \text{ приймаємо партію запуску } 190 \text{ штук.}$$

Визначити середню трудомісткість механічних операцій:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шм}}{n} = \frac{230}{9} = 25,5 (\text{хв}),$$

де $n = 9$ - число операцій.

Визначаємо добовий час роботи обладнання:

$$F_{cym} = \frac{60 \cdot F_o}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 (\text{хв}).$$

Коригуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на виготовлення всієї партії:

$$Z = \frac{T_{cp} \cdot N_{пар}}{F_z \cdot \eta_{з.п.}} = \frac{25,5 \cdot 190}{476 \cdot 0,8} = 32,7.$$

$$F_z = \frac{F_{cym}}{2} = \frac{952}{2} = 476 (\text{хв}).$$

$\eta_{з.н.} = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість змін округляємо до найближчого цілого значення: $z_{np} = 35$.

Тоді число деталей в партії:

$$N_{пар} = \frac{F_z \cdot z_{np} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{ср}} = \frac{476 \cdot 35 \cdot 0,8}{25,5} = 484 \text{ (шт.)}$$

Так як розрахований тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт - групову.

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

Дрібносерійне виробництво, яке є підвидом (нижчою формою) серійного виробництва, яке в свою чергу є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, а підприємства цього типу випускають в даний час 70% всієї продукції машинобудування країни. Це виробництво характеризується такими показниками, а саме, заготовки, що застосовуються в дрібносерійному виробництві в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПУ. У дрібносерійному виробництві застосовується групова форма організації виробництва. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням положення України цеху. Різучий інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний, який використовується в разі неможливості обробки стандартним інструментом різних поверхонь великої номенклатури та різної конструкції деталей. Мірятьний інструмент також застосовують як стандартний, так і спеціально виготовлений на замовлення в інструментальному цеху підприємства. Переважно застосовують шкальний інструмент в деяких випадках шаблони і калібри.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на

складних універсальних верстатах, а також налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка технологічності деталі «Вал проміжний» за якісними показниками включає в себе:

- оцінка по технологічності матеріалу, з якого виготовлена деталь. Дана деталь виготовлена зі сталі марки 40Х ГОСТ 4543, хімічний склад наведено вище в пункті 2. Матеріалом заміником для цієї сталі є сталь 45 ГОСТ 1050, яка близька до вихідного матеріалу за хімічним складом і фізико-механічними властивостями.

Вартість даного матеріалу невисока, так як сталь легована лише 1% хрому. Даний матеріал не є дефіцитним, що добре для постачальників.

Дана сталь легована хромом, а тому краще піддається обробці різанням ніж наприклад сталь 45. Змінити матеріал на більш міцний і більш легкий не представляється можливим, так як це призведе до необґрунтованого збільшення собівартості або до того, що деталь не зможе виконувати свої функції у виробі. Так як матеріал деталі недорогий і добре обробляється різанням, то можна зробити висновок, що за цим показником вона технологічна.

- оцінка по технологічності геометричної форми поверхонь.

На деталі все поверхні прості, які можна обробити як стандартним так і нескладним спеціальним інструментом. На кресленні є такі нетехнологічні конструктивні елементи як шийки валів з високою точністю. Також нетехнологічним елементом є паз.

Також до нетехнологічних елементів можна віднести радіуси та фаски різних розмірів, які хоча і є вільними розмірами, але дещо ускладнюють процес обробки.

Отже по геометричним формам поверхонь деталь є технологічною.

- оцінка технологічності по можливості зміни форми деталі, яка дозволяла б вибрати найвигідніший розкрій матеріалу і можливості використання відходів для виготовлення інших деталей.

За цим показником деталь є нетехнологічною, так як абсолютно всі поверхні на деталі обробляються, а отже збільшити кількість поверхонь, які не обробляються або зробити якісь поверхні необроблюваних ми не можемо виходячи зі службового призначення деталі і тих розмірів і тієї точності, які задав конструктор на кресленні.

Заготовку для даної деталі можна отримувати двома методами, а саме вільним куванням на молотах або штампуванням на ГKM (виходячи з конфігурації деталі). В обох випадках заготовка має ступінчасту форму. Все що буде залишатися після обробки цієї заготовки це стружка, яка надалі піде на переплавку. Отже за даним показником деталь нетехнологічна.

- оцінка технологічності конструкції по простановке розмірів.

Базовою інформацією для оцінки технологічності конструкції по даному пункту є креслення деталі «Вал проміжний». В цілому по простановці розмірів деталь технологічна.

Також на кресленні є точні «класні» розміри: $\varnothing 20 f9$, $\varnothing 30 f9$. Ці розміри, особливо перший вимагає трьох - чотирьох стадій обробки замість однієї - двох, що робить деталь нетехнологічною.

Також на кресленні є допуски розташування, а саме допуски радіального і торцевого биття $0,05$ мм. Витримування цих допусків також несе додаткову трудомісткість в обробку, що нетехнологічно.

У технічних вимогах зазначено, що заготовка для деталі повинна виготовлятися за вимогами IV-ї групи поковок, тобто ці поковки необхідно піддавати повному контролю твердості, що збільшує вартість деталі в порівнянні з I-ю групою поковок, які не підлягають контролю. Але в той же час конструктор не поставив в технічних вимогах виготовляти поковки V-ї групи, які піддаються 100% - му контролю та випробуванням на міцність характеристики, зразки для яких необхідно передбачити при отриманні заготовки, що призведе до зайвої масі, зменшення коефіцієнта використання матеріалу, а отже і до збільшення вартості деталі, що є нетехнологічним. Можна зробити висновок, що конструктор проставив IV групу поковок грамотно і сходячи з службового призначення деталі і виробу. В цілому

вимога креслення виготовляти деталь з IV-ї групи поковок вважаємо нетехнологічним.

- оцінка технологічності по правильності обґрунтування прийнятих значень граничних відхилень.

Дана оцінка проведена в аналізі технічних вимог докладно з усіма обґрунтуваннями в пункті 2. На основі цього можна зробити висновок, що деталь технологічна по даному показнику.

- оцінка по технологічності заготовки.

В умовах дрібносерійного виробництва способами отримання заготовки виходячи з технічних вимог креслення деталі можуть бути або поковка штампована на ГKM або поковка кована на молотах. Поковка штампована на ГKM має невеликі припуски і за формою нагадує форму майбутньої деталі, тому обробка різанням при знятті невеликих припусків може бути зменшена. Поковка, що отримується вільним куванням на молотах має великі припуски і напуски, що в свою чергу веде до збільшення маси, а отже і істотного збільшення вартості заготовки. Отримання поковки на молотах виконується універсальними інструментами, робочими високої кваліфікації (4-6 розряди), що також збільшує собівартість, а отримання поковок на ГKM може виконуватися робітниками 2-го або 3-го розрядів.

Єдиним мінусом отримання поковки на ГKM є висока вартість виготовлення спеціального штампа для отримання заготовки, але техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки буде проводитися в курсовому проекті.

За умови забезпечення технологічності подальшої механічної обробки більш раціональним є отримання заготовки на КГШП.

Деталь є недостатньо жорсткою, так як відношення $l/d < 1$ ($565/30 > 5$) (більш докладно в пункті 2). Деталь можна обробляти в універсальних пристроях, але це веде до збільшення трудомісткості налагодження, тому на деяких операціях застосуємо спеціальні пристосування. Доступ ріжучого інструменту при обробці на одношпindelних верстатах одним інструментом при послідовній схемі обробці необмежений. При обробці комбінованими інструментами, а також обробці декількома інструментами декількох поверхонь можуть виникнути проблеми.

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

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$\hat{E}_{\hat{E}i} = \frac{\hat{I}}{\hat{I}_c}, \quad (1.4)$$

де M – маса готової деталі, $M = 1,6$ кг

M_3 – маса заготовки, $M_3 = 4,1$ кг

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$M_3 = M \cdot K_p = 2,5 \cdot 1,6 = 4,1 \text{ (кг)}. \quad (1.5)$$

$$K_{им} = \frac{1,6}{4,1} = 0,4.$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$\hat{E}_{\hat{E}i} = \frac{\hat{E}_{\hat{E}i}}{\hat{E}_{\hat{E}i}}, \quad (1.6)$$

де $K_{б\text{им}}$ – базовий коефіцієнт використання матеріалу, $K_{б\text{им}} = 0,25$ (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ум} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$\hat{E}_\delta = 1 - \frac{1}{\delta_{\text{н\ddot{o}}}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i}, \quad (1.7)$$

де $\sum n_i$ – число розмірів відповідного класу точності;

T – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 1 + 1 + 5 + 1 = 9.$$

$$\sum T \cdot n_i = 9 \cdot 4 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 10 = 200.$$

$$K_m = 1 - \frac{16}{200} = 0,92 > 0,8.$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та Інструментів

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{cp}}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \text{Ш} \cdot n_{im}}, \quad (1.8)$$

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

$$\sum \text{Ш} \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 4 + 1,6 \cdot 2 + 6,3 \cdot 10 = 69,4.$$

$$K_u = \frac{16}{69,4} = 0,23 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

1.4 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки

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

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

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Вал проміжний», матеріал деталі – сталь 40ХН ГОСТ 4543:

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

- прокат – не раціонально застосовувати у середньо серійному виробництві через великі перепади діаметральних розмірів, що знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість чорнової обробки.

- кування на молотах – не раціонально застосувати через достатньо складний профіль деталі, адже у середньосерійному виробництві потрібно прагнути до наближення форми заготовки до форми деталі, що можливе лише при штампуванні.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Серед усіх розглянутих

способів отримання приймаємо даний варіант виготовлення заготовки – поковка штампована на горизонтально-кувальних машинах.

Горизонтально-кувальні машини (ГКМ) раціонально застосовувати для виготовлення виробів, що мають дві площини рознімання (типу ступінчастих валів), до яких належить і дана деталь «Вал проміжний».

Вони відрізняються більш високою вартістю, але пристосовані для високо механізованого та автоматизованого виробництва поковок, забезпечені нижнім і верхнім виштовхувачами. При штампуванні на ГКМ отримують поковки ближчі за формою і розмірами до готової деталі, ніж при штампуванні на молотах. При штампуванні в штампах для видавлювання витрата металу знижується до 30%, продуктивність праці при подальшій механічній обробці збільшується більш ніж в 2 рази. У порівнянні з куванням гаряче об'ємне штампування має такі переваги: параметр шорсткості $Rz80 \dots 20\text{мкм}$, а після холодного калібрування $Rz10 \dots 1,6\text{ мкм}$, одержання деяких поверхонь, що не вимагають обробки різанням. Перспективно застосування штампування рідкого металу і штампування видавлюванням в матрицях. Штампування рідкого металу займає проміжне положення між звичайною штампуванням і литтям під тиском. Цим способом отримують тонкостінні заготовки різні за складністю та за масою (до 10кг).

У зв'язку з переведенням деталі в середньосерійне виробництво методом отримання заготовки приймаємо поковку штамповану на ГКМ.

Спроекуємо заготовку, одержувану штамповкою на ГКМ:

Визначаємо тип заготовки для вибору припусків і допусків згідно ГОСТ.

а) Для отримання даної заготовки необхідно використовувати горизонтально-кувальну машину.

Клас точності поковки-Т4 [4]. Надалі всі табличні дані братимемо з ГОСТ.

б) Марка сталі заготовки – Сталь 40Х, тому група сталі М2, [4].

в) Ступінь складності поковки визначається зі співвідношення маси поковки ($M_{пк}$) до маси фігури, що описує поковку ($M_{ф}$).

$$\frac{M_p}{M_\phi}, \text{ де } M_{\Gamma} = M_d \cdot K_p, \quad (1.9)$$

де K_p – розрахунковий коефіцієнт;

$K_p = 1,6$ (для деталей типу валів) - по таблиці 20.

$$\frac{M_p}{M_\phi} = \frac{m d \cdot K_p}{\rho \cdot V} = \frac{2,5 \cdot 1,6}{7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 6,5^2 \cdot \frac{25,5}{4}} = 0,61.$$

Звідси ступінь складності поковки – С2 по ГОСТ 7505-89, додаток 2.

Конфігурація поверхні роз'єму штампа - плоска.

г) На основі отриманих даних, знаходиться вихідний індекс-13 [4].

д) Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості R_a , який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються:

Основні припуски (на сторону), мм [4]:

1,5 - діаметр 41 та $R_a 6,3$;

2,1 - діаметр 30 та $R_a 0,8$;

2,0 - довжина 560 та $R_a 6,3$;

1,2 – товщина 35 та $R_a 6,3$;

Додаткові припуски [4]:

- зсув по поверхні роз'єму штампа -0,3 (мм).

- зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності - 0,6 (мм).

Визначаємо розміри поковки, мм:

$\varnothing 41 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 45,6$ - приймаємо 46;

$\varnothing 30 + (2,1 + 0,3) \times 2 = 34,8$ - приймаємо 35;

$L 560 + (2 + 0,3) \times 2 = 564,6$ - приймаємо 565;

$S 35 + (1,2 + 0,3) \times 2 = 38$ - приймаємо 38;

Додатково приймаємо на довжину припуск на виготовлення зразків на механічні випробування 150 мм та припуски на відрізання 5 мм.

Допустимі відхилення лінійних розмірів заготовки [4]:

$$\text{Ø}46_{-0,9}^{+1,6} \text{Ø}35_{-0,8}^{+1,2} \text{L}725_{-1,2}^{+3,6} \text{S}38_{-0,8}^{+1,2}$$

Визначимо номінальну масу заготовки.

За допомогою програми КОМПАС 3D визначаємо масу заготовки, будуючи її за номінальними розмірами та задаючи густину матеріалу, що по ГОСТ 4543-71 дорівнює 7850 кг/м³. Маса заготовки $M_z=4,1$ кг.

Зобразимо заготовку з розмірами на рис. 1.3.

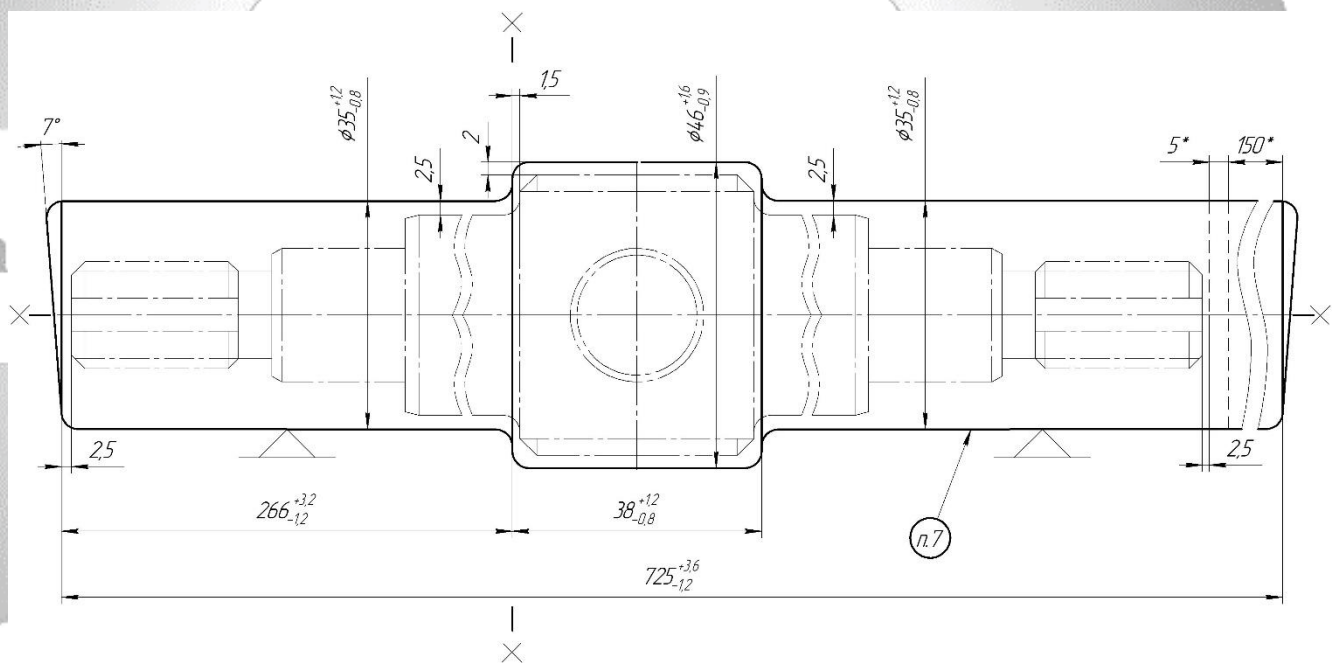


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки

Призначаємо технічні вимоги до поковки:

- 1.Гр. IV КП 640С-КСУ >30 ГОСТ 8479-70.
- 2.Поковка штампована на ГKM ГОСТ 7505-89.
- 3.Клас точності-Т4, група сталі-М2, ступінь складності-С2, вихідний індекс-13.
- 4.Невказані радіуси закруглень- $R\ 3...5$ мм.
- 5.Штамповочні ухили - $5-7^\circ$.
- 6.Допустиме зміщення по площині рознімання штампа- $0,3$ мм.

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг робіт.

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

При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 40ХН, а також були проаналізовані вимоги, пропонувані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам. Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

Був визначений тип виробництва - дрібносерійний - і визначена партія запуску $n = 190$ штук.

В якості заготовки була прийнята поковка на ГKM, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛІ ВАЛ ПРОМІЖНИЙ

2.1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 30 \pm 0,09$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку В.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.1)$$

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 $\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зкс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = 1000$ мкм, а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{\text{заг}}$ тоді $\rho_{\text{черн}} = \rho_{\text{заг}} k_y$, де $k_y = 0,04-0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чер}} = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 2.1, а самі результати розрахунку у додатку.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск T , мм	Елементи припуска, мкм				
				$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ϵ_y , мкм	
							ϵ_6 мкм	ϵ_3 , мкм
-	T4 ГОСТ 7505-89	+1,4 -0.8	4	-	-	-	-	-
Точіння чорнове	h14	-0,62	0,62	200	250	1000	50	50
Точіння напівчистове	h11	-0.16	0,16	50	50	60	0	0
Шліфування	f9	-0,02;- 0,072	0,052	32	30	50	10	10

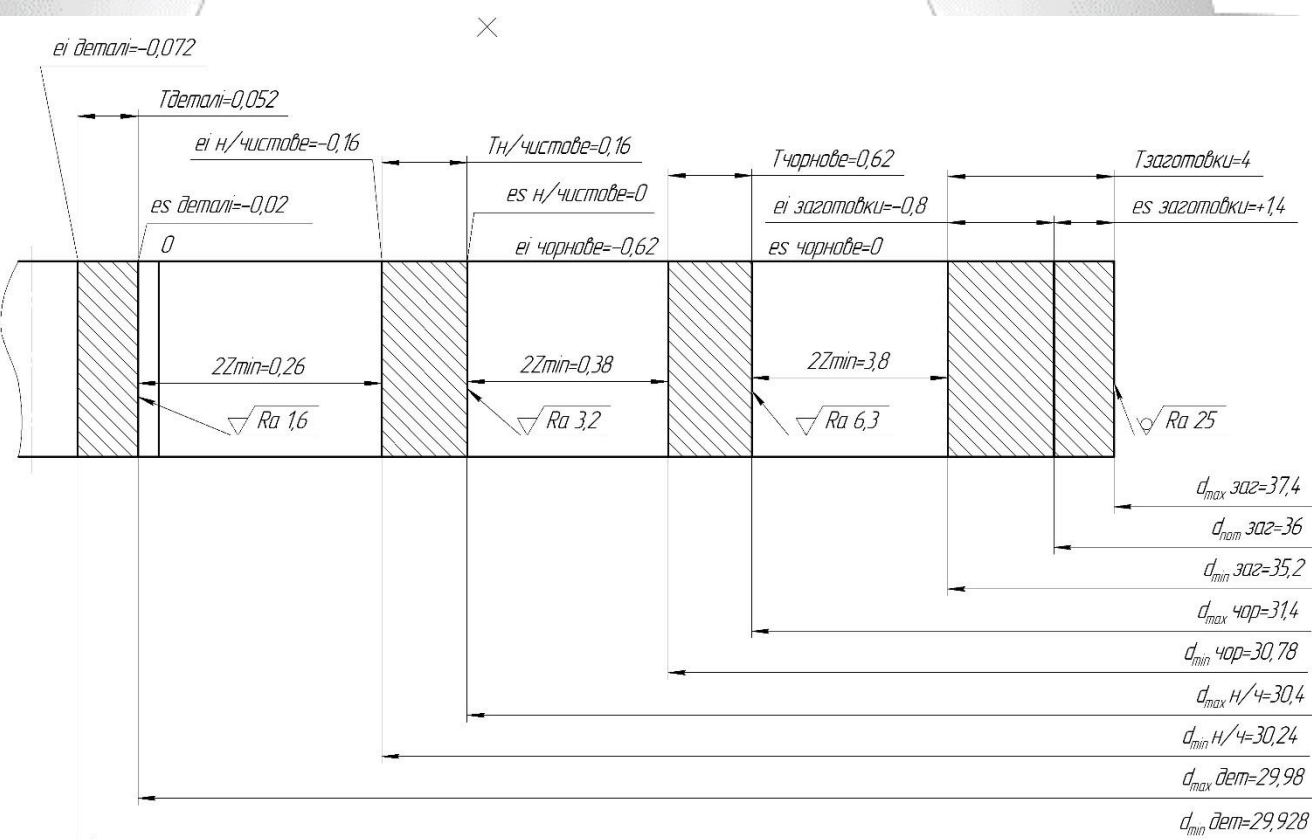


Рисунок 2.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\phi 30f9$ мм

Порівнюючи розмір, визначений аналітичним методом та за допомогою ГОСТ робимо висновок, що вони майже не відрізняються 35 мм за ГОСТ та 35,2 мм аналітичним методом відповідно, тому розрахунки проведені вірно.

2.1.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

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

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

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

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано вертикально-фрезерну операцію, на якій за базовим технологічним процесом обробляються пази під стопорні шайби:

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на токарній з ЧПК операції 030 приведені на рисунках 2.2-2.3.

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

Приймаємо одну схему базування у центрах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що обробка валів на токарних операціях виконується в центрах завжди майже. Дана схема передбачає подвійну-напрямну та опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності. На першому варіанті приймаємо

базування за допомогою плаваючого і обертового центрів, а у другому – жорсткого і обертового.

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір 49,8 мм:

- за варіантом 1: $\varepsilon_{\phi 49,8} = 0,05 < T_{49,8} = 0,2$ мм, - браку не виникатиме;
- за варіантом 2: $\varepsilon_{\phi 49,8} = 0,05 + 1 + 0,2 = 1,25 > T_{49,8} = 0,2$ мм, - браку виникатиме.

Отже приймаємо варіант базування 1 з плаваючим центром.

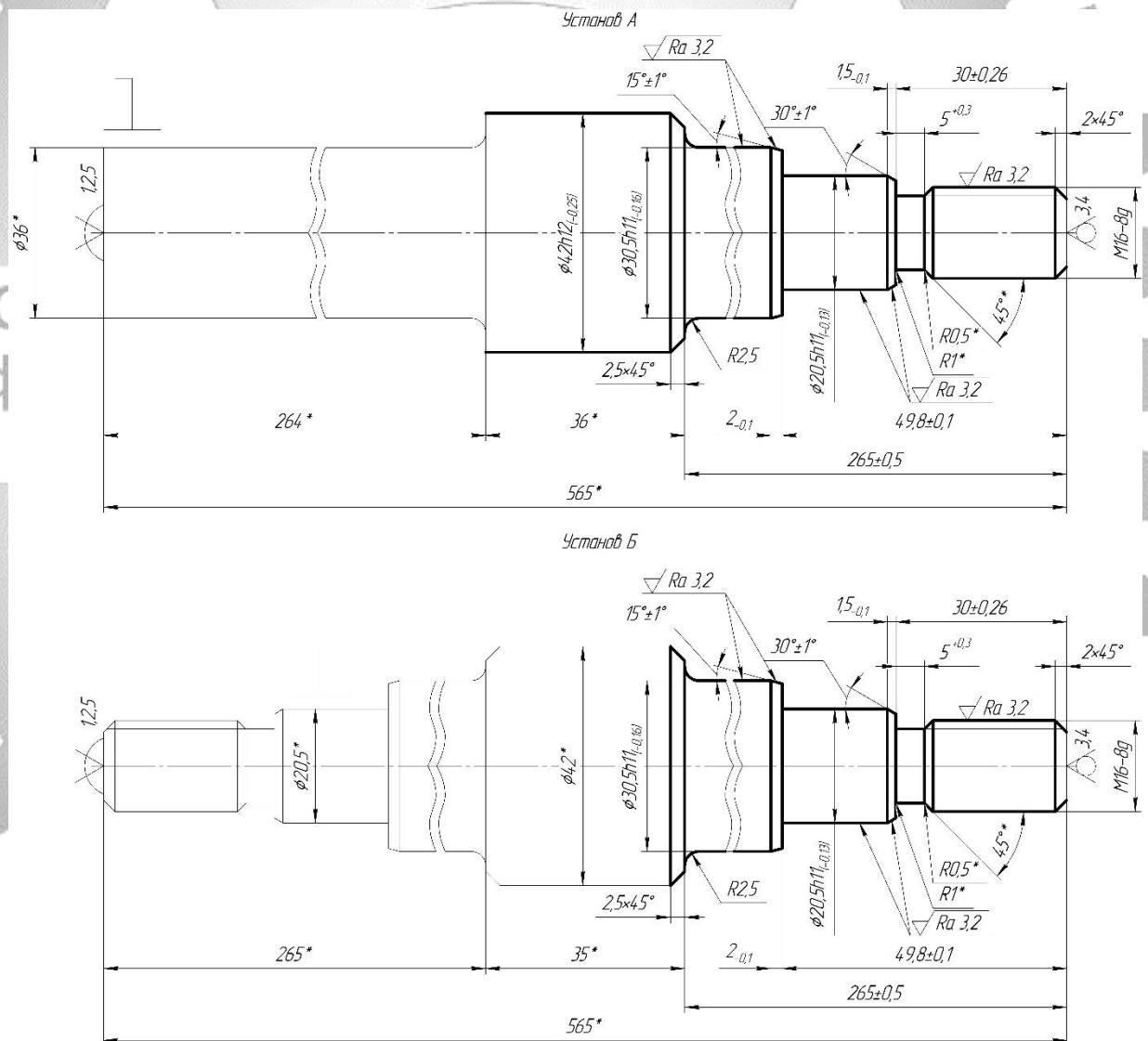


Рисунок 2.2- Схема базування заготовки на токарній з ЧПК операції (перший варіант)

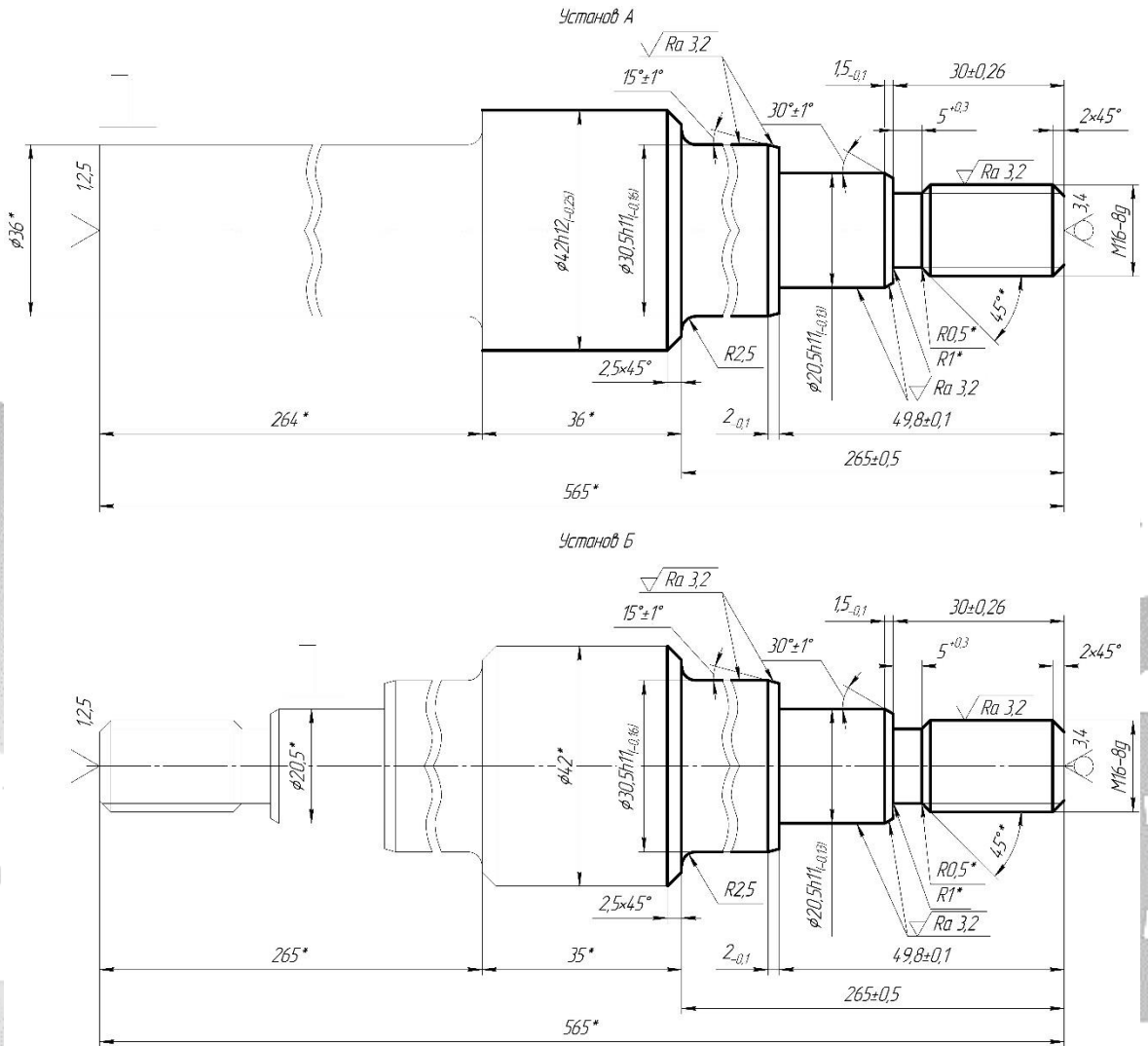


Рисунок 2.3- Схема базування заготовки на токарній з ЧПК операції (другий варіант)

Схеми базування заготовки на вертикально-фрезерній з ЧПК операції 040 приведені на рисунках 2.4-2.5.

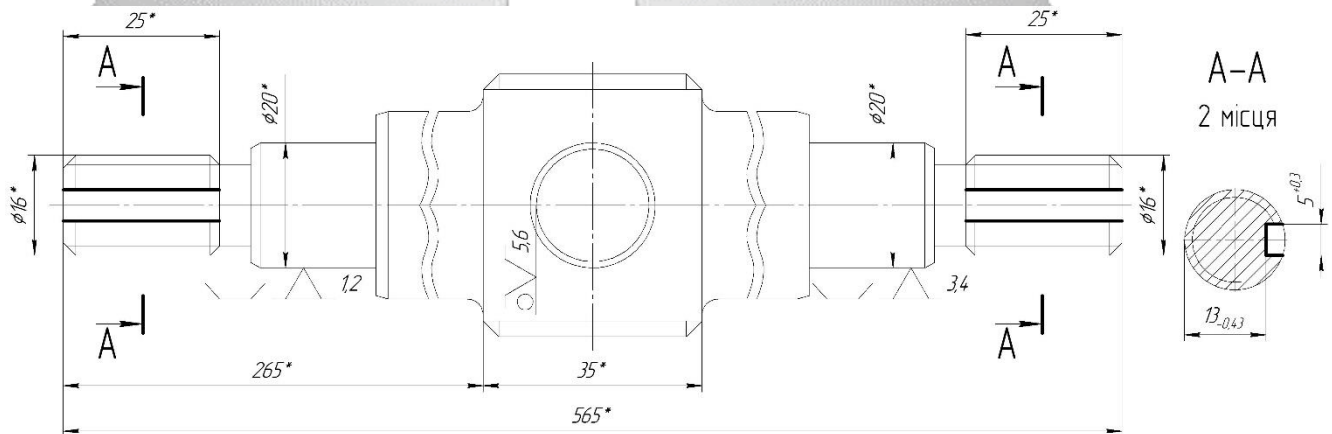


Рисунок 2.4- Схема базування заготовки на вертикально-фрезерній з ЧПК операції (перший варіант)

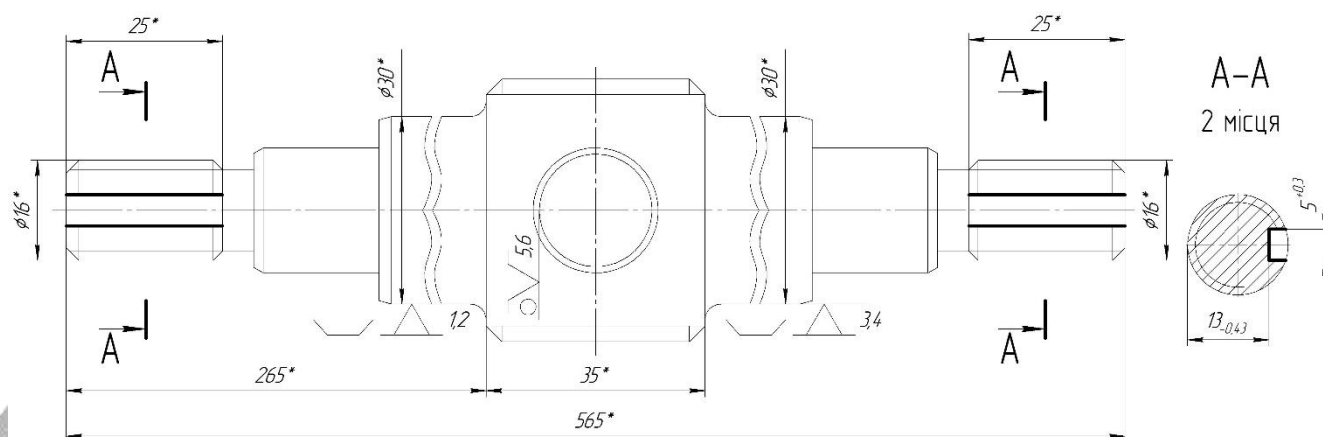


Рисунок 2.5- Схема базування заготовки на вертикально-фрезерній з ЧПК операції (другий варіант)

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

Приймаємо одну схему базування у призмах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійну-напрямну базу, а саме зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 20f9$ та $\varnothing 30f9$ і одну поверхню як подвійну-опорну базу – отвір $\varnothing 18H9$. і. Дана схема передбачає подвійну-напрямну та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена шести ступенів вільності.

У даному випадку забезпечуються лише два розміри на операції: ширина пазу 5 та його глибина 13. Так як ширина пазу забезпечується інструментом- фрезою, то похибку будемо визначати лише для розміра 13.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{013} = T_{20} = 0,052 < T_{13} = 0,43 \text{ мм} - \text{браку не виникатиме};$$

По другому варіанту:

$$\varepsilon_{013} = T_{30} = 0,052 < T_{13} = 0,43 \text{ мм} - \text{браку не виникатиме.}$$

Отже в обох випадках браку не виникатиме, тому прийmemo варіант, який забезпечить найбільшу жорсткість при обробці. Найбільша жорсткість виникатиме при забезпеченні міні сальної відстані до місця обробки, тобто обираємо перший

варіант схеми базування, адже у такому випадку менші консольні навантаження і більша жорсткість.

2.1.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів

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

Токарна з ЧПК операція 030

Для обробки циліндричних поверхонь на підприємстві застосовувався токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме 16Р20Ф3 з системою ЧПК «WL4».

Пристрій числового програмного керування (ПЧПК) «WL4» -це адаптивна контурна система управління сімейства WL, призначена для управління фрезерними, токарні, свердлильні верстатами, які оснащені регульованими кроковими приводами подач. Ця система призначена для обслуговування зовнішніх пристроїв, введення - виведення, редагування КП та її обробки, розрахунок циклів обробки та видачі керуючих сигналів на технологічне обладнання.

Цей верстат призначений для різних типів токарної обробки заготовок. Головною перевагою є можливість установки різних типів ЧПК - замкнуті, розімкнуті. Для цього в конструкції передбачені контактні роз'єми. Число керованих координат при виконанні формоутворення обмежено двома.

Верстат 16Р20Ф3 призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання в замкнутому напівавтоматичному циклі в умовах серійного та малосерійного виробництва. При потребі систему можна вмонтовувати в гнучкий виробничий модуль (ГВМ) за умови модернізації коробки швидкостей. Клас точності верстата – Н за ГОСТ 8 – 82.

Технічна характеристика верстата:

- а) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом– 200 мм;

- b) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною – 400 мм;
- c) найбільша довжина оброблюваної заготовки - 1000мм;
- d) частота обертання шпинделя- 16...2000хв-1;
- e) число частот обертання шпинделя - 25;
- f) межі робочих подач (поздовжніх та поперечних): 0,01-16 мм/об;
- g) потужність електродвигуна головного привода, кВт – 10;
- h) найбільша допустима сила приводу подач верстата по осям X,Z – 5000 Н
- i) точність позиціонування по осям X, Z – 0,01 мм.
- j) маса з шафою ЧПК, кг: 2800.

Вертикально-фрезерна з ЧПК операція 040

Для обробки пазів на підприємстві застосовувався вертикально-фрезерний верстат 6P12. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме FADAL 2216FX з ЧПК.

Обробний центр FADAL 2216FX призначений для свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різі, фрезерування деталей із сталі, чавуну і кольорових металів в умовах дрібносерійного і середньо серійного виробництва. Оснащений магазином з автоматичною зміною інструмента, дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу: кришок, фланців, панелей і т. д. без попередньої розмітки і застосування кондукторів.

Технічні характеристики верстата FADAL 2216FX:

- Розміри робочої поверхні столу, мм – 800x630;
- Виліт шпинделя, мм – 70;
- Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм – 600;
- Найбільша маса оброблюваного виробу, кг – 300.

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм – 600;
- Поперечне, мм – 500.

Найбільший діаметр:

- свердління в сталі, мм – 20;

- фрезерування, мм – 100;
- Частота обертання шпинделя (безступінчасте через 1), об / хв 1 – 8000.

Подача:

- Шпинделя, мм / хв 1 – 3000;
- Стола, мм / хв 1 – 3000;
- Дискретність відліку координат по осях, мм – 0,001;
- Точність установки координат, мм – 0,001;
- Число Т-подібних пазів – 5;
- Ширина паза, мм – 18;
- Конус шпинделя ISO40;
- Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт – 6,5;
- Габаритні розміри, мм – 2150x1900x2320;
- Маса верстата, кг – 3200.

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

2.1.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

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

Для установки і закріплення деталі «Вал проміжний» на операції 030 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування – центр плаваючий ГОСТ 2576, центр обертовий А-1-5-Н ГОСТ 8742. Центра були обрані, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (диски, фланці з $l/d > 1$).

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;
- Різець прохідний упорний для контурного точіння MCLNR2525K12 з T15K6 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців.
- Різець ризьбовий RF123-05-2525 з T15K6 – для нарізання різі.

При обробці застосовуємо мастильно – охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 – 101197 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в різцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 030 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент, а саме штангенциркулі ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166, ШЦ-І-125-0,05 ГОСТ166, застосування якого обумовлено дрібносерійним типом виробництва, а також шаблон R2,5 та калібр-кільця 8211-0067 ГОСТ 17763. Даними інструментами можна проконтролювати всі розміри.

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,05 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,1 мм (розмір мм), що задовольняє умові.

Операція 040 – вертикально-фрезерна з ЧПК.

Для фрезерування пазів будемо використовувати:

- спеціальний верстатний пристрій, що дозволить реалізувати схему базування (у призмах та по поверхні отвору деталі);
- фреза кінцева Ø5 T15K6 ГОСТ 17026 діаметром 5 мм та довжиною робочої частини 20мм. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав T15K6. Кількість зубів $z = 3$;
- патрон цанговий 6162-4002-04 ГОСТ 25827.

Для вимірювання точності обробки пазів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1, ГОСТ 166-89.

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,1 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,15 мм (розмір мм), що задовольняє умові.

2.1.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання аналітичним способом для операції 030 - токарна чорнова:

Дано: $D = 46$ мм, $d = 42$ мм, $L = 36$ мм, матеріал – 40ХН, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

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

Визначаємо глибину різання (t):

$$z = \frac{D - d}{2} = (46 - 42) / 2 = 2 \text{ мм} - \text{шар металу який необхідно зняти;}$$

$$t = z / 1 = 2 / 1 = 2 \text{ мм} - \text{глибина різання;}$$

Визначаємо подачу (S):

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

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

Усі поправочні коефіцієнти дорівнюють 1, тому до уваги їх не беремо.

Розрахуємо швидкість різання (V):

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (2.2)$$

Вибираємо необхідні дані з [5]

$$C_v = 217 \cdot m = 0,2.$$

$$X = 0,15 \cdot T = 30 \text{ хв.}$$

$$y = 0,15.$$

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

K_{nv} – вплив поверхні на швидкість;

K_{iv} – вплив інструмента на швидкість;

K_{MV} – вплив матеріалу на швидкість.

Приймаємо $K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0.77$, згідно [3, табл.1,2, с. 262]

$K_{iv} = 0,65$ $K_{nv} = 0,9$;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0.77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45.$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 101 (\text{м / хв}).$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{\pi \cdot 46} = 1242 (\text{об/хв}).$$

За паспортними даними верстата приймаємо найближчу частоту 1200 об/хв та перераховуємо швидкість різання.

$$V = \frac{\pi \cdot 46 \cdot 1200}{1000} = 91,6 (\text{м/хв}).$$

Знаходимо силу різання P_z :

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}, \quad (2.4)$$

де $C_{pz} = 300$; $X_{pz} = 1$; $Y_{pz} = 0,75$; $n_{pz} = -0.15$, згідно [5]

$K_{pz} = K_{мпz} \cdot K_{фpz} \cdot K_{Ypz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{гpz}$.

$$K_{мпз} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22; \quad (2.5)$$

де $K_{фрз} = 0,98$; $K_{грз} = 0,93$;

$K_{Ypz} = 1,0$;

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

$K_{pz} = K_{мпз} \cdot K_{фрз} \cdot K_{Ypz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{грз} = 1,22 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,11$.

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 102^0 \cdot 0,776 \approx 270 \text{ (Н)}.$$

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

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{270 \cdot 91,6}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ (кВт)}.$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{\text{ун}} = 11 \cdot 0,85 = 8,9,$$

де $N_{\text{дв}} = 8,9$ кВт – потужність двигуна головного руху з урахуванням ккд;

$\mu = 85\%$ - ккд верстата;

$(4,5 < 8,9)$ – потужності верстата вистачить для обробки.

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_M} i, \quad (2.6)$$

де $L = 36+2+2=40$ мм - довжина обробки з урахуванням врізання (перебігу немає);

$i=1$ – кількість проходів.

Таблиця 2.2 – Параметри режимів обробки на операцію 030

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T_o , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точіння фаски	2	0,6	1200	91,6	1	5	0,01
Точіння Ø16	2	0,6	1200	94,2	5	27	0,25
Точіння Ø20,5	2	0,6	1200	102	4	23	0,21
Точіння Ø30,5	2	0,6	1200	110,9	2	218	0,63
Точіння фаски 2,5x45	2	0,6	1200	131	1	5	0,01
Точіння Ø42	2	0,6	1200	135	2	40	0,08
Точіння фаски	1,5	0,2	1500	11,6	1	5	0,01
Точіння канавки	1	0,2	1500	107,4	1	5	0,03
Точіння фаски 30°	0,2	0,2	1500	119,4	1	7	0,02
Підрізання торця	0,7	0,2	1500	122,1	1	5	0,01
Точіння фаски 15°	0,2	0,2	1500	146,6	2	8	0,01
Підрізання торця	0,7	0,2	1500	148,3	1	4	0,02
Точіння радіуса 2,5	0,5	0,2	1500	62	1	4	0,01
Нарізання різі М16	0,2	2	1000	51	6	30	0,18
Установ Б							
Точіння фаски	2	0,6	1200	91,6	1	5	0,01
Точіння Ø16	2	0,6	1200	94,2	5	27	0,25
Точіння Ø20,5	2	0,6	1200	102	4	23	0,21
Точіння Ø30,5	2	0,6	1200	110,9	2	218	0,63
Точіння фаски 2,5x45	2	0,6	1200	131	1	5	0,01
Точіння фаски	1,5	0,2	1500	11,6	1	5	0,01
Точіння канавки	1	0,2	1500	107,4	1	5	0,03
Точіння фаски 30°	0,2	0,2	1500	119,4	1	7	0,02
Підрізання торця	0,7	0,2	1500	122,1	1	5	0,01
Точіння фаски 15°	0,2	0,2	1500	146,6	2	8	0,01
Підрізання торця	0,7	0,2	1500	148,3	1	4	0,02
Точіння радіуса 2,5	0,5	0,2	1500	62	1	4	0,01
Нарізання різі М16	0,2	2	1000	51	6	30	0,18
Всього							2,8

Основний час визначаємо за формулою 6.5:

$$T_o = \frac{40 \cdot 1}{1200 \cdot 0,6} = 0,08 \text{ (хв)}.$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 2.2.

Операція 040 вертикально-фрезерна з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для фрезерування пазів 5 мм.

Дано:

Геометричні параметри фрези:

- головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$;
- число зубів фрези $z=3$;
- матеріал фрези - твердий сплав T15K6;
- діаметр фрези $d=5\text{мм}$;
- Глибина різання $t = 5\text{мм}$.
- Ширина фрезерування $B=1\text{мм}$.

Подача при фрезеруванні:

$S_z = 0,02$ мм/зуб - таблична подача на зуб при чорновій стадії обробки, що залежить від групи матеріалу, діаметра фрези і глибини різання [5];

Оборотна подача:

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (2.7)$$

$$S_o = 0,02 \cdot 3 = 0,06 \text{ (мм/об)}.$$

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (2.8)$$

де $C_v = 108$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$q = 0,2$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$y = 0,3$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$x = 0,06$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u = 0,3$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$p = 0,1$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$m = 0,27$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$T = 90$ хв – період стійкості фрези при обробці сталі 40ХН [5];

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}, \quad (2.9)$$

де K_{MV} – поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал [5];

$K_{IV} = 1$ – поправочний коефіцієнт на інструментальний матеріал [5];

$K_{IIV} = 1$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки [5].

Коефіцієнт K_{MV} визначаємо за формулою:

де $n_v = 1,0$ - показник ступеня, що враховує групу стали по оброблюваності (для фрезерування) [5];

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{520} \right)^{1,0} = 1,16.$$

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт K_V по формулі 2.9:

$$K_V = 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16.$$

Визначаємо швидкість різання V по формулі 2.2:

$$V = \frac{108 \cdot 5^{0,2}}{90^{0,27} \cdot 5^{0,06} \cdot 0,05^{0,3} \cdot 1^{0,3} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,16 = 92,64 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя для забезпечення допустимої швидкості різання по формулі 2.4:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92,64}{\pi \cdot 5} \approx 6103 \text{ (об/хв)}. \quad (2.10)$$

Подачу $S=0,06$ мм/об і частоту обертання шпинделя $n=6103$ об/хв не округляємо до паспортних даних, так як даний верстат має безступінчасте регулювання частот обертання і подач.

Визначити силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (2.11)$$

де $K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = 0,792$ - коефіцієнт, що враховує вплив якості

оброблюваного матеріалу на силові залежності [5];

$C_p=82$ - коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$q=0,86$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$y=0,6$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$x=0,75$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$u=1$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

$w=0,1$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [5];

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Визначити силу різання по формулі 2.5:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 5^{0,75} \cdot 0,02^{0,6} \cdot 1^1 \cdot 3}{5^{0,86} \cdot 6103^{0,1}} \cdot 0,792 = 15,7 \text{ (Н)}.$$

Найбільша сила подачі столу верстата 4000 Н, отже сили виникають при обробці привід подач витримає.

Потужність різання при фрезеруванні:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{15,7 \cdot 62,64}{1020 \cdot 60} = 0,31 \text{ (кВт)}. \quad (2.12)$$

Потужність різання при фрезеруванні не перевищує потужності верстата $N = 0,21 < N_{CT} \cdot \eta = 6,5 \cdot 0,9 = 5,75 \text{ кВт}$, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час T_0 по формулі 2.6:

$$T_o = \frac{35 \cdot 3}{6103 \cdot 0,06} = 0,71(\text{хв}).$$

Таблиця 2.3 – Параметри режимів обробки вертикально-фрезерної з ЧПК операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T_o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Фрезерування пазу 5	5	0,06	6103	92,64	3	35	0,71	Аналітичний
Фрезерування пазу 5	5	0,06	6103	92,64	3	35	0,71	Аналітичний
Всього							1,42	

2.1.6 Технічне нормування операцій

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

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

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

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

Визначаємо допоміжний час, для операції 030, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.13)$$

де $T_{уст} = 0,5$ хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 0,4$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 1,7$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 0,5 \cdot 2 + 0,4 + 1,7 = 3,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (2.14)$$

$$T_{оп} = 2,8 + 3,1 = 5,9 \text{ (хв).}$$

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

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 5,9 \cdot 0,04 = 0,4 \text{ (хв).}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в}. \quad (2.15)$$

$$T_{шт} = 5,9 + 0,4 = 6,3 \text{ (хв).}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/N, \quad (2.16)$$

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

$N = 190$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 6,3 + 35/190 = 6,47 \text{ (хв).}$$

Визначаємо допоміжний час, для операції 040, за формулою 2.13:

де $T_{уст} = 1,2$ хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 1,1$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 0,5$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_{д} = 1,2 + 1,1 + 0,5 = 2,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою 2.14:

$$T_{\text{оп}} = 1,42 + 2,8 = 4,22 \text{ (хв.)}$$

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

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 4,22 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо штучний час за формулою 2.15:

$$T_{\text{шт}} = 4,22 + 0,16 = 4,38 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою 2.16:

$$T_{\text{шт-к}} = 4,38 + 30/190 = 5,05 \text{ (хв.)}$$

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

$N = 190 \text{ шт.}$ - кількість деталей у партії.

2.2 Проектування верстатного пристрою

Проектування верстатного пристрою на фрезерну з ЧПК операцію.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в призмах з ручним зажимом прихватами. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональну систему нерозбірних спеціальних пристосувань (СНП) [8].

Уточнення мети технологічної операції. Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Дана операція комплексна на верстаті з ЧПК моделі FADAL 2216FX.

На даній операції повинні формуватися такі розміри: 2 наскрізних пази шириною 5 мм, що характеризуються розміром 13 мм.

Пази 5 мм є вільними розміром, а значить відповідно до технічних вимог на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності [10].

$T_5 = 300$ мкм; $T_{13} = 430$ мкм.

Точність лінійного розміру – довжини (25 мм) аналізувати недоцільно, тому що паз наскрізний.

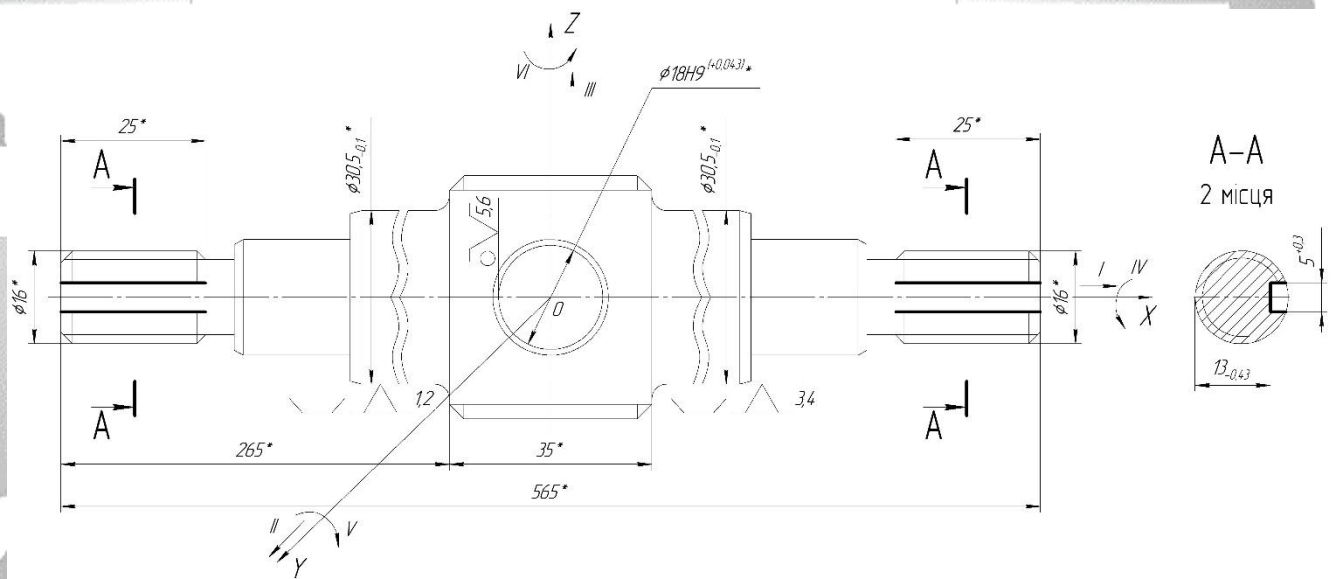


Рисунок 2.6 – Схема базування заготовки на фрезерній з ЧПК операції

3

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Відхилення від площинності стінок паза приймаємо в межах допуску на розмір 5, і він становить 60% від поля допуску

$T = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18$ згідно [10] допуск дорівнює 0,16 мм.

По таблиці 5.6 [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 14 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по ГОСТ 24643 [10]. Табличне значення дорівнює 0,16 мм.

Точність розташування оброблених поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 5 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,18 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,16 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,16 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Відхилення від нахилу осі паза щодо осі симетрії приймаємо в межах допуску на розмір 5 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,16 мм.

Допуск симетричності становить $T = 0,09$ мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що допуск симетричності дорівнює 0,06 мм, що відповідає 5 ступені точності.

Шорсткість оброблених поверхонь.

Шорсткість оброблених поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 6,3 мкм за критерієм Ra.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з остаточно обробленими базовими поверхнями. Маса заготовки - 3 кг.

Матеріал - сталь 40ХН ГОСТ 4543. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготівля в пристосуванні.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Конструкція пристрою буде припускати базування заготовки по зовнішнім циліндричним поверхням $\varnothing 30,5-0,1$ та по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 18H9+0,043$.

Згідно креслення отвір $\varnothing 18$ обробляється по IT9.

Відхилення на розмір $\varnothing 30,5$ згідно ГОСТ 25347 вибрано вірно. Допуск на неї становить $T_{30,5} = 100\text{мкм}$.

Циліндрична поверхня $\varnothing 18\text{H}9 + 0,043$ Відхилення на розмір згідно ГОСТ 25347 вибрано вірно і становить $+ 0,043\text{мм}$. Значить допуск на неї становить $T_{18} = 43\text{ мкм}$.

Дані поверхні виступають в якості подвійний направляючої бази та подвійної опорної баз.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь $\varnothing 30,5_{-0,1}$ і $\varnothing 18\text{H}9^{+0,043}$ характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 30,5_{-0,1}$ становить $0,03\text{ мм}$, а $\varnothing 18\text{H}9^{+0,043} = 0,014\text{мм}$. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 30,5_{-0,1} =$ становить $T = 0,03\text{ мм}$, що відповідає 6 ступеню точності [10].

Для $\varnothing 18\text{H}9^{+0,043}$ становить $T = 0,012\text{ мм}$, що відповідає 8 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними $0,6$ допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру $\varnothing 30,5_{-0,1}$ становить $0,06\text{ мм}$, а $\varnothing 18\text{H}9^{+0,043} = 0,028\text{мм}$. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру $\varnothing 30,5_{-0,1} =$ становить $T = 0,05\text{ мм}$, що відповідає 7 ступеню точності [10].

Для $\varnothing 18\text{H}9^{+0,043}$ становить $T = 0,02\text{ мм}$, що відповідає 6 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на маршрутному кресленні для усіх базових поверхонь відповідає за критерієм $R_a 1,6\text{ мкм}$, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектований пристрій.

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах $\pm 10\text{ мм}$ розмірів з вказаними параметрами

точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Річна програма випуску визначена в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на фрезерному верстаті FADAL 2216FX з системою ЧПК. Паспортні дані верстата наведені у розділі 2.4.

Обробка на даній операції здійснюється кінцевою фрезою $\varnothing 5$ мм. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1. Базування заготовки;

2. Закріплення заготовки;

3. Базування пристосування на верстаті;

4. Закріплення пристосування на верстаті;

5. Підведення і відведення енергоносія;

6. Освіта вихідної сили для закріплення;

7. Управління енергоносієм;

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус);

9. Обробка поверхонь згідно ескізу;

10. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 2.2.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як закріплення за іншими схемами неможливе з конструктивних точок зору.

Базування в призмах і за циліндричним отвором.

Дана схема передбачає подвійну-напрямну та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена шести ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 2.7.

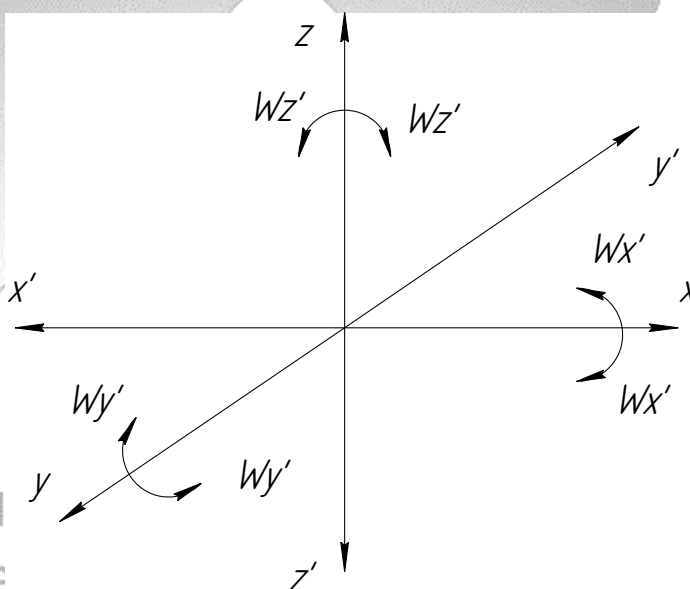


Рисунок 2.7 – Система координат

Таблиця 2.4 – Таблиця односторонніх зв'язків

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	R	R

З таблиці 7.1 видно, що на заготовку накладено 11 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

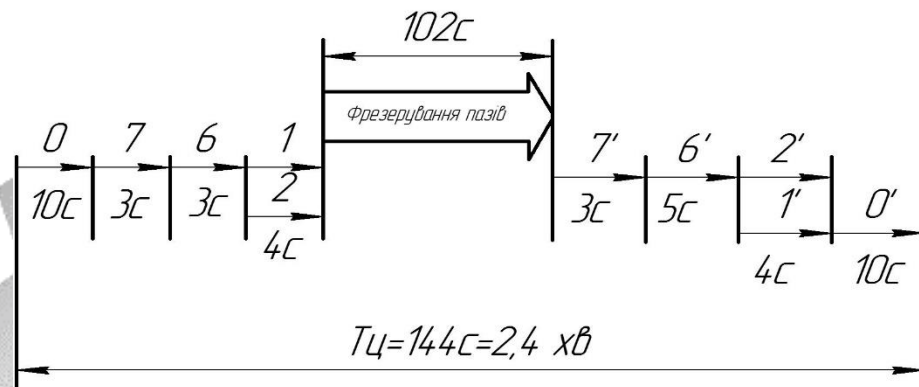


Рисунок 2.8 – Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 2.8).

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проектного пристосування представлена на рис. 2.9.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій - верстат.

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створених затискним механізмом.

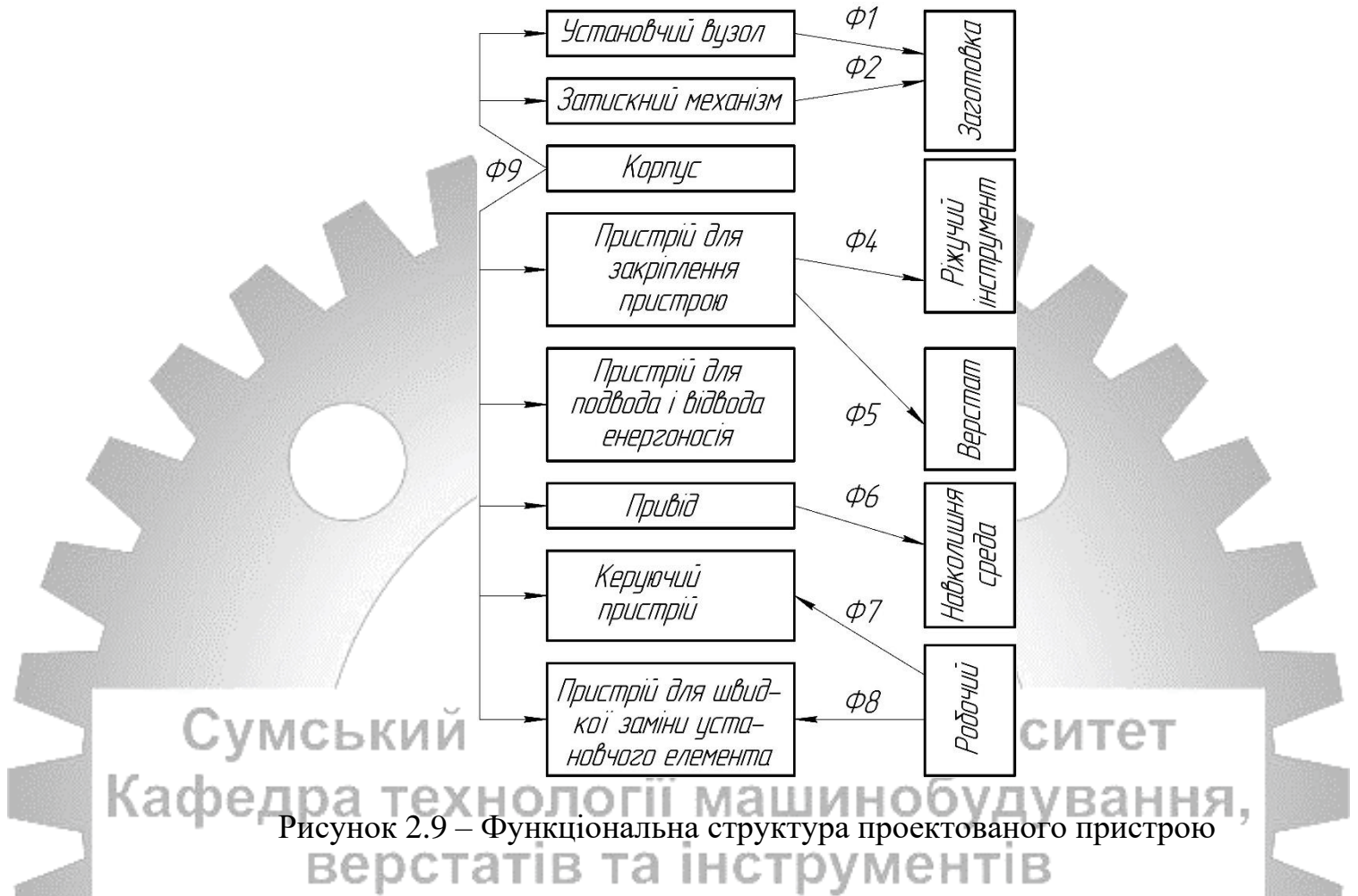


Рисунок 2.9 – Функціональна структура проектуваного пристрою верстатів та інструментів

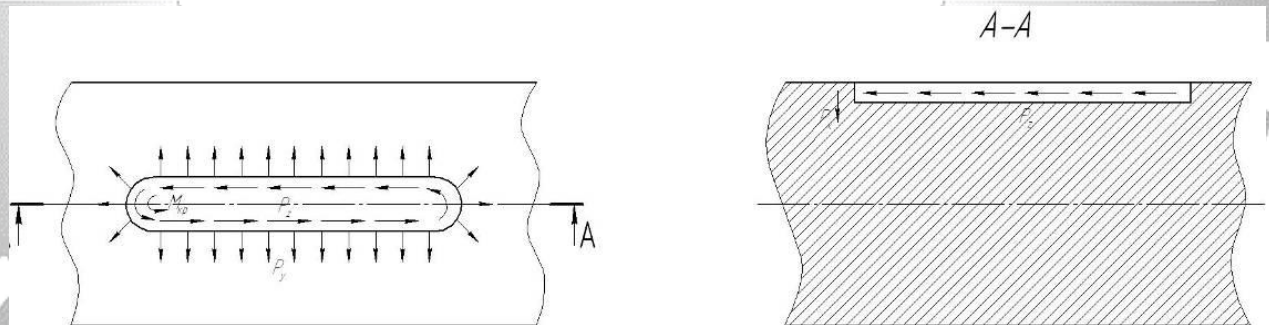


Рисунок 2.10 – Структура поля збурюючих сил

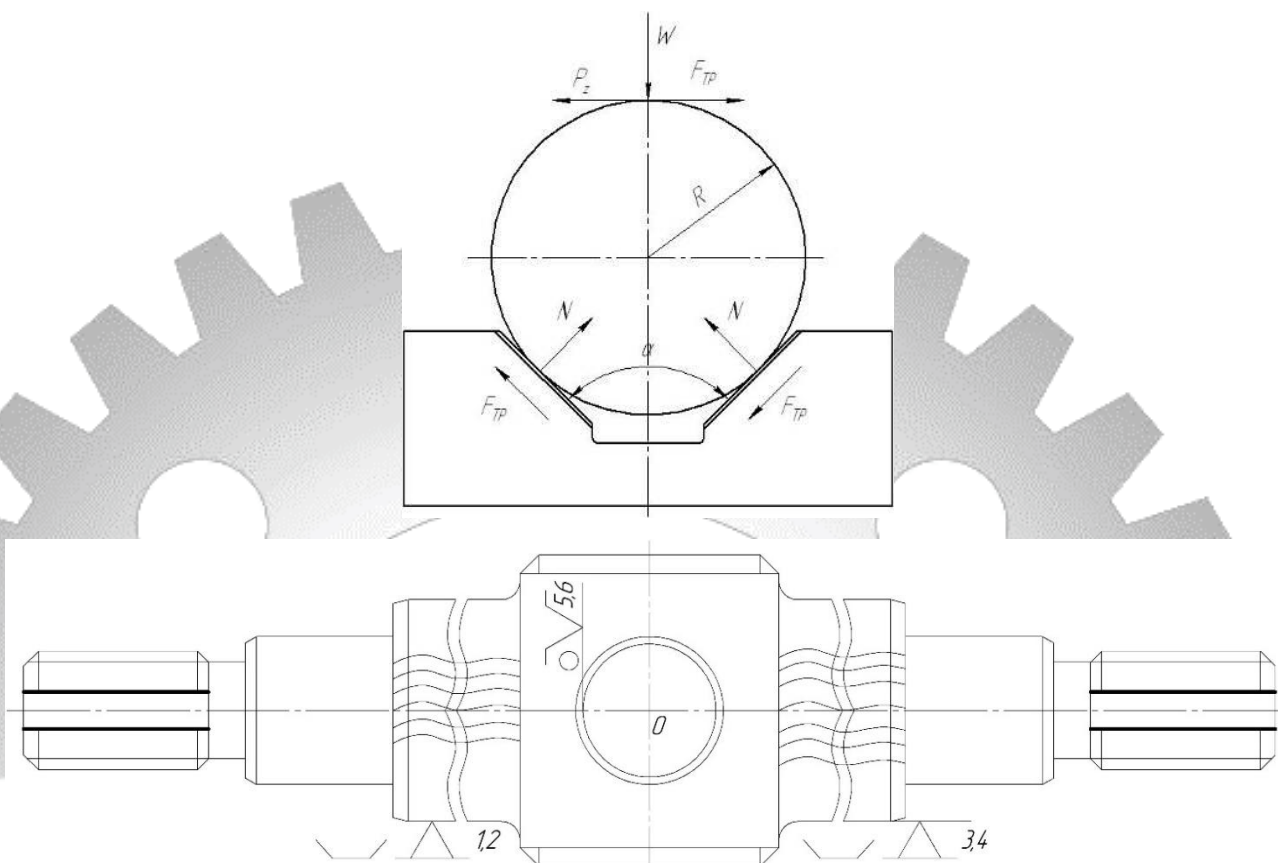


Рисунок 2.11 – Структура поля зрівноважувальних сил

Силві потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

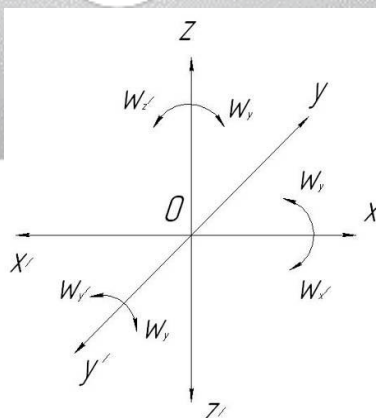


Рисунок 2.12 – Система координат

Таблиця 2.5 – Сили закріплення

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб Реаліза- ції	Реакція	-	-	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	-	-	-	W	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	F(W)	F(W)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.17)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу. $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

k_2 - коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,7$);

k_3 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

k_4 - коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ($k_4 = 1,2$);

k_5 - коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

k_6 - коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою 2.17:

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

Режими різання розраховані у пункті 2.5, сила різання складає 15,7 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{P_x^2 + P_x^2 + P_x^2}. \quad (2.18)$$

Коефіцієнт тертя згідно [2, стор. 85] : $f = 0,16$.

$$W = \frac{3,366}{0,16} \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot \sqrt{8^2 + 12,8^2 + 15,7^2} = 326H$$

Згідно силі закріплення 326 Н, визначимо силу, що виникає на валу пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{326}{1,5} = 217 (H).$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на шийки деталі.

Іншим способом силу на валу пневмоциліндра визначимо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тоді площа поршня дорівнюватиме: $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$

де, D - діаметр поршня;

$Q = 217H$ – сила на валу;

$P = 0,4$ МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$ - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 217}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,082m = 82 (мм).$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:
 $D=100$ мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на валу і сили закріплення.

Сила, що виникає на валу:

$$Q = \frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8 = 265 \text{ (Н)}.$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 265 = 397 \text{ (Н)}.$$

Розрахунок на міцність. Розраховуємо на міцність різьблення вала. По конструктивних міркувань і попередньої компоновки пристосування приймемо різьбу на валу М12х1,75-6g. Сила на валу $W = 265$ Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (2.19)$$

де d_n – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

$$d_B = 12 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 10,2065 \text{ (мм)}.$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi d_B^2}{4}, \quad (2.20)$$

де d_B – внутрішній діаметр різі;

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 10,2065^2}{4} = 60,22 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_p] = 0,5 \cdot \sigma_T, \quad (2.21)$$

Тобто $[\sigma_p] = 0,5 \cdot 300 = 150$ МПа.

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\min \text{рез}}} \leq [\sigma_p], \quad (2.22)$$

$\sigma_p = \frac{265}{60,22} = 4,41 < 150$ МПа – отже міцність вала забезпечується, так як міцність

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

Обґрунтування вибору приводу.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні: в лещатах з ручним приводом. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точнісних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональною систему нерозбірних спеціальних пристроїв (НСП) [1, с.205].

Точнісні розрахунки пристрою.

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

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків об-робляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жорстким допуском на кресленні є $13_{-0,43}$ мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні $\varnothing 30,5_{-0,1}$ тобто можна говорити про те що технологічна та вимірвальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [9, с 26]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\phi})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (2.23)$$

де T - допуск розміру $T_{13} = 0,43 \text{ мм} = 430 \text{ мкм}$;

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

K_{T1} - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку $K_{T1} = 0,85$;

ε_{ϕ} - похибка базування заготовки, $\varepsilon_{\phi} = 0,02 \text{ мм} = 20 \text{ мкм}$ (визначена раніше);

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

ε_y - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці 18H9 / h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках;

ε_n - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезою, що не має перекосу. Тобто похибка перекосу $= 0$;

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

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n, \quad (2.24)$$

де $\beta_1 = 0,001$ - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [9];

N - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 500 шт. Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому:

$$N = N_r \cdot n = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ (штук)}.$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 1000^2 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ (мкм)}.$$

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [9, с 42] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [9, с.42] при фрезеруванні пазів середня економічна точність - 10 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 10-му квалітету тобто $w = 50$ мкм;

$\varepsilon_{\text{поз}}$ - Похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата FADAL 2216FX, на якому буде проводиться обробка = 5 мкм.

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

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 430 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 20)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 200^2 + (0,6 \cdot 50)^2 + 5^2} = 430 - 203 = 227 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643 приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування $T=200$ мкм;


Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,2 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій змонтований пневмоциліндр і призми.

Подача стисненого повітря в нижні і верхні порожнини циліндра відбувається через триходовий розподільний кран.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через вал створює тиск на прихват який закріплює деталь при обробці паза. При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикачання триходового крана. подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря - засобом перемикачання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки за допомогою пружини (камера односторонньої дії).



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

ВИСНОВОК

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. Розрахована похибка базування на аналізовані операції.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання пожежної профілактики при проектуванні та будівництві промислових підприємств та класифікація приміщень за ступенем пожежної небезпеки і вибухо-пожежо небезпеки.

Також виконано комплект технологічної документації, маршрутний технологічний процес на обрані операції, розроблено верстатне пристосування на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію, що має пневматичний привід. До операції 030 токарна з ЧПК розроблена карта операційного налагодження.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Розділ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Балансування тіл обертання, види балансування та види незрівноваженості валів

Балансуються вироби типу валів, ротора різного виду та призначення, шківів довільної номенклатури, вали компресорів, карданні вали автомобілів та безліч інших тіл обертання та деталей. Всі існуючі вібрації, які час від часу виникають при незрівноваженості цих деталей, можуть призвести до підвищення зносу опорних ланок та взагалі всіх ланок нашого виробу, призводять вібрації і до збільшення навантажень які, звісно скорочують термін і ресурсу роботи обладнання, або ж послаблюють різьбові з'єднання.

Внаслідок таких відхилень, як неточність розмірів, неоднорідність матеріалу а отже й неоднорідність маси деталі в співвідношенні до вісі обертання, нерівномірного розподілу механічних спрацювань деталі, порушення допустимих норм співвісності деталі та ін. Виникає деяка величина незрівноваженості розбалансуючих сил. Існують дві незрівноваженості: статична незрівноваженість і динамічна незрівноваженість. Задля їх усунення виконується такий процес, як балансування деталі. Спираючись на те, що існує 2-ва типи незрівноваженості розрізняють стільки ж видів балансування: статичне балансування і динамічне балансування (рисунок 3.1, а, б) відповідно.

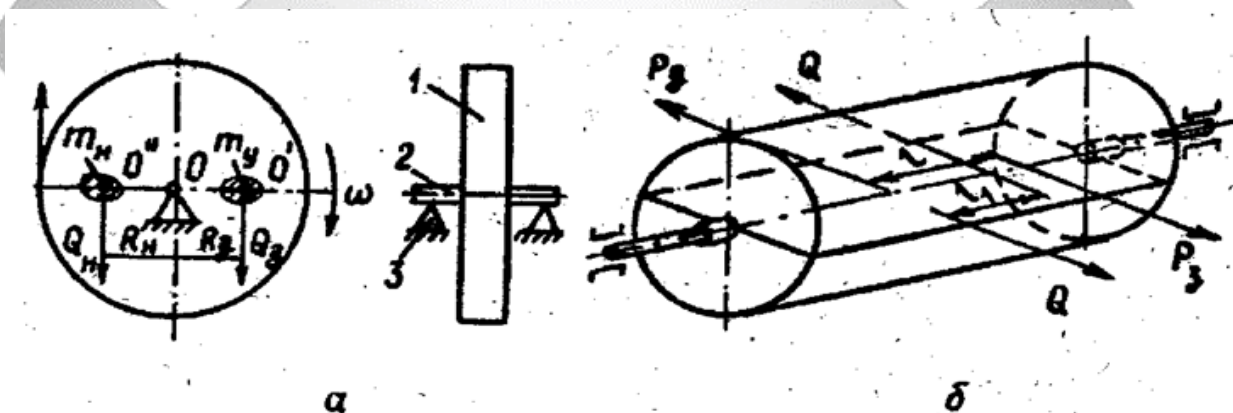


Рисунок 3.1 – Види балансування деталі

При статичному балансуванні деталь встановлюють в призми або ж в ролики з не з значним тертям в опорах, (рис. 3.1, а) і наша деталь самовстановлюється неврівноваженою масою до низу, тобто ця маса намагається зайняти крайнє нижнє своє положення. В випадку, коли в деякій деталі чи вузлі центр мас не лежить на вісі обертання деталі, виникає деяка неврівноваженість, що є статичною, звідси умова про балансування статичнє звучить так: Центр маси будь якої деталі чи виробу повинен лежати на вісі обертання цього ж виробу чи деталі.

Знайдену неврівноваженість зачасту врівноважують шляхом видалення шару матеріалу (додаванням деяких елементів, висвердлюванням або обпилюванням, пересуванням спеціальних грузів, загвинчуванням чи розгвинчуванням штифтів, при проведенні балансування абразивних дисків, шліфувальних кругів на шліфувальних верстатах і автомобільних коліс).

Статична неврівноваженість ніяк не може бути залежна від розміру довжини, а на неї має вплив лише діаметр, це свідчить про те, що статично балансують лише деталі, які за геометрією виділяються великим діаметром і малою довжиною (відносно), такі як: барабани конвеєра, втулки, шківни та ін.

В тому випадку, як вісь обертання деталі чи вузла не співпадає з головною віссю інерції деталі чи вузла виникає динамічна неврівноваженість. Вектори маси, що розбалансовує вал зачасту розміщені в декількох незалежних перерізах або різних перерізах, які перпендикулярні вісі обертання, а вісь виробу містить центр мас, тоді в процесі обертання може виникати розбіжність крутних моментів, які в свою чергу можна виявити та скорегувати тільки при динамічному балансуванні. (рисунок 3.1, б). Динамічне балансування не рідко виконують за допомогою спеціалізованих верстатів чи стендів, які ще називають балансувальними машинами (рисунок 3.2).

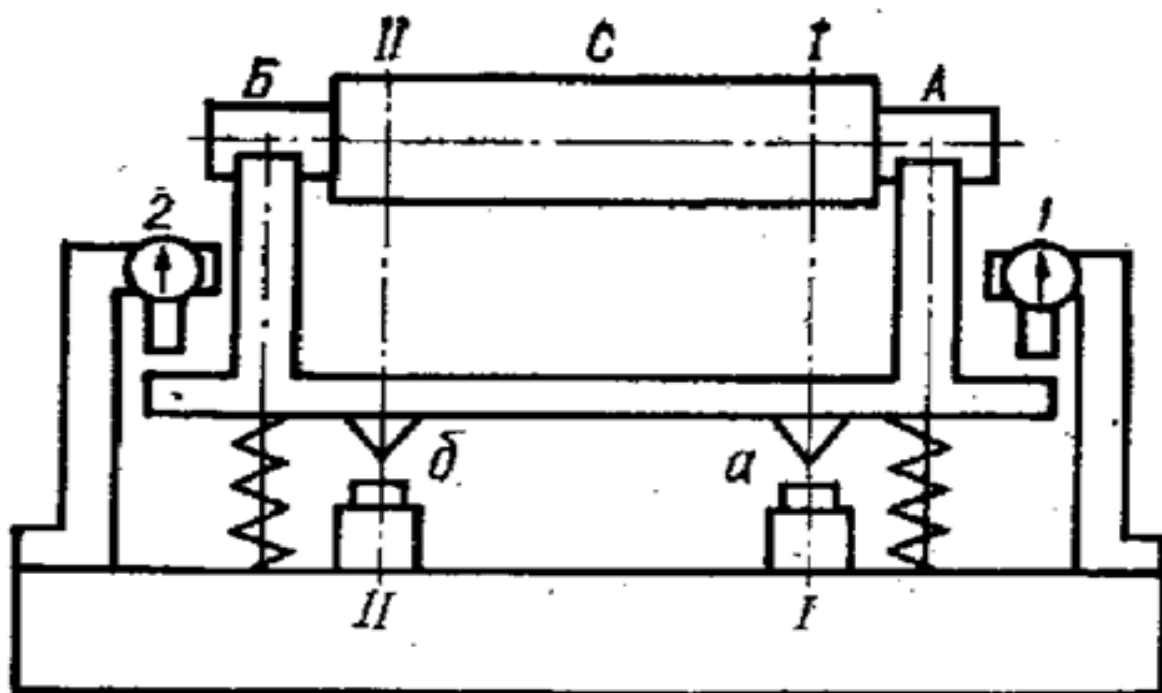


Рисунок 3.2 - Схема стэнда для динамічного балансування деталі з приводом

Кафедра технології машинобудування,
БМ-У5, КИ-4334 та ін.
верстатів та інструментів

Динамічно баланшуються деталі, що можуть відрізнятися за геометрією, а саме великою довжиною і незначним діаметром, це такі деталі, як ротора, вали, штоки та ін. Розбалансованість не рідко компенсують методом висвердлюванням деякої частини металу в тих місцях, які обернені місцям дисбалансу в процесі балансування колінчастих валів, змінюючи масу гайок баланшують молотильні барабани, висвердлюють частину металу в поверхні деталі, яка є не робочою для балансування валів і роторів, висвердлюють частину металу в поверхні маховика яка є неробочою для балансування колінчастого вала в зборі з маховиком та ін.

Балансування являє собою процес перевірки розподілу мас вала і, при необхідності, зміни цього розподілу таким чином, щоб задовольнити потребам до допустимого дисбалансу. Причинами дисбалансу можуть бути неоднорідність матеріалу вала, похибки виготовлення і збірки, знос вузлів, осідання на валі забруднюючих частинок, зміна стану валу під час роботи машини та ін. Важливо розуміти, що будь-кому, навіть серійно виробленому валу притаманний особистий розподіл мас, тобто власний дисбаланс.

Нові вали перед установкою в машину зазвичай піддають балансуванню на балансувальному верстаті виробника машини. Вал після ремонту також може бути попередньо урівноважений на балансувальне верстаті, а в разі відсутності необхідного обладнання - на місці установки. В останньому випадку вал встановлюють у власні підшипники і з'єднують з приводом машини.

При обертанні неврівноваженого вала на балансувальному верстаті або на місці установки виникає відцентрова сила, яка, в свою чергу, викликає динамічну реакцію опор вала. За результатами вимірювань за допомогою датчиків сили, встановлених на корпусах підшипників, або з допомогою датчиків вібрації, встановлених для вимірювань коливань опори або вала ротора, розраховують маси ротора, які необхідно додати, видалити або перемістити в процесі балансування. Залежно від завдань балансування її здійснюють в одній, двох або більше площинах корекції.

Метою балансування ротора є зниження дисбалансу вала, залишкове значення якого при будь-якій частоті обертання, аж до максимальної, не повинно викликати перевищення допустимих рівнів вібрації машин і динамічного прогину вала.

У багатьох випадках споживач оцінює якість вала за результатами балансування, тобто до установки його в машину, тому що після цього доступ до нього утруднений. Цю попередню оцінку якості балансування проводять на балансувальному обладнанні за рівнем вібрації і динамічними реакціями опор на частоті обертання. Остаточну оцінку проводять на місці експлуатації машини в робочому діапазоні частот обертання, використовуючи переносні прилади BALTECH серії VibroPoint або Протон (наприклад, BALTECH VP-3470 або Протон-Баланс-II) та ін.

В залежності від взаємного положення розташування осі ротора z' і його головної центральної осі інерції z розрізняють декілька видів неврівноваженості валів, які наведені в таблиці 8.1, в якій φ_1 і φ_2 відповідають величинам кутів між векторами еквівалентних сил неврівноваженості F_1 і F_2 і деякої початкової віссю, яка в даному випадку поєднана з вектором F_1 . Коли має місце статична неврівноваженість, осі z і z' паралельні відносно одна одній. Неврівноваженість такого типу повністю визначається саме головним вектором дисбалансів D або ексцентриситетом $e_{ст}$. Коли має місце моментна неврівноваженість, видно що вісь

валу і головна центральна вісь інерції цього ж валу перетинаються в центрі мас. Визначається моментна нерівноваженість, повністю головним моментом дисбалансів ротора M_D чи його моментами інерції (відцентровими). Під час динамічної нерівноваженості, яка проявляється при комбінуванні з статичної та моментної нерівноваженості, вісь ротора та його головна центральна вісь інерції перетинаються поза центром мас валу або перехрещуються. Динамічна нерівноваженість повністю визначається головними вектором та моментом дисбалансів.

Дисбаланс валу може бути описаний сукупністю нескінченного числа векторів дисбалансів, розподілених уздовж осі валу. Якщо вал представити у вигляді моделі зі зосередженими параметрами, то дисбаланс можна представити у вигляді кінцевого числа векторів дисбалансів з різними значеннями і фазовими кутами (кутами дисбалансу), як показано на малюнку 3.3.

Ідеально врівноважений вал може бути отриманий компенсацією всіх векторів дисбалансів в площині, де вони розташовані. На практиці виміряти дисбаланси, що відповідають окремим частинам ротора, неможливо. Крім того, в цьому, як правило, немає необхідності. Інформація про розподіл дисбалансів, необхідна для балансування валу, визначає метод балансування.

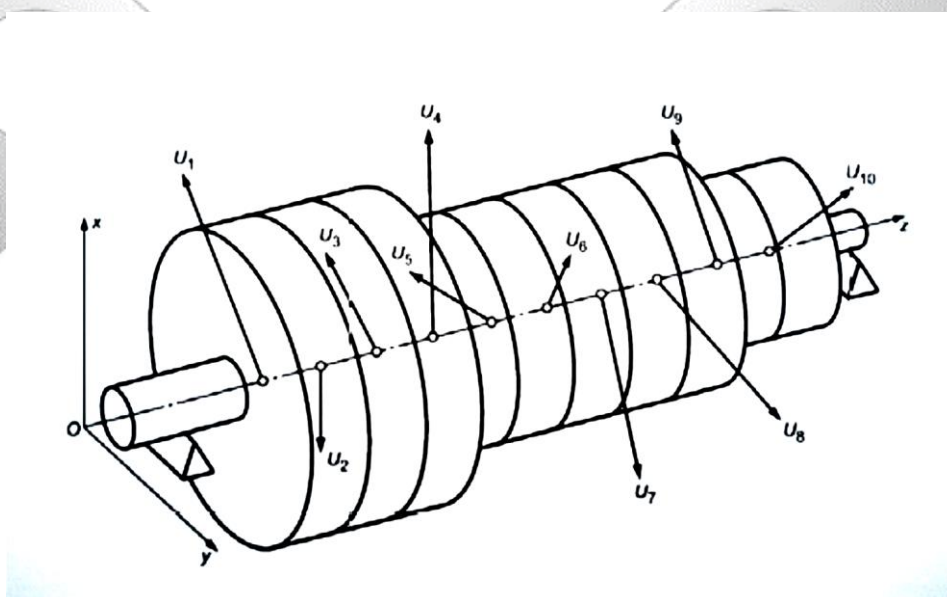
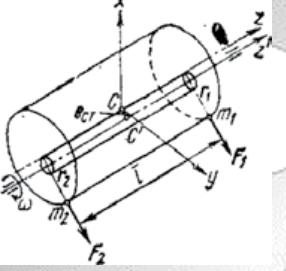
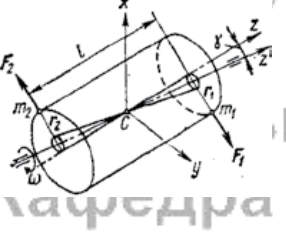
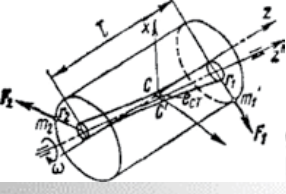


Рисунок 3.3 – Розподіл локальних дисбалансів валу, моделюемого десяти розміщеними вздовж осі валу масами, площини обертання яких перпендикулярні

Таблиця 3.1 – Параметри еквівалентних систем сил для незрівноваженості

Схема вала з незрівноваженими масами та поверхні описуємі в просторі головною, центральною віссю інерції ротора	Параметри еквівалентної системи сил	Формули для визначення головного вектору та головного моменту еквівалентної системи сил
	<p>Статична незрівноваженість</p> <p>$\lambda = F_1/F_2 = 1;$ $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$</p>	$\Sigma F_i = 2m_1 r_1 \omega^2 = m_p e_{ст} \omega^2 \neq 0;$ $\Sigma M_i = 0$
	<p>Моментна незрівноваженість</p> <p>$\lambda = -1;$ $\varphi_1 = 0;$ $\varphi_2 = 0.$</p>	$\Sigma F_i = m_p e_{ст} \omega^2 = 0;$ $\Sigma M_i = 2m_1 r_1 l \omega^2 = J_{xz} \neq 0$
	<p>Динамічна незрівноваженість</p> <p>$\lambda \neq 1; \varphi_1 = \varphi_2 = 0$ или $\lambda = 1;$ $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ либо $\varphi_2 = \pi$ или $\lambda \neq 1;$ $\varphi_1 = 0; \quad \varphi_2 = \alpha;$ $\alpha \neq 0 \neq \pi$</p>	

3.2 Методи динамічного балансування валів на місці, без фазових переміщень, їх особливості

Буде потрібно більше, ніж при традиційній балансуванні, кількість пусків і, як наслідок, необхідність більшої кількості часу на виконання процесу балансування. Особливо якщо балансувальних площин не одна, а кілька або, що зустрічається досить часто, накладаються тимчасові обмеження на повторні пуски агрегату. Наступною перешкодою є те, що часто при використанні деяких методів безфазного балансування, існує два правильних рішення. Вибираючи єдине правильне, доведеться покладатися на інтуїцію і здоровий глузд. Наявність двох правильних рішень пояснюється просто - завдання описується системою лінійних рівнянь, яка зводиться до квадратного рівняння і, відповідно, має два математично правильних рішення. Ще одна неодмінна умова: при використанні амплітудних методів, необхідність того, щоб при пусках з одним і тим же вантажем, рівні вібрації повинні бути більше, ніж в початковому стані, і менше, ніж в початковому стані. Якщо цього не відбувається - значить пуски потрібно повторити з іншим місцем установки пробного вантажу.

Характерні умови як для безфазного балансування, так і для традиційного амплітудно-фазового балансування, дотримання яких дозволить забезпечити успішне виконання робіт:

- Частотний діапазон віброметра повинен захоплювати частоту обертання балансируемого ротора;
- Віброметр повинен вимірювати хоча б два параметри - вібропереміщення, віброшвидкість або віброприскорення;
- Рівень вібрації на частоті обертання не повинен переважати в робочому діапазоні частоти віброметра;
- Коливальна система (агрегат) повинна бути лінійна щодо впливу на неї пробних (Корегувальних) мас, що встановлюються в площинах корекції;
- У процесі балансування має бути виконано не менше двох пусків з пробною масою;

- При пусках з пробними масами рівні вібрації повинні змінюватися щодо початкового рівня вібрації;
- Можлива ситуація, коли завдання має два правильних рішення;
- Балансування виконується для однієї площини корекції, з однією точкою контролю. при необхідності більшої кількості площин корекції, ними займаються по черзі;

Припущення про лінійність коливальної системи на вплив вантажу:

1. Якщо міняти масу пробного вантажу $M_{пр}$, залишаючи незмінним її кутове положення, то реакція коливальної системи на ці коливання (вектор C) буде змінюватися пропорційно зміні $M_{пр}$, не змінюючи свого кутового положення. Вектори C_1, C_2, C_3 відповідають установці в одне і теж кутовий положення мас M_1, M_2, M_3 , при цьому $M_1 < M_2 < M_3$.

Сумський державний університет
Кафедра т
вер

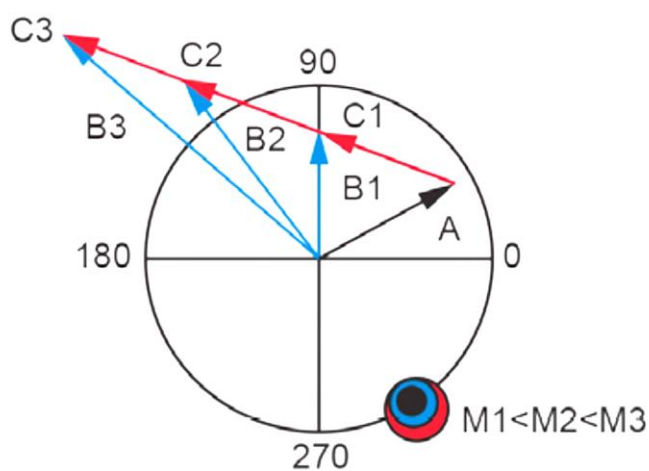


Рисунок 3.4 – Схема зміни маси вантажу, та реакції системи на цю зміну

2. Якщо маса вантажу $M_{пр}$ залишається незмінною, але змінюється її кутове положення, то реакція на ці зміни (вектор C) буде аналогічною, вектор C залишатиметься незмінним за величиною і буде обертатися навколо свого початку на той же кут і в тому ж напрямку, як і $M_{пр}$.

3.2.1 Метод безфазного балансування: Обіг пробним вантажем

Площина, в якій необхідно провести балансування, ділять на рівні частини. Вимірюють початкову величину вібрації, наприклад вібропереміщення S_0 (мкм). Підбирають пробний вантаж. У кожній точці на певному радіусі R встановлюють пробний вантаж $M_{пр}$, а машину доводять до робочої швидкості обертання і заміряють амплітуду вібрації (припустимо, вібропереміщення). Потім вантаж знімають і перевішують на наступну точку. Всі данні записуються.



Рисунок 3.5 – Схема встановлення вантажу при балансуванні методом обігу пробним вантажем

Далі будують графік (в зручному масштабі) де S - вісь вібропереміщення. Якщо при побудові вийшла крива схожа на синусоїду - пробний вантаж обраний вірно і не має дефектів, які перешкоджають проведенню балансування. Врівноважуючий вантаж визначається по формулою:

$$M_y = M_{пр} \cdot \frac{S_0}{(S_0 - S_{min})}, \quad 3.1$$

де S_0 – вібропереміщення без пробного вантажу;

S_{min} – мінімальне значення вібропереміщення, отримане при переміщенні пробного вантажу.

Врівноважує вантаж встановлюють в положення пробного вантажу при якому буде мінімальним вібропереміщення (за наведеним рис 3.6 - точка 4).

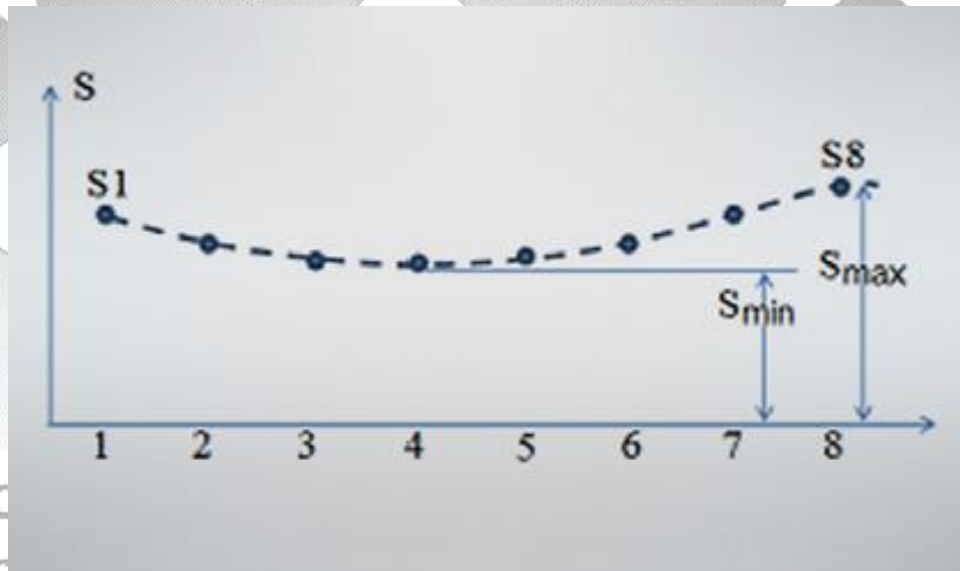


Рисунок 3.6 – Графік вібропереміщень з пробним вантажем

3.2.2 Метод безфазного балансування: Метод послідовних наближень

Плоскість, в якій необхідно провести балансування, розмічається через 90 градусів. Отримуємо чотири точки для установки пробного вантажу. У кожній точці на певному радіусі R по черзі встановлюються однакові пробні вантажі M_p . Рівні вібрації, отримані при установці пробної маси M_p в даній точці (заміряні на підшипнику агрегату), відображені біля даної точки. Ви бачите, що сектор, де вібрація буде мінімальною, наприклад, знаходиться між точками 3 і 4. Встановлюємо пробний вантаж в середину даного сектора і знову знаходимо сектор з мінімальними рівнями вібрації. Дана операція повторюється до тих пір, поки що не знайдена точка установки врівноважуючого вантажу. Маса вантажу підбирають дослідним шляхом. Даний метод застосовуються на практиці досить рідко через велику трудоемність.

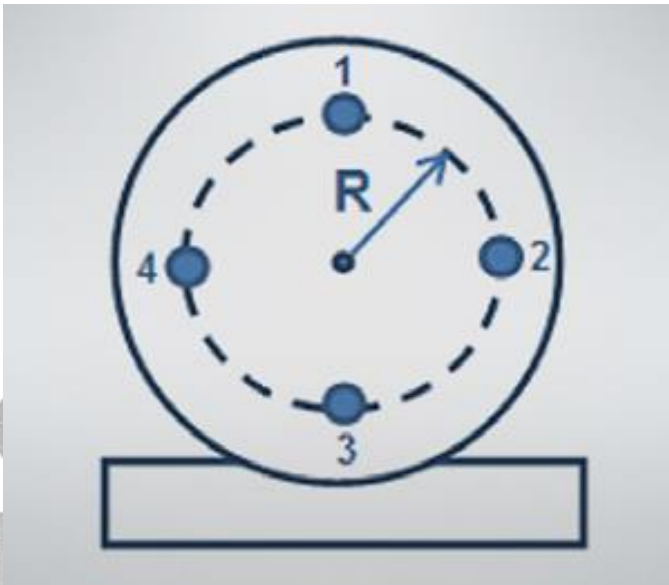


Рисунок 3.7 – Схема розміщення пробного вантажу при методі послідовних наближень

3.2.3 Метод безфазного балансування: Метод амплітуд

Наведений «метод амплітуди» досить популярний, точний і дешевий. Додатково буде необхідний циркуль і лінійка для графічних побудов. Проводиться вимір початкової величини вібропереміщення S_0 (без установки пробного вантажу). Радіусом R_1 , рівним (пропорційним) вібропереміщенню S_0 , описуємо коло з центром в точці O . Вибираємо на окружності дві перпендикулярні точки - A і B . Встановлюємо пробну масу $M_{пр}$ в точку A і виконуємо замір вібропереміщення, потім вантаж знімаємо і встановлюємо його в точку B і виконуємо замір вібропереміщення з вантажем в точці B . Отримаємо значення вібропереміщення з вантажем в точці A - S_a і в точці B - S_b . З точок A і B , розташованих під прямим кутом, проводимо окружності радіусом R_2 і R_3 (пропорційно вібропереміщенню), при установці по черзі пробного вантажу ($R_2 = S_a$, $R_3 = S_b$), робимо дуги. Проводимо пряму через центр окружності O і точку перетину дуг C до перетину з колом, отримаємо точку D . Точка D - місце установки врівноважуючого вантажу. Визначаємо масу врівноважуючого вантажу за формулою:

$$M_y = M_n \cdot \frac{R_1}{OC}. \quad 3.2$$

Маса врівноважуючого вантажу приймається рівною величині пробної маси, помноженої на відношення R_1 (радіусу кола рівного (пропорційного) величині початкового вібропереміщення S_0) до довжини відрізка OC , виміряного лінійкою (де O - центр кола, C - точка перетину дуг радіусів R_2 і R_3).

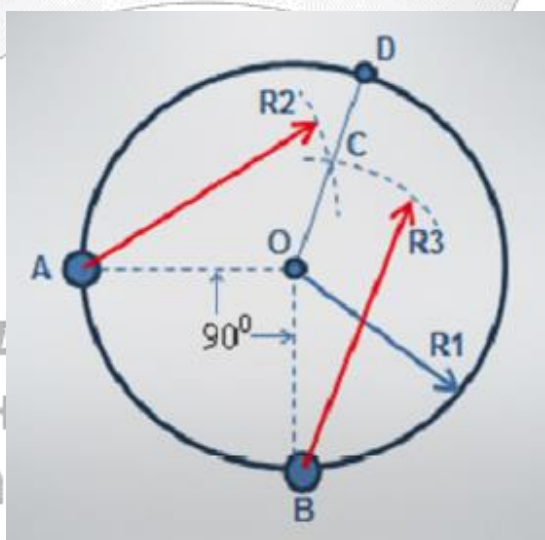


Рисунок 3.8 – Схема розміщення пробного вантажу при балансуванні методом амплітуд

3.3 Перевірка наявності дисбалансу на валу

Перед проведенням робіт необхідно переконатися в тому, що на валу дійсно присутній дисбаланс, або іншими словами, рівні вібрації на частоті обертання валу є більші за величиною в робочій смузі частот використовуваного віброметра. Для цього необхідно виміряти і записати будь-які два з трьох параметрів:

- 1) вібропереміщення, S мкм;
- 2) Віброшвидкість, v мм/сек;
- 3) Віброприскорення, a мм/с²;

Після цього перевірити відповідність вимірних значень, розрахунковим, відповідно до формул:

$$S = 450,14 \cdot \frac{v}{f}, \quad 3.3$$

або

$$v = 159,15 \cdot \frac{a}{f}, \quad 3.4$$

де a – віброприскорення, СКЗ, м/с²;

v – віброшвидкість, СКЗ, мм/с;

S – вібропереміщення, Пик-Пик, мкм;

f – частота обертання ротора, Гц.

Якщо, результати вимірювання рівнів вібрації віброметром по будь-яким двом вібропараметрам відповідають наведеним вище співвідношенням з похибкою не більше 10-15%, значить, рівень вібрацій на частоті обертання можна порівняти з рівнем вібрації у всій смузі частот нашого віброметра.

Це підтверджує наявність на агрегаті саме дисбалансу і говорить про те, що свідчення віброметра можуть бути використані для балансування.

За часту перевіряти наявність дисбалансу, не має сенсу (тільки після ремонту валу), бо спеціаліста визивають для виправлення виниклої проблеми, зв'язаної з підвищеними вібраціями на валу.

3.4 Балансування валу методом трьох пусків

Даний метод заснований на комбінації методів балансування, приведених в пункті 3.2. Він виконується за допомогою навішування пробних вантажів на деталь, та розрахунку, за формулами, необхідного куту дисбалансу, на який буде встановлений врівноважуючий вантаж.

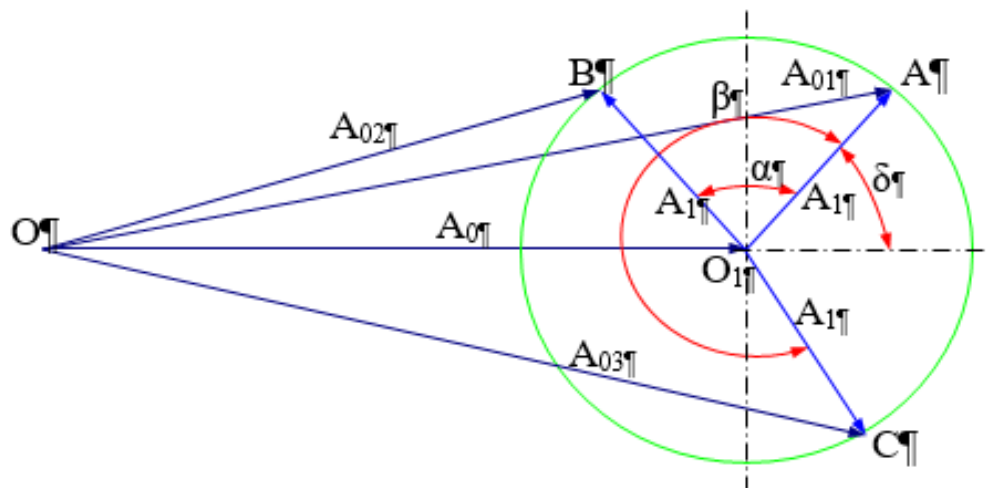


Рисунок 3.9 – Схема балансування методом трьох пусків

де, O_1A , O_1B , O_1C – амплітуди вібрацій підшипника, згідно з встановленою масою пробного вантажу P ;

α , β та δ – кути встановлення пробного вантажу та кут дисбалансу, відповідно;

З рисунку 3.9, спираючись на властивості косокутних трикутників будемо систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} A_{01}^2 &= A_0^2 - A_1^2 + 2 \cdot (A_0 + A_1) \cdot \cos \delta \\ A_{02}^2 &= A_0^2 - A_1^2 + 2 \cdot (A_0 + A_1) \cdot \cos(\delta + \alpha) \\ A_{03}^2 &= A_0^2 - A_1^2 + 2 \cdot (A_0 + A_1) \cdot \cos(\delta + \beta) \end{aligned} \right\}, \quad 3.5$$

де, α , β - кути встановлення пробного вантажу;

δ - кут дисбалансу;

A_0 – відстань від опори до центру площини перетину;

A_1 – амплітуда вібрації підшипника, Пик-Пик.

Визначаємо A_1 з системи рівнянь:

$$A_1 = \frac{A_{01}^2 + A_{02}^2}{A_0 \cdot (\cos \delta + \cos(\delta + \alpha))}. \quad 3.6$$

Визначаємо $tg \delta$ из системи рівнянь:

$$\tan \delta = \frac{(A_{01}^2 + A_{03}^2) \cdot (1 + \cos \alpha) + (A_{01}^2 + A_{02}^2) \cdot (1 + \cos \beta)}{((A_{01}^2 + A_{02}^2) \cdot \sin \alpha - (A_{01}^2 + A_{03}^2) \cdot \sin \beta) \cdot \sin \alpha}. \quad 3.7$$

Після цього визначаємо масу балансувального вантажу з формули:

$$Q_6 = P \cdot \frac{A_0}{A_1}, \quad 3.8$$

де, маса пробного вантажу визначається з формули:

$$P \leq 0,2 \frac{m_{pA} \cdot g}{\omega^2 \cdot r}; \quad 3.9$$

де, m_{pA} – маса ротора, що припадає на підшипник А, кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ω – кутова швидкість, $\omega = \pi \cdot n/30$, рад;

r – радіус установки пробного вантажу, м.

Урівноважуючий вантаж встановлюється під кутом δ від місця першої установки пробного вантажу.

Приклад балансування валу методом, 3-х пусків, використовуючи типову деталь. Для деталі “Вал проміжний”.

Для зручності розрахунку по результатам вимірювань розміщуємо дані вимірювань (по значенню вібрації) від більшого до меншого, $A_{01} > A_{02} > A_{03}$.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані

Маса вала, кг	m	2,4
Маса валу, на одну опору, кг	m _{рА}	1,2
Радіус встановлення пробного грузу, мм	r	150
Амплітуда початкової вібрації, мкм	A ₀	табл 8.3
Амплітуди вібрацій, отримані при 3-х пусках		
З пробною масою вантажу, мкм	A ₀₁	табл 8.3
	A ₀₂	табл 8.3
	A ₀₃	табл 8.3
Кути між початковим положенням пробного вантажу та його наступними положеннями, град		
	α	120
	β	240

Розрахуємо масу пробного вантажу за формулою 3.9

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$P \leq 0,2 \frac{1,2 \cdot 9,81}{104,7^2 \cdot 0,15} = 0,0014 \text{ (кг)},$$

$$\omega = 3,14 \cdot \frac{1000}{30} = 104,7 \text{ рад.}$$

Пробний вантаж має бути, не більший ніж 1,4 г, приймаємо масу пробного вантажу 1,2 г.

Таблиця 3.3 – Результати вимірювань вібрації при балансуванні валу (див додаток Б)

Місце встановлення вантажу	Режим, об/хв					
	800		900		1000	
	Точка вимірювання					
	ПОК _В	ПОК _Г	ПОК _В	ПОК _Г	ПОК _В	ПОК _Г
Без вантажу	14,6	19,4	20	28,6	26,6	39
1-ше встановлення вантажу	9	23,2	8,5	29	22,2	58,2
2-ге встановлення вантажу	15,2	22,6	22	35,6	31,8	55,4
3-тє встановлення вантажу	3	4,2	2,8	3,5	6,7	5,3

Згідно з даними таблиці 3.3 визначаємо кут дисбалансу для вертикального преміщення при 800 об/хв за формулою 3.7

$$\tan \delta_{1В} = \frac{(9^2 + 3^2) \cdot (1 + \cos 120) + (9^2 + 15,2^2) \cdot (1 + \cos 240)}{((9^2 + 15,2^2) \cdot \sin 120 - (9^2 + 3^2) \cdot \sin 240) \cdot \sin 120} = 4,677,$$

$$\delta_{1В} = 78 \text{ град.}$$

За аналогією розраховуємо δ (кут дисбалансу) для інших показників та заносимо значення до таблиці 3.4.

За формулою 3.6 розраховуємо значення A_1 , для знаходження маси балансувальної ваги за формулою 3.9

$$A_1 = \frac{15,2^2 + 9^2}{14,6 \cdot (\cos(-78) + \cos(-78 + 120))} = 9,58 \text{ (мкм)},$$

$$Q_6 = 0,0012 \cdot \frac{14,6}{9,58} = 0,0018 \text{ (кг)},$$

За аналогією розраховуємо A_1 та масу балансуючої ваги та заносимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Значення куту дисбалансу та маси балансувального вантажу

Параметр	Режим, об/хв						Середнє значення
	800		900		1000		
	Точка вимірювання						
	ПОК _В	ПОК _Г	ПОК _В	ПОК _Г	ПОК _В	ПОК _Г	
Кут дисбалансу, град	78	84	80	81	76	75	79
Маса вантажу, г	1,8	1,3	1,5	2,1	1,9	2,0	1,8

Встановлюємо балансуючий вантаж, на кут 79 градусів від початкового кута балансуючого вантажу та обираємо масу балансуючого вантажу 1,8 г.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

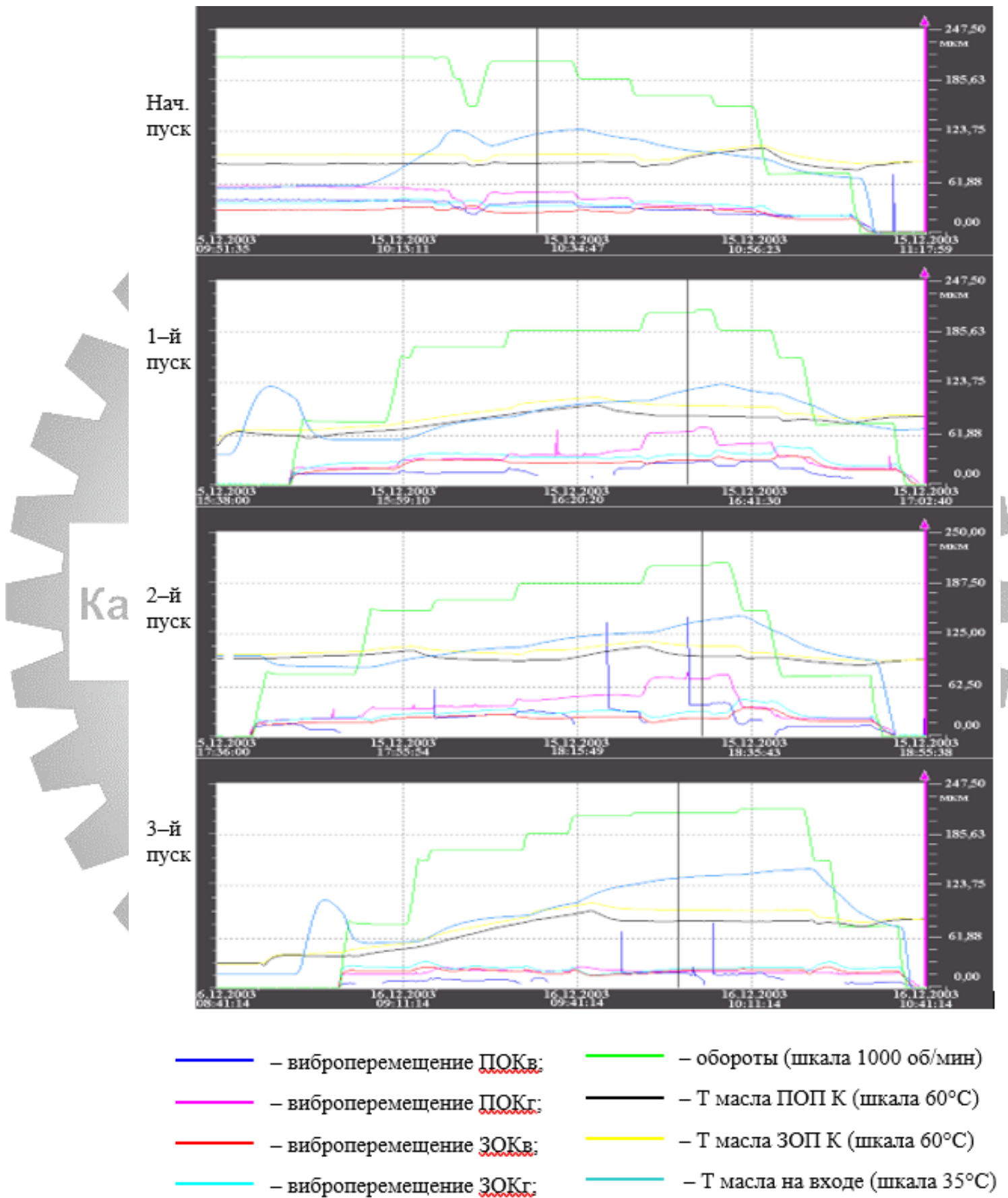


Рисунок 3.10 -Графіки вібропереміщень при балансуванні валу

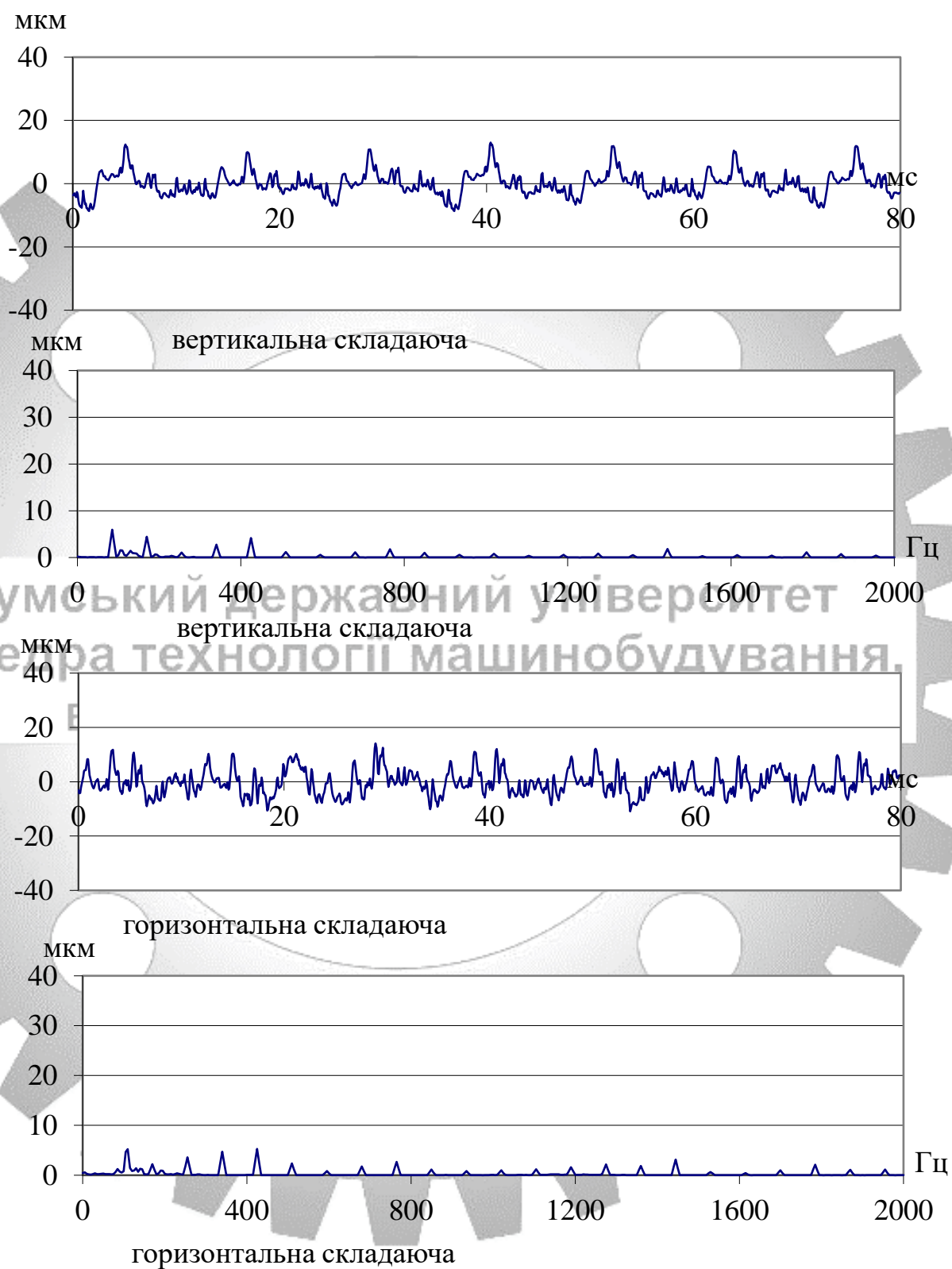


Рисунок 3.11 – Графіки вібрацій на передній опорі валу

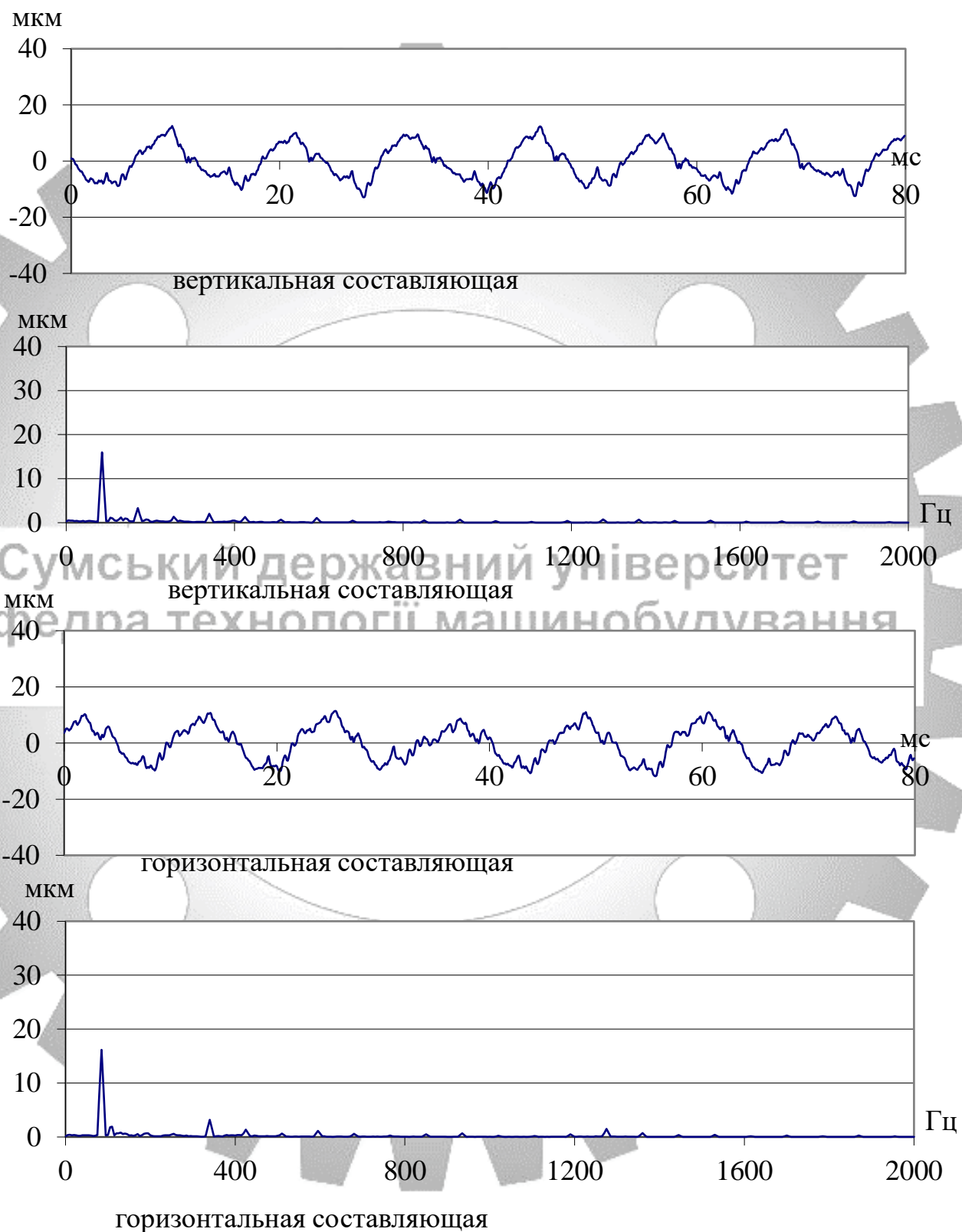


Рисунок 3.12 – Графіки вібрацій на задній опорі валу

ВИСНОВОК

1. Розглянули нинішні методи балансування та проаналізували їх. Визначили всі недоліки та переваги існуючих методів, обрали найкращий з них та почали дослідження цього методу для поліпшення процесу балансування.

2. Розробили, на базі існуючої, методики вдосконалений метод балансування. Шляхом комбінування існуючих методик. Знизили затрачуваний час на процес балансування деталі та змешли людський ресурс для виконання цієї методики.

3. Примінили нову методику до деталі, типу вал проміжний. Розрахували за новою методикою типову деталь. Та підтвердили, що на новий метод балансування затрачається менший людський ресурс та ресурс часу. Визначили, що цей метод більш продуктивний в порівнянні з колишніми методиками.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення вала проміжного 1.2760.77.280.01 шляхом підвищення ефективності операції балансування.

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра було виконано наступний обсяг робіт.

У розділі “наукове – дослідження” запропоновано принцип балансування валу, де метою є заощадження часу при балансуванні. За запропонованим принципом визначено, основні формули для розрахунку маси та розміщення балансуючого вантажу. Знижено кількість пусків машини при балансуванні.

У розділі “охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” виконано розрахунок віброзахисту, розрахунок віброізоляторів плити, та проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори на ділянці вібродіагностування деталі “вал проміжний”.

Метою роботи було удосконалення технологічного процесу виготовлення вала проміжного 1.2760.77.280.01 шляхом підвищення ефективності операції балансування.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні завдання:

4. Розглянули нинішні методи балансування та проаналізували їх.
5. Розробили, на базі існуючої, методики вдосконалений метод балансування.
6. Примінили нову методику до деталі, типу вал проміжний.

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. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва.: Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.
11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.

12. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст]: Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.

13. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст]: Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

14. Євтухов В. Г. Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст]: / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.

15. Чумаков Г. С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков. – Харьков, ХПИ, 1990. – 56 с.

16. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст]: Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.

17. Юдин Е. Я. Охрана в машиностроении [Текст]: Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К. — М: Машиностроение, 1983. - 432 с.

18. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст]: М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

19. Бабаков А. А. Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст]: А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.

20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.

21 Охрана труда в машиностроении: Уч. для вузов/ Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.

22 Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. О.Н.Русака. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.

23 Основы охраны труда / В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, А.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2000. – 351 с.

24 Методичні вказівки до вивчення курсу з дисципліни «Охорона праці в галузі». Оцінка умов праці / Укл.: Л.В. Дементій, Ю.В. Менафова. – Крама-торськ: ДДМА, 2000. – 24 с.

25 Бергельсон В.Н. Электробезопасность в строительстве. – К.: Будивельник, 1982. – 120 с.

26 Заземляющие устройства электроустановок / В.В. Бургсдорф, А.И. Якобс – М.: Энергоиздат, 1987. – 399 с.

27 Курс лекцій по дисципліне «Охрана труда в отрасли» для студентов специальности ПТМ / Коновалова С.А., Чижиков Г.И., Крупко В.Г. – Кра-маторск: ДГМА, 2005. - 232 с.

28 ДБН В.2.5-28:2018 “Природне и штучне освітлення” [Текст]: Київ, Мінрегіон України, 2018. – 137 с.

29. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда “Процессы производственные” общие требования безопасности [Текст]: Москва, Стандартиформ, 2016. – 11 с.

30. Инструкция 544.7000.000 И1 “Динамическая балансировка ротора” [Текст]: Суми, 2010. – 24 с.

31. Основы балансировки роторов [Текст]: Москва, 2018. – 54 с.

32. “Руководство по эксплуатации компрессора 295ГЦ2-270/27,5-64М1” [Текст]: Суми, Україна. – 2017. – 153 с.

33. ГОСТ 19534: Балансировка вращающихся тел. Термины [Текст]: Москва, 1974. – 48 с.

34. ГОСТ ISO 21940-31-2016 Вибрация. Балансировка роторов. Часть 31. Подверженность и чувствительность машин к дисбалансу [Текст]: 2017. – 52 с.

35. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса [Текст]: 2007. – 48 с.

ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Документация</i>									
A1			ТМ 18510075-07.00.01 СК	Складальне креслення	1				
<i>Сборочные единицы</i>									
Б/к	1		ТМ 18510075-07.00.01	Трубопровід	1				
Б/к	2		ТМ 18510075-07.00.02	Трубопровід	1				
<i>Детали</i>									
Б/к	3		ТМ 18510075-07.00.03	Циліндр	1				
Б/к	4		ТМ 18510075-07.00.04	Стійка	1				
Б/к	5		ТМ 18510075-07.00.05	Плита	1				
Б/к	6		ТМ 18510075-07.00.06	Призма	1				
Б/к	7		ТМ 18510075-07.00.07	Призма	1				
Б/к	8		ТМ 18510075-07.00.08	Поршень	1				
Б/к	9		ТМ 18510075-07.00.09	Прихват	1				
Б/к	10		ТМ 18510075-07.00.10	Шайба сферична	1				
Б/к	11		ТМ 18510075-07.00.11	Шайба сферична	1				
Б/к	12		ТМ 18510075-07.00.12	Палець	1				
Б/к	13		ТМ 18510075-07.00.13	Шток	1				
Б/к	14		ТМ 18510075-07.00.14	Пружина	1				
Б/к	28		ТМ 18510075-07.00.15	Упор	1				
Б/к	25		ТМ 18510075-07.00.16	Прокладка	1				
Б/к	26		ТМ 18510075-07.00.17	Прокладка	2				
Б/к	30		ТМ 18510075-07.00.18	Кришка	1				
ТМ 18510075-07.00.00.СК									
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата			
Разраб. Меша									
Пров. Дегтярьов									
Н.контр. Івченко									
Утв.									
Пристрій для фрезерування пазів				Лит.		Лист		Листов	
						1		2	

ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

♦ Программа - 'prip' ver.7.1

♦ СУМГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

10.11.2019

Расчет выполнен для Меша Д.Е. группа - ТМм-81

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Обрабатываемая поверхность - внутренняя цилиндрическая $\phi 80 +0.030$
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базис Eб (i)	закр. Eз (i)
Поковка ковкой	ГОСТ 7505-89	+2.700 -1.300	-	-	-	-	-
Chernovay	качество 14 +0.74 0	+0.74 0	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	качество 9 +0.074 0	+0.074 0	125	240	127	200	100
Chistovay	качество 7 +0.030 0	+0.030 0	20	125	105	0	0

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм				
				минимальный	максимальный	миним.	расч.	макс.		
-	-	71.232	71	71	+2.700 -1.300	69.7	73.7	-	-	-
968	1968	78.25	78	78	+0.74 0	78.0	78.4	1400	1340	1430
145	1875	79.75	79.75	79.7	+0.074 0	79.7	79.774	270	900	1055
50	655	164	80	80	+0.030 0	80.0	80.030	145	170	373

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А

ДОДАТОК Г ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Г.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці вібродіагностування деталі «Вал проміжний»

Проведемо аналіз умов праці на ділянці балансування, де проходять випробування деталі «Вал проміжний».

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

- стандарти системи безпеки (ССБТ);
- 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.

Балансування деталі «Вал проміжний» проходить у спеціально відведеному приміщенні цеху площею 40 м² з висотою стелі 2,5 м. (рис Г.1)

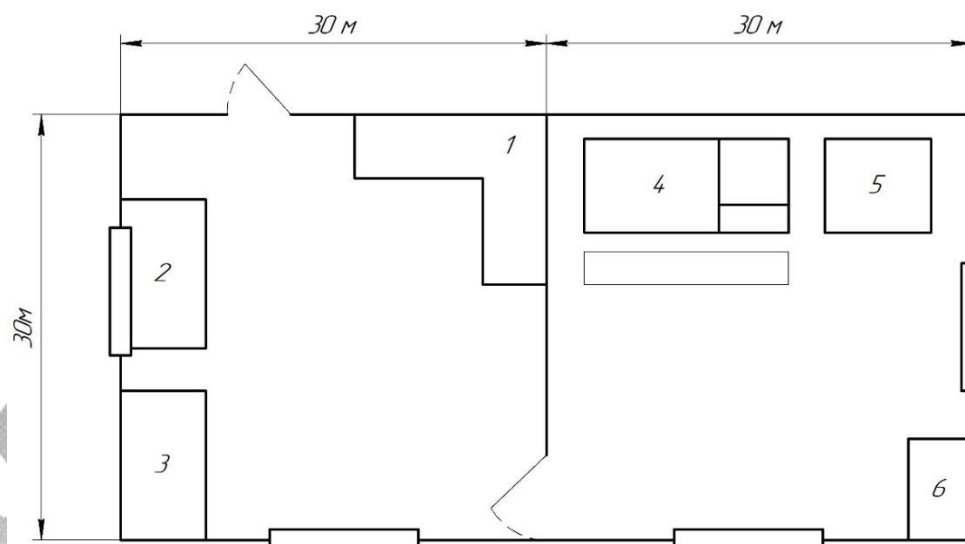


Рисунок Г.1 – Схема приміщення ділянки виробництва

1. Робоче місце №1; 2- Робоче місце №2; 3- Робоче місце №3; 4- Верстат для балансування деталей; 5- Стіл для деталей; 6- Стіл для документації.

У процесі балансування деталі задіяні наступні прилади:

- переносні прилади для балансування;
- балансувальні верстати;
- електронно-обчислювальна машина (ЕОМ)

При роботі з переносними приладами ми працюємо на робочому місці машини знімаємо показання з працюючої машини. Ми випробуємо деталь на різних швидкостях (кількості обертів), та кріпимо датчики до опор на яких працює наша деталь. Рівень шуму в приміщенні може перевищувати норми врази, в залежності від швидкості обертання валу.

Установка заготовки на верстат проводиться вручну в стандартних умовах, в призми.

При роботі з ЕОМ ми використовуємо переносний пристрій ЕОМ та розміщуємо його на спеціальному столі.

Аналіз виробничої ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки та шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (при балансуванні деталі не в спеціально відведеному місці);

- можливість падіння деталі при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- руйнування деталі, в результаті перевищення граничних допустимих швидкостей;
- замикання електричного ланцюга на металеві поверхні в результаті пошкодження струмоведучих частин; Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом, напругою 220 В і частотою 50 Гц;
- недостатня освітленість місця роботи при знятті показників;
- підвищений рівень шуму при роботі обладнання чи деталі;
- підвищені вібрації обладнання чи деталі через розбалансування.

За часту балансування деталі випадає проводити не в спеціально відведених місцях, а безпосередньо на робочому місці машини. Змінюючи швидкості обертання контролюемого валу шум та вібрації в приміщенні може значно змінюватись.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт малої тяжкості, категорія І-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2018 [28] малої точності.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу корпус виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Г.1 та Г.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ [29]. В дипломному проекті передбачається комплекс таких заходів:

- для забезпечення захисту працівника при руйнуванні деталі виконати захисні вікна для запобігання вильоту шматків деталі за робочу зону;
- для зменшення рівня шуму на робочому місці передбачити раціональні режими обертання, рекомендувати використання шумопоглинаючих матеріалів для стін та стелі, використовувати індивідуальні засоби захисту (біруші, навушники);
- для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції обладнання передбачити виконання вимог до вібраційної безпеки;

- для забезпечення достатньої освітленості робочого місця, виконати штучне освітлення.

Таблиця Г.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна (%) 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	Середньої	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період	Середньої важкості II	27	29	15	15	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

Таблиця Г.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в зоні балансування

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	Середньої	19	20	16	15	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості IIб	23	27	18	19	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

Г.2 Розрахунок віброзахисту, розрахунок віброізоляторів для плити

Розрахувати віброізолятори типу пружин для плити масою 340 кг з розташованим на ній постійним робочим місцем оператора в виробничому приміщенні. Маса оператора 60 кг. Вібрація виникає за рахунок роботи двигуна з кількістю обертів $n=1440$ об/мін. Значення амплітуди вібрації дорівнює $0,167 \cdot 10^{-3}$ м.

Рішення:

$$КП = \frac{A_{норм}}{A_{осн}} = \left[\left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1 \right]^{-1},$$

Де, $A_{норм}$ – нормативне значення амплітуди зсуву основи відповідно ГОСТу, $A_{осн}$ – амплітуда зсуву вимушених коливань плити основи, що віброізолюється.

Частота коливань збуджуючої сили визначається за формулою $f = n/60$, де n – кількість обертів двигуна. При наявності декількох електродвигунів для розрахунку використовують найменше з отриманих значень. За відомим f визначають f_0 системи $f_0 = f / (3...4)$.

Визначаємо частоту коливань збуджуючої сили

$$f = \frac{1440}{60} = 24 \text{ Гц.}$$

За даними таблиці Г.3 визначаємо нормативне значення амплітуди зсуву $A_{норм}=0,0209 \cdot 10^{-3}$ м. Знаходимо коефіцієнт передачі (КП)

$$КП = \frac{0,0209 \cdot 10^{-3}}{0,167 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{8}.$$

Визначимо власну частоту коливань

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{1/K\Pi + 1}} = \frac{24}{\sqrt{8 + 1}} = 8 \text{ Гц.}$$

Розрахуємо необхідну загальну жорсткість системи віброізоляції у вертикальному напрямку. Загальну масу визначаємо як суму маси оператора і основи $m = 340 + 60 = 400$ кг.

$$k_c = m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_0,$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

де m – маса механізму, що підлягає віброізоляції (включаючи масу основи),
 $m = P/g$, кг;

f_0 – частота власних коливань системи, Гц;

$$k_c = 400 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 8)^2 = 1009623 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right).$$

Визначаємо жорсткість одного віброізолятора. Кількість віброізоляторів беремо 8

$$k_1 = \frac{k_c}{n} = \frac{m}{n} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_0,$$

де n – кількість пружин;

$$k_1 = \frac{k_c}{8} = 126203 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right),$$

Таблиця Г.3 допустимі амплітуди віброзсуву на робочих місцях при проектувальних розрахунках

Частота гармонічної складової, ГЦ	Амплітуда зсуву, $\cdot 10^{-3}$ м		
	Постійні робочі місця виробничих приміщень (тип 1)	Робочі місця виробничих приміщень, які не мають джерел вібрації (тип 2)	Приміщення для робітників розумової праці (тип 3)
2	1,4	0,57	0,2026
4,0	0,25	0,1	0,0354
8,0	0,063	0,025	0,0090
16	0,0282	0,0112	0,0039
31,5	0,0141	0,0056	0,0020
63	0,0072	0,0028	0,0010

Визначаємо розрахункове навантаження на одну пружину за формулами

$$P_1 = P_{ст1} + 1,5 \cdot P_{дин1},$$

де $P_{ст1}$ – статичне навантаження, що припадає на одну пружину, Н;

$$P_{ст1} = \frac{P}{n},$$

де P – вага машини, Н;

$P_{дин1}$ – динамічне навантаження, що припадає на одну пружину, Н;

$$P_{\text{дин1}} = \varepsilon \cdot k_1,$$

де k_1 – жорсткість одного амортизатора у вертикальному напрямку, Н/м;

ε – амплітуда вертикальних коливань об'єкта на робочій частоті, м;

$$\varepsilon = \frac{P}{\left(\frac{P}{g}\right) \cdot \omega^2 - k_c},$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

ω – кутова частота коливань системи, рад/с;

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f.$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Звідси:

$$P_1 = \frac{400 \cdot 9,8}{8} + 1,5 \cdot \frac{400 \cdot 9,8 \cdot 126203}{400 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 24)^2 - 1009623} = 582 \text{ (Н)}.$$

Визначимо діаметр дроту пружини за формулою

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot P_1 \cdot \varepsilon}{\tau}},$$

де k – коефіцієнт, який враховує додаткову напругу зрізу, що виникає в точках перерізу прутка, розташованих ближче усього до осі пружини;

ε – індекс пружини;

τ – напруга зсуву, що допускається, при крученні, Н/м² (табл Г.4)

$$\varepsilon = \frac{D}{d} \cong 4 \div 10,$$

де D – середній діаметр пружини, м;

d – діаметр дроту, м;

Таблиця Г.4 – Напруги, що допускаються, для пружних сталей

Сталь		Модуль пружності на зсув G , 10^{10} Н/м ²	Напруги, що допускаються		Призначення
Група	Марка		Режим роботи	τ , 10^8 Н/м ²	
Вуглеродиста	70	7,83	Легкий	4,11	Для пружин з відносно низькими напругами при діаметрі дроту менше 8 мм,
			Середній	3,73	
			Важкий	2,47	
Хромована-дієва загартована в олії	50ХФА	7,7	Легкий	5,49	Для пружин, які сприймають динамічне навантаження, при діаметрі прутка не менше 12,5 мм
			Середній	4,90	
			Важкий	3,92	
Кремнісна	55 С 2; 60 С 2; 60 С 2 А; 63 С 2 А	7,45	Легкий	5,49	Для пружин, які сприймають динамічне навантаження, при діаметрі прутка більш 10 мм, а також для ресор
			Середній	4,41	
			Важкий	3,43	

Приймаємо, що $\varepsilon = 8$, тоді $k = 1,2$. Значення $\tau = 2,47 \cdot 10^8$ Н/м² беремо з таблиці Г.4 для важких навантажень спочатку для вуглеводистій сталі, яка використовується для пружин з відносно низькими напругами при діаметрі дроту менше 8 мм:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 582 \cdot 8}{2,47 \cdot 10^8}} = 0,76 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}.$$

Після розрахунку перевіряємо, щоб діаметр дроту відповідав типу сталі (таблиця Г.4). У нашому випадку вуглеводиста сталь використовується саме для пружин з діаметром дроту 8 мм. Якщо діаметр дроту не відповідає типу сталі, слід вибрати дані τ для розрахунків з іншим типом сталі.

Беремо діаметр дроту пружини $d = 8$ мм, тоді діаметр пружини

$$D = \varepsilon \cdot d = 8 \cdot 0,008 = 0,064 \text{ (м)}.$$

Розраховуємо кількість витків пружини. Значення модуля пружності на зсув G беремо з таблиці Г.1

Кафедра технології машинобудування,
верстатів і інструментів

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot k_1 \cdot \varepsilon'}$$

де G – модуль зсуву матеріалу пружини, Н/м^2

$$i_1 = \frac{7,83 \cdot 10^{10} \cdot 0,008}{8 \cdot 126203 \cdot 8^3} = 1,2.$$

Беремо $i_1 = 2$ шт.

Визначаємо загальну кількість витків пружини (з урахуванням неробочих витків). Значення $i_2 = 1,5$, так як $i_1 < 7$.

$$i = i_1 + i_2,$$

де i_2 – кількість неробочих витків пружини (при $i_1 > 7 \rightarrow i_2 = 2,5$, при $i_1 < 7 \rightarrow i_2 = 1,5$)

$$i = 2 + 1,5 = 3,5.$$

Розраховуємо крок витка $h=0,25 \cdot 0,064=0,016$ м.

Висота ненавантаженої пружини

$$H_0 = i \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot D.$$

Отримане значення висоти ненавантаженої пружини має бути $H_0 \leq 2 \cdot D$

Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$H_0 = 3,5 \cdot 0,016 + (1,5 - 0,5) = 0,064 \text{ (м)}.$$

Розрахуємо ефективність віброізоляції, дБ

$$\Delta h = 40 \cdot \lg \frac{f}{f_0} = 40 \cdot \lg \frac{24}{8} \approx 19 \text{ (дБ)}.$$

У результаті розрахунку віброзахисту ми визначили, що при встановленні системи віброізоляції шум в приміщенні знизиться на 19 дБ.

Г.3 Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств.

Пожежна профілактика - комплекс інженерно-технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення протипожежного захисту об'єктів народного господарства. Метою пожежно-профілактичної роботи є підтримання в країні

високого рівня пожежної безпеки в містах, населених пунктах, місцях концентрації матеріальних цінностей і на об'єктах народного господарства шляхом приведення їх у зразкове протипожежний стан.

Основними завданнями профілактичної роботи є: розробка і здійснення заходів, спрямованих на усунення причин, що можуть спричинити виникнення пожеж; обмеження поширення можливих пожеж та створення умов для успішної евакуації людей і майна на випадок пожежі; забезпечення своєчасного виявлення виниклої пожежі, швидкого виклику пожежної охорони та успішного гасіння пожежі.

Профілактична робота на об'єктах включає; періодичні перевірки стану пожежної безпеки об'єкта в цілому і його окремих ділянок, а також забезпечення контролю за своєчасним виконанням запропонованих заходів; проведення пожежно-технічних обстежень об'єкта представниками Державного пожежного нагляду (Держпожнагляду) з врученням приписів, встановлення дієвого контролю за виконанням приписів та наказів, виданих по них; постійний контроль за проведенням пожежонебезпечних робіт, виконанням протипожежних вимог на об'єктах нового будівництва, при реконструкції та переобладнанні цехів, установок, майстерень, складів та інших приміщень; проведення бесід-інструктажів та спеціальних занять з робітниками і службовцями об'єкта з питань пожежної безпеки (а також з тимчасовими робітниками інших підприємств і організацій, які прибули на об'єкт) та інших заходів з протипожежної пропаганди та агітації; перевірку справності і правильного змісту стаціонарних автоматичних і первинних засобів пожежогасіння, протипожежного водопостачання та систем сповіщення про пожежі; підготовку особового складу добровільних пожежних дружин та бойових розрахунків для проведення профілактичної роботи та гасіння пожеж і загорянь; установку в цехах, майстернях, складах і на окремих агрегатах систем пожежної автоматики.

Пожежно-профілактична робота на підприємствах проводиться Держпожнаглядом, особовим складом пожежних частин, пожежно-технічними комісіями (ПТК), добровільними пожежними дружинами (ДПД), добровільними пожежними товариствами (ДПО), відділами з техніки безпеки, а також позаштатними

пожежними інспекторами при виконавчих комітетах місцевих рад народних депутатів.

Основний метод профілактичної роботи - усунення виявлених в ході перевірки недоліків на місці, а за відсутності такої можливості - в найкоротший термін. Такі заходи, як обладнання цехів, майстерень, складів установками пожежної автоматики, заміна горючих речовин менш горючими і т. П., Оформляються розпорядженнями або актами, які вручаються керівникам підприємств.

Органи Держпожнагляду покликані здійснювати контроль за дотриманням діючих правил і норм пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації будівель і споруд. Основною формою пожежно-профілактичної роботи органів Держпожнагляду на об'єктах народного господарства, в тому числі і на підприємствах бітового обслуговування населення, є пожежно-технічні обстеження (ПТО), які проводяться з метою контролю за дотриманням затверджених в установленому порядку правил і норм, спрямованих на запобігання пожеж, успішне їх гасіння, забезпечення безпеки людей у разі виникнення пожежі, а також на забезпечення будівель і споруд засобами протипожежного захисту. Саме в ході обстежень встановлюється істинне стан пожежної безпеки об'єктів і адміністрації пропонується здійснити комплекс пожежно-профілактичних заходів.

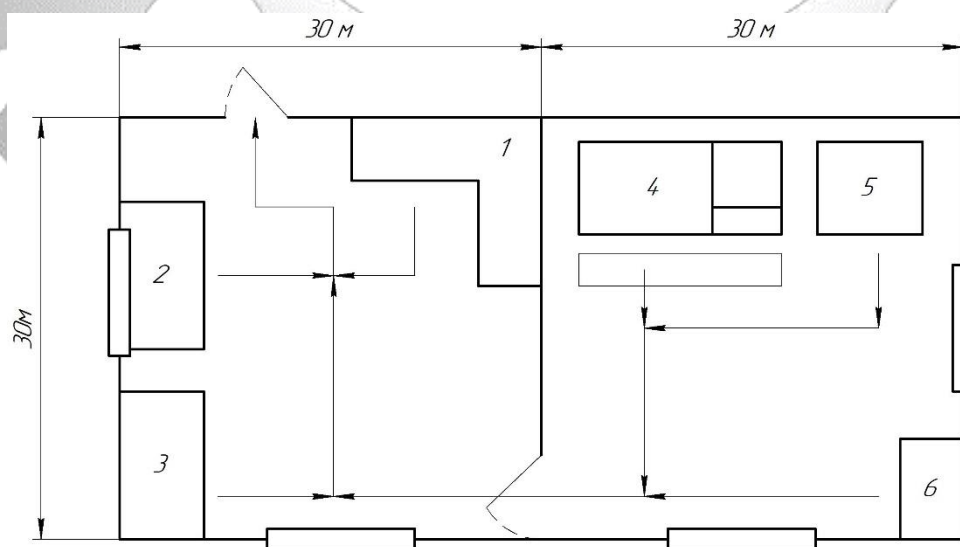


Рисунок Г.2 – План евакуації з приміщення

Вогнестійкість будівельних конструкцій, будівель і споруд

Технічні рішення в частині пожежної безпеки реалізуються на стадії проектування і будівництва різних об'єктів, зокрема підприємств торгівлі і громадського харчування, баз і складів. При цьому для зменшення небезпеки виникнення і розповсюдження пожеж важливе значення має правильний вибір будівельних матеріалів і конструкцій. За здатністю до спалаху вони підрозділяються на три групи: негорючі, важкогорючі і горючі.

Вогнестійкістю будівельних конструкцій називається їх здатність зберігати несучі і захисні функції в умовах пожежі. Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу (у годинах) від початку випробування її дією вогню або високої температури до появи однієї з наступних ознак:

- а) утворення в конструкції наскрізних тріщин;
- б) підвищення температури на поверхні конструкції, яка не обігривається, в середньому більш ніж на 160°C або в будь-якій точці цієї поверхні більш ніж на 190°C порівняно з температурою конструкції до випробування;
- в) втрата конструкцією несучої здатності.

Від ступеня займистості і межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій залежить ступінь вогнестійкості будівель і споруд. Всі будівлі і споруди за вогнестійкістю підрозділяються на вісім ступенів: I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V.

Найвищі межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій в будівлях і спорудах I-го ступеня вогнестійкості; у будівлях і спорудах кожного наступного ступеня вогнестійкості вони нижчі.

Згораючи частини будівель і споруд не мають межі вогнестійкості. Ступінь вогнестійкості будівель і споруд залежить, згідно вимог СНіП 2.01.02-85, від категорії пожежної небезпеки виробництва, кількості поверхів і величини допустимої площі підлоги між протипожежними стінами.

Цехи і відділення виробництв категорій А і Б дозволяється розташовувати тільки в приміщеннях I і II ступеня вогнестійкості. Будівлі, наприклад, складів цукру в разі зберігання його в тарі мають бути не нижче III, а для безтарного зберігання – не нижче II ступеня вогнестійкості. Велику кількість сірників допускається зберігати в окремих

складах не нижче III ступеня вогнестійкості. Спиртосховища слід розміщувати в поглиблених будівлях II ступеня вогнестійкості.

Одноповерхові складські будівлі зі стелажми заввишки від 5,5 до 25 м слід проектувати II ступеня вогнестійкості з ліхтарями або витяжними шахтами на покрівлі для видалення диму.

Особливо небезпечні та небезпечні речовини і матеріали слід зберігати в складах I або II ступеня вогнестійкості. Склади особливо небезпечних речовин і матеріалів рекомендується розміщувати в окремих будівлях. Малонебезпечні речовини і матеріали можна зберігати в приміщеннях всіх ступенів вогнестійкості (окрім V), безпечні – в приміщеннях або на майданчиках будь-якого типу.

Кіоски і рундуки, що встановлюються в будівлях і спорудах, повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів.

Запобігання розповсюдженню пожежі.

При розміщенні підприємств проводиться групування в окремі комплекси об'єктів, споріднених за функціональним призначенням і ознакою пожежної небезпеки. Виділення для таких комплексів на підприємстві окремих ділянок називається зонуванням території. До всіх комплексів об'єктів має забезпечуватися безперешкодний і зручний проїзд пожежних автомобілів.

З метою запобігання розповсюдженню вогню з однієї будівлі на інші між ними влаштовують протипожежні розриви, величина яких (6, 9, 12, 15, 18 м) залежить від ступеня вогнестійкості будівель, що стоять навпроти, категорії пожежної небезпеки виробництва і площі підлоги в них, наявності глухих стін, що стоять навпроти. Протипожежні розриви не нормуються: між виробничими будівлями I і II ступеня вогнестійкості з виробництвами категорій Г і Д; між виробничими будівлями і спорудами III ступеня вогнестійкості незалежно від пожежної небезпеки розміщених в них виробництв, якщо вони мають глухі стіни, що стоять навпроти, або стіни з отворами, перекритими протипожежними дверима, склоблоками або армованим склом з межею вогнестійкості не меншою 0,75 години.

Кіоски, рундуки, тимчасові будівлі мають розміщуватися на відстані не менше 10 м від інших будівель і споруд. Будівельні норми і правила можуть передбачати

більший протипожежний розрив або допускати розміщення їх біля зовнішніх протипожежних стін без отворів.

Кіоски, інвентарні будови мобільного типу тощо допускається розміщувати групами, але не більше 10 в групі і площею не більше 800 м. Відстань між групами цих будов, а також від них до інших будівель і споруд слід приймати не меншою 15 м.

Протипожежні розриви між різними об'єктами не дозволяється використовувати для складування матеріалів, устаткування і пакувальної тари, а також стоянки транспортних засобів і установки індивідуальних гаражів. У межах протипожежних розривів, а також на відстані менше 15 м від будівель і споруд, не допускається розведення багать, спалювання відходів і тари. Не дозволяється складування горючої тари біля вікон торгових підприємств, житлових, адміністративних та інших будівель. Допускається тимчасове розміщення її на відстані не менше 15 м від зовнішніх стін з отворами.

Для обмеження розповсюдження вогню використовують протипожежні перешкоди:

- протипожежні стіни,
- перегородки і перекриття,
- протипожежні зони та ін.

Протипожежні стіни і перегородки бувають 1 і 2 типів. Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних стін 1 і 2 типів відповідно 2,5 і 0,75 годин, протипожежних перегородок 1 і 2 типів – 0,75 і 0,25 годин.

Протипожежні перекриття – 1, 2 і 3 типів. Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перекриттів 1, 2 і 3 типів – 2,5; 1,0 і 0,75 годин.

Протипожежна стіна (ПС) – це конструкція, що не згоряє, перетинає всі поверхи і елементи будівлі.

Ця стіна опирається на свій фундамент або фундаментну балку і виступає над крівлею не менше, ніж на 0,6 м (якщо хоч би один з елементів горищного покриття або покриття без горища, за виключенням крівлі, виконаний з горючих матеріалів)

або не менше, ніж на 0,3 м (якщо елементи горищного покриття або покриття без горища, за винятком крівлі, виконані з важкогорючих матеріалів).

Противопожежна стіна в будівлях із зовнішніми стінами, виконаними із застосуванням горючих або важкогорючих матеріалів, повинна перетинати ці стіни і виступати за зовнішню площину їх не менше, ніж на 0,3 м.

Противопожежні стіни можуть не підноситися над крівлею і не виступати за зовнішню площину стін будівлі (при стрічковому склінні), якщо всі основні їх елементи виконані з негорючих матеріалів.

Противопожежні стіни застосовують для розділення:

- а) великих виробничих будівель на секції;
- б) розміщених в одному корпусі виробництв з різною пожежною небезпекою;
- в) складських і виробничих приміщень;
- г) складських приміщень на відсіки для зберігання різних за пожежною небезпекою матеріалів;
- д) виробничих і адміністративно-побутових приміщень,
- е) у разі малих противопожежних розривів між будівлями.

На підприємстві де проходила практика будівлі розташовані у відповідності з усіма правилами споруди будівель і споруд. Адміністративні корпусу, управлінське будівлю, а також бюро і відділи технологів і конструкторів, розташовані безпосередньо біля кордонів підприємства і проїжджої частини вулиці. Вікна розташовані виходом на проїжджу частину. Механічні і складальні цехи розташовані всередині підприємства, так як видають шум, що виникає при роботі верстатів та іншого обладнання. Найгучнішим цехом на цьому майданчику підприємства є ковальський цех, розташований в самій глибині підприємства, на кордоні підприємства і пустиря, так що шум, видаваний молотами і пресами при роботі не впливає на житловий масив мікрорайону. При проектуванні даного майданчика підприємства були передбачені всі необхідні магістралі та транспортні розв'язки, а саме є залізничні колії і автомобільні дороги, які мають зв'язок з магістралями міста для вивезення готової продукції з підприємства.

Цехи на підприємстві розташовані так що протягом 95% всього пір року дмуть північно-західні вітри (від житлового масиву до підприємства), а лише 5% в якомусь іншому напрямі. Дане розташування підприємства сприяє тому, що шумові та інші шкідливі фактори набагато меншою мірою впливають на жителів довколишнього району.

Також слід зазначити, що на підприємстві є санітарні та протипожежні розриви між цехами і адміністративним корпусом, що в разі виникнення загоряння одного з об'єктів запобігає (робить мінімально можливим) загоряння сусідніх об'єктів і дає час на прибуття пожежних для гасіння. Для гасіння пожеж біля цехів є пожежні крани і гідранти, а на стінах пожежні куточки, де знаходяться відро, ящик з піском, багри, сокири, лопати. Також в цехах і адміністративних приміщеннях є вогнегасники і плани евакуації на випадок пожежі, де показані аварійні виходи і все найкоротші шляхи до них. Кожен співробітник підприємства проходить інструктаж по пожежній охороні і техніці безпеки не рідше одного разу на рік.

Категорії пожежонебезпеки цехів різні - це і механоскладальні цехи - категорія Д, де ведуть обробку матеріалів в холодному стані і ковальський цех - категорія Г (виробляють обробку матеріалів в нагрітому стані). Також в механічних цехах є термічні ділянки, які також відносяться як і ковальський цех до категорії Г.

Класифікація приміщень за ступенем пожежної небезпеки і вибухо-пожежо небезпеки.

Для правильного планування та успішного проведення заходів пожежної профілактики вагоме значення має оцінка об'єктів щодо їх вибухопожежонебезпеки. Умови виникнення та поширення пожежі в будівлях та приміщеннях залежать від кількості та пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що в них знаходяться (використовуються), а також особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв. За вибухопожежною та пожежною безпекою приміщення та будівлі відповідно до норм технологічного проектування (ОНТП 24-86) поділяються на п'ять категорій; А, Б, В, Г, Д.

Категорія А

(Вибухопожежонебезпечна) - приміщення (будівлі), у яких знаходяться горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро-і газоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа, а також речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

Категорія Б

(Вибухопожежонебезпечна) - це приміщення (будівлі), в яких знаходяться горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху понад 28 °С та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило- або пароповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Категорія В

(Пожежонебезпечна) - це приміщення (будівлі), в яких знаходяться горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти, за умови, що вони не належать до категорій А чи Б.

Категорія Г

Це приміщення (будівлі), в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Категорія Д

Це приміщення (будівлі), в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

Класифікація вибухо- та пожежонебезпечних приміщень (зон)

Основним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний його вибір і експлуатація, особливо у вибухо- і пожежонебезпечних

приміщеннях (зонах). Відповідно до ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" вибухонебезпечні та пожежонебезпечні зони поділяються відповідно на шість (0,1, 2, 20, 21, 22) та чотири (П-I, П-II, П-III, ПН) класи.

Вибухонебезпечна зона

Вибухонебезпечна зона - це простір у приміщенні або навколо зовнішньої установки, в якому присутнє вибухонебезпечне середовище або воно може утворитися внаслідок природних чи виробничих чинників у такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Газо- та пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1,2, а пилоповітряні - вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Зона такого класу може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

Вибухонебезпечна зона класу 1

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (тут і далі нормальна робота - ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2

Простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго.

Вибухонебезпечна зона класу 20

Простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, та (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині

обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21

Простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22

Простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнитися шляхом витoku й формувати пилові утворення.

Пожежонебезпечна зона - це простір у приміщенні або за його межами, в якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціалізованих заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Пожежонебезпечна зона класу П-I

Простір у приміщенні, в якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху понад 61 °С.

Пожежонебезпечна зона класу П-II

Простір у приміщенні, в якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

Пожежонебезпечна зона класу П-III

Простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

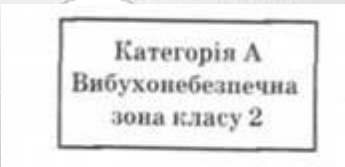
Пожежонебезпечна зона класу П-Ш

Простір поза приміщенням, у якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалаху понад 61 °С або тверді горючі речовини.

У вибухонебезпечних зонах та в зовнішніх установках слід використовувати вибухозахищене обладнання, виготовлене згідно з ГОСТом 12.2.020. Проводи у вибухонебезпечних приміщеннях мають прокладатися у металевих трубах. Може використовуватися броньований кабель. Світильники у таких зонах повинні мати вибухозахищене виконання.

Чим вищий рівень вибухопожежонебезпеки приміщення (зони), тим більш жорстких вимог там необхідно дотримуватись. Тому працівників слід інформувати про категорію вибухопожежної та пожежної безпеки приміщення, а також про клас вибухонебезпечної або пожежонебезпечної зони. Для цього використовують відповідні позначення у вигляді табличок (рис. Г.3).

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні для всіх будівель та приміщень виробничого, складського призначення і лабораторій повинна бути визначена категорія щодо вибухопожежної та пожежної безпеки за ОНТП 24-86, а також клас зони за ДНАОП 0.00-1.32-01, у тому числі для зовнішніх виробничих і складських ділянок, які слід позначати на вхідних дверях до приміщень, а також на межах зон усередині приміщень та ззовні.



Категорія А
Вибухонебезпечна
зона класу 2

Рисунок Г.3 - Приклад таблички з позначенням категорії приміщення за ОНТП 24-86 та класу вибухонебезпечної зони за ДНАОП 0.00-1.32-01

ДОДАТОК Д. ТЕЗИСИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Сучасні технології
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**IV Всеукраїнської міжвузівської
науково-технічної конференції
(Суми, 19–22 квітня 2016 року)**

ЧАСТИНА 1

Конференція присвячена Дню науки в Україні



Суми
Сумський державний університет
2016

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ
СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
С РЕМОНТНЫМ БАНДАЖОМ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

*Меша Д. Е., студент; Верещака С. М., профессор;
Жигилий Д. О., ст. преподаватель, СумГУ, г. Сумы*

Объектом конкуренции на рынке энергоносителей между отечественными и зарубежными компаниями становятся как их запасы, так и способы транспортировки. Транспортировка нефти и газа в современном мире осуществляется при помощи магистральных трубопроводов. Надежность трубопроводных систем становится одним из важнейших конкурентных преимуществ и основной составляющих энергетической безопасности государства.

Ремонт коррозионных участков трубопроводов с применением разного рода сварочных технологий регулярно приводит к длительной остановке процесса транспортировки энергоносителей и влечет за собой значительные финансовые и материальные убытки. Поэтому разработка эффективных ремонтных конструкций в виде многослойных бандажей из высокопрочных неметаллических материалов представляется актуальной задачей.

Существенное различие физико-механических характеристик материалов трубы и композита, требует глубокого изучения их совместной работы в упругой и пластической области деформирования. Актуальные нормы на размеры допустимых дефектов объектов энергетического машиностроения предъявляют достаточно жесткие ограничения к их размерам.


Следовательно, особое внимание следует уделить экспериментальному изучению напряженного состояния в точках сопряженной поверхности стальной трубы и бандажа, а также определению наиболее эффективных критериев прочности, которые с достаточной точностью дадут оценку предельного состояния ремонтных конструкций в процессе их эксплуатации.

Объект исследований представлял собой фрагмент стальной бесшовной горячедеформированной трубы – ГОСТ 8731-74, ГОСТ 8732-78, из стали марки 09Г2С. На внешней поверхности трубы выфрезерованы искусственные дефекты. Считается, что внутреннее рабочее давление трубы равно 20 МПа.

Напряженно-деформированное состояние трубы исследовали с целью установления совместной работы трубы и бандажа на всех этапах нагружения, соответствующих работе трубопровода. Для измерения относительных деформаций использовали проволочные тензорезисторы типа КФ4П1-3-200 с базой 3мм, 5мм и 10мм. Деформации в точках стенки трубы и на поверхности ремонтного бандажа измеряли в продольном и кольцевом направлениях.

Анализ результатов показал, что максимальные напряжения в композитном бандаже возникают в точках поверхности контакта стеклопластик – металл (клеевая прослойка) на границе сквозного дефекта.

**ДОДАТОК Е. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ
ПРОМІЖНИЙ**



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

Дубл.																			
Зам.																			
Підп.																			

СумДУ 02100.18510075	8	1
----------------------	---	---

СумДУ	1.2760.77.280.01	СумДУ 01140.00001
Вал проміжний		ДП ХХ ХХ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ, ВЕРСТАТИВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ**

УЗГОДЖЕНО
Керівник проекту
Дегтярьов І.М.
(_____)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедрою ТМВІ
Залога В. О.
(_____)

«___» _____ 2019 р.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

«___» _____ 2019 р.

на технологічний процес виготовлення
шток 1.2760.77.280.01

Нормоконтролер
Івченко О.В.
(_____)

Розробив
Студент групи ТМ.м-81
Меша Д.Е.

«___» _____ 2019 р.

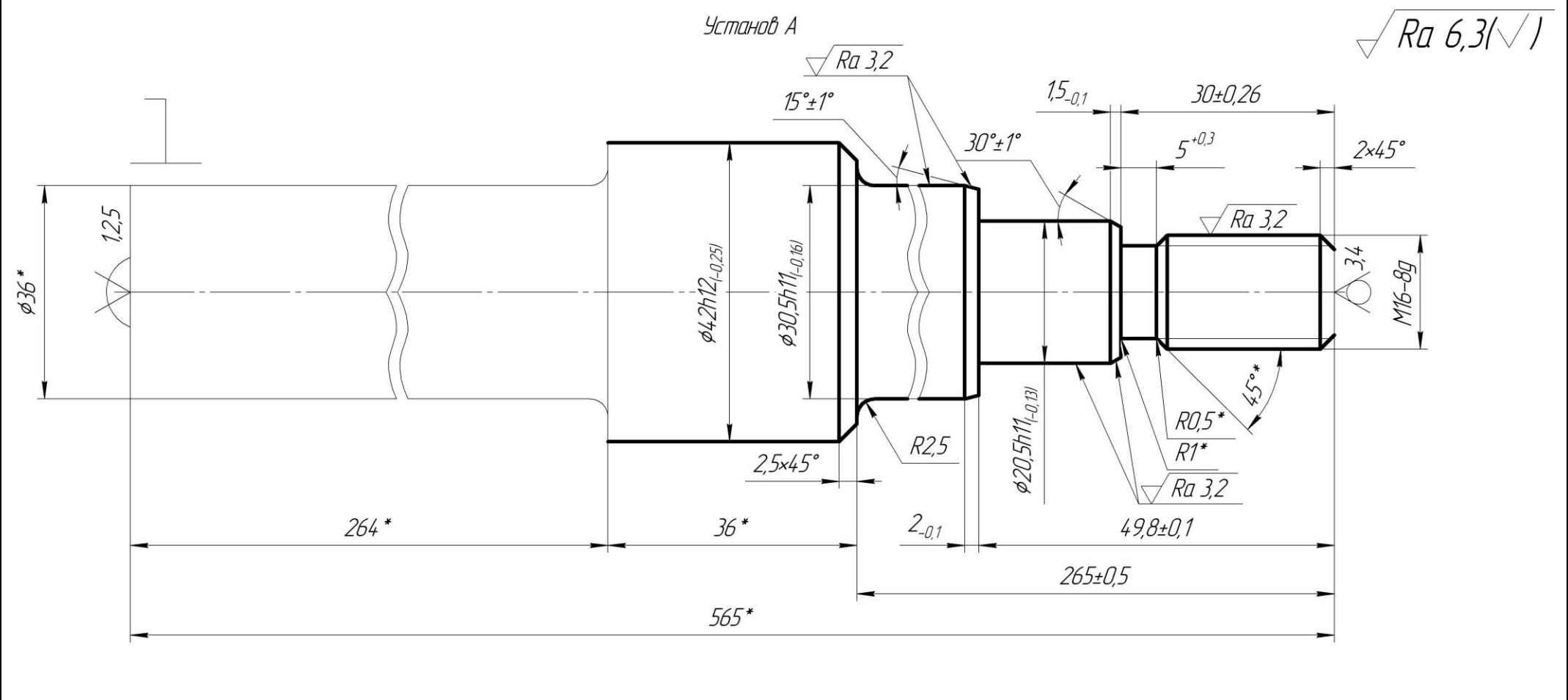
(_____)

«___» _____ 2019 р.

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7 САПР			

Разраб.	Меша			СумДУ	1.2760.77.280.01	-	СумГУ 20.146.00002				
Соглас.											
Н. Контр.	Івченко			Вал проміжний				XX	XX	XX	030



* Розміри для довідок.

КЭ			
----	--	--	--

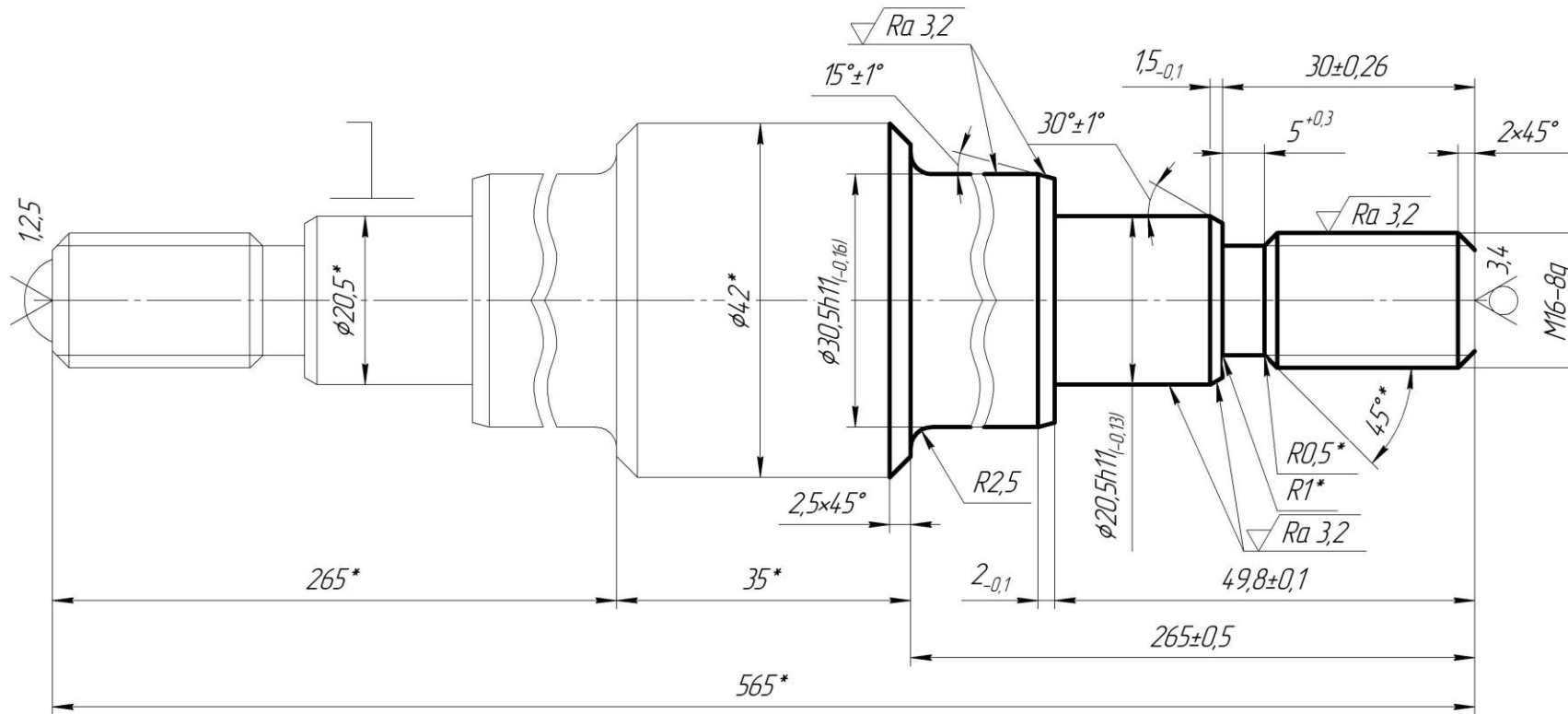
Дубл.			
Взам.			
Подп.			

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7 САПР			

			3	2
Разраб.	Меша			
Соглас.				
		СумДУ	1.2760.77.280.01	-
		СумГУ 20.146.00002		
Н. Контр.	Івченко	Вал проміжний		
		XX	XX	XX 030

Установ Б

$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{1})}$



* Розміри для довідок.

КЭ

