

**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 ОСІ 100.10.114-05 ШЛЯХОМ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ  
ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність *131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)*

Студент

Д.І. Ульянов

Керівник

В.О. Колесник

Консультант з охорони праці  
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В.В. Фалько

Нормоконтроль

О.В. Івченко

Суми – 2019

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 121 сторінках, включає 33 рисунки, 19 таблиць, бібліографії із 35 джерел.

Питання підвищення точності, якості обробки і продуктивності завжди залишаються актуальними для машинобудування. Удосконалення розрахунків на міцність, призводить до все більшого випуску високоточних деталей недостатню твердість, одним із видів яких є осі з відношенням довжини до діаметра понад 10, отже процес поверхнево-пластичного деформування являє собою актуальну наукову і практичну завдання.

**Метою дослідження** є удосконалення технологічного процесу виготовлення осі 100.10.114-05 шляхом підвищення ефективності процесу поверхнево-пластичного деформування.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталі ось.

**Предмет дослідження** – операція накатування деталі ось.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточувними пластинами, а також прогресивного технологічного оснащення. У для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось програмне середовище КОМПАС – 3D, а для моделювання дослідження при накатуванні накатними роликми пакет ANSYS.

**Наукова новизна:** полягає у тому, що на основі досліджень напружено-деформованого стану, модального аналізу, а також запропонованої конструкції подвійного накатника для поверхонь осі визначено максимальні величини переміщень та напружень які виникають при накатуванні, а також частоти власних коливань яких треба уникати при обробленні.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОСЬ, НАКАТУВАННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 121 страницах, включает 33 рисунка, 19 таблиц, библиографии из 35 источников.

Вопросы повышения точности, качества обработки и производительности всегда остаются актуальными для машиностроения. Совершенствование расчетов на прочность, приводит ко все большему выпуску высокоточных деталей недостаточной жесткости, одним из видов которых является оси с отношением длины к диаметру более 10, следовательно процесс поверхностно-пластического деформирования представляет собой актуальную научную и практическую задачи.

**Целью исследования** совершенствования технологического процесса изготовления оси 100.10.114-05 путем повышения эффективности процесса поверхностно-пластического деформирования.

**Объект исследования** - технологический процесс изготовления детали ось.

**Предмет исследования** - операция накатки детали ось.

**Методы исследования.** Работа выполнена с использованием современных положений технологии машиностроения и проектирования прогрессивных технологических процессов с использованием станков с ЧПУ, режущих инструментов со сменными неперетачиваемыми пластинами, а также прогрессивного технологического оснащения. В для реализации задач графической части квалификационной работы использовалось программное обеспечение КОМПАС - 3D, а для моделирования исследования при накатывании накатными роликами пакет ANSYS.

**Научная новизна:** заключается в том, что на основе исследований напряженно-деформированного состояния, модального анализа, а также предложенной конструкции двойного накатника для поверхностей оси определены максимальные величины перемещений и напряжений возникающих при накатывании, а также частоты собственных колебаний которых следует избегать при обработке.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОСЬ, НАКАТЫВАНИЕ, СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ**

## ABSTRACT

The explanatory note was made on 121 pages, includes 33 figures, 19 tables, bibliographies from 35 sources.

The issues of increasing accuracy, processing quality and productivity always remain relevant for mechanical engineering. The improvement of strength calculations leads to an ever-increasing production of high-precision parts of insufficient rigidity, one of the types of which are axes with a ratio of length to diameter of more than 10; therefore, the process of surface-plastic deformation is an urgent scientific and practical task.

**The purpose of the study** improvement of the technological process of manufacturing the axis 100.10.114-05 by increasing the efficiency of the process of surface-plastic deformation.

**The object of the research** is the technological process of manufacturing the axis.

**Subject of research** – rolling operation details axis.

**Research methods.** The work is carried out using modern technologies of mechanical engineering and the design of advanced technological processes using CNC machines, cutting tools with variable insignificant plates, as well as advanced technological equipment. In order to realize the tasks of the graphic part of the qualification work, the computer environment KOMPAS-3D was used, and for the simulation of the rigidity study for turning the ANSYS package.

**Scientific novelty:** is that on the basis of studies of stress-strain state, modal analysis, and the proposed design of double bumper for the surfaces of the axis determined maximum values of displacements and stresses that occur during rolling, as well as the frequency of natural oscillations that should be avoided during processing.

TECHNOLOGICAL PROCESS, AXIS, ROLLING, FIXTURE, CUTTING  
CONDITIONS

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації .....	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення .....	13
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва .....	18
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	19
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	24
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі .....	26
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	28
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	28
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки .....	31
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання .....	36
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення .....	38
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів .....	43
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів .....	48
2.7 Розрахунок режимів різання .....	50
2.8 Технічне нормування операцій.....	59
2.9 Проектування верстатного пристрою .....	62
2.10 Висновки .....	82
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	83
3.1. Теоретичні відомості про поверхнево-пластичне деформування.....	83
3.2 Розробка конструкції прогресивного пристрою для поверхнево- пластичного деформування.....	91
3.3 Аналіз власних частот деталі .....	95
3.4 Висновки .....	100
Висновки .....	101

Список джерел посилань .....	103
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ ОСЬ .....	107
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ .....	108
ДОДАТОК В ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	109
В.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Ось» .....	109
В.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення.....	115
В.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	119
В.4 Висновки .....	121

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни. З переходом України на ринкові відносини різко зросла потреба народного господарства в якісних, надійних, конкурентоспроможної продукції виготовлюваної машинобудуванням та іншими галузями промисловості. Для отримання якісної, конкурентоспроможної продукції на підприємствах, впроваджуються передові технології і високопродуктивне, прогресивне обладнання.

У зв'язку з гнучким використанням і створенням виробничих когось комплексів механічної обробки різанням особливого значення набувають верстати з ЧПК. Застосування верстатів з ЧПУ замість універсального обладнання мають суттєві особливості, і створює певні переваги:

- продуктивність верстата підвищується в 1.5 - 5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним керуванням;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що і дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки і обчислювальної техніки;
- знижується потреба у кваліфікованих робітничих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочується час пригоночних робіт в процесі складання, так як деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними;
- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованій записи програм і простіший універсальної технологічної оснастки;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас незавершеного виробництва.

**Метою дослідження** є удосконалення технологічного процесу виготовлення осі 100.10.114-05 шляхом підвищення ефективності процесу поверхнево-пластичного деформування.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталі ось.

**Предмет дослідження** – операція накатування деталі ось.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточувними пластинами, а також прогресивного технологічного оснащення. У для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось програмне середовище КОМПАС – 3D, а для моделювання дослідження при накатуванні накатними роликми пакет ANSYS.

**Наукова новизна:** полягає у тому, що на основі досліджень напружено-деформованого стану, модального аналізу, а також запропонованої конструкції подвійного накатника для поверхонь осі визначено максимальні величини переміщень та напружень які виникають при накатуванні, а також частоти власних коливань яких треба уникати при обробленні.

**Практичне значення отриманих результатів** для машинобудівної галузі полягає в можливості застосування у виробництві накатної головки.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра.** Не має.

**Публікації.** Не має.

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 121 сторінка, у тому числі 33 рисунки, 19 таблиць, бібліографії із 35 джерел на чотирьох сторінках.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Деталь «Ось» 100.10.114-05, входить у вузол «Колісна пара».

Колісна пара - найбільш важливий вузол ходової частини залізничного рухомого складу, що забезпечує його взаємодію з рейковим шляхом. Колеса передають на рейки вертикальні статичні (вага) і динамічні навантаження. Колеса локомотивів у взаємодії з рейками реалізують поздовжні горизонтальні сили (сили тяги і гальмівні). Крім того, направляючи рух рухомого складу в рейкової колії, колеса передають горизонтальні (напрямні) сили. (Більш докладно сили, що діють на ходову частину локомотива, розглянуті нижче.) З цим пов'язана важлива особливість ходових частин залізничного рухомого складу, відрізняють його від інших видів наземного колісного транспорту: колеса жорстко пов'язані з віссю в один обертається (як одне ціле) вузол, званий колісною парою.

Колісні пари, що складаються з осі і двох коліс, можуть відрізнитися за місцем розташування на осі букс і підшипників, передавальних на неї вертикальне навантаження (рисунок 1.1 а). Вони можуть бути розташовані зовні коліс 1 і спиратися на виступаючі зовнішні кінці а осі 2, звані шийками, або між колесами (опорні шийки в цьому випадку знаходяться на внутрішній частині осі). Перша схема робить більш зручним обслуговування підшипників в експлуатації і широко застосовується на різних типах рухомого складу, в тому числі і на більшості тепловозів. Друга схема, незручна для обслуговування букс, застосовується на паровозах, у яких на зовнішній поверхні коліс розміщуються деталі приводного дишлового механізму. Локомотивні колісні пари на відміну від вагонних мають пристрої для тягового приводу. Їх осі по суті є валами, які передають на колеса крутний момент. На вісь момент передається зазвичай через зубчасту передачу (рисунок 1.1. Б). При циліндричних зубчастих колесах 3 колісна пара може мати симетрич-

ний двохсторонній привід. Таку конструкцію мають колісні пари ряду електровозів. На тепловозах через труднощі розміщення тягових електродвигунів відповідної потужності застосовується несиметричний (бічний) односторонній привід. У тепловозів з гідропередачею і карданним приводом провідних колісних пар зубчасте колесо 3 укріплено ближче до середини осі (центральный привід).

Конструкція і стан колісних пар значно впливають на плавність ходу тепловоза і його вплив на шлях, на рівномірність реалізованої колісною парою сили тяги і на опір його руху. Безпека руху багато в чому визначається саме цими ж факторами: конструкцією і станом колісних пар. Типи, основні розміри і технічні вимоги обумовлені в стандартах.

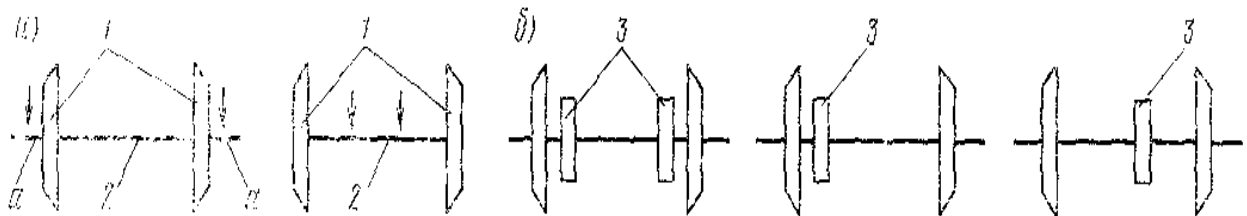


Рисунок 1.1 – Види колісних пар

Буксами називаються вузли ходової частини, що забезпечують можливість зв'язку обертається осі колісної пари з рамою візка і призначені для передачі через підшипники 3 (рисунок 1.3) вертикального навантаження  $P$  (ваги візка або локомотива) на обертові осі колісних пар, а також для передачі поздовжніх горизонтальних (тягових  $F$  або гальмівних  $B$ ) сил від буксових шийок 2 колісних пар через раму рухається складу. Одночасно букси (наприклад, через упори 1) сприймають і передають на раму бічні зусилля,  $У$ , направляють рух колісної пари в кривих ділянках колії. Під буксовими вузлом розуміють комплект деталей, що складаються з корпусу букси з кришкою, підшипників, упорів і ущільнюючих пристроїв.

Рассмотрим заданную колесную пару 30.10.002 СБ (рисунок 1.2).

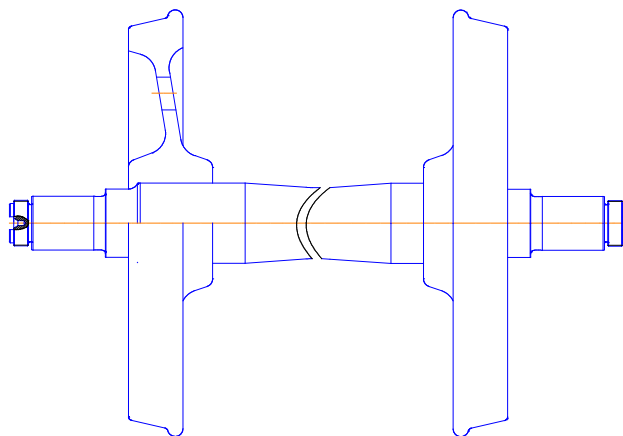


Рисунок 1.2 – «Колісна пара 30.10.002СБ»

Буксами називаються вузли ходової частини, що забезпечують можливість зв'язку обертається осі колісної пари з рамою візка і призначені для передачі через підшипники 3 (рисунок 1.3) вертикального навантаження  $P$  (ваги візка або локомотива) на обертові осі колісних пар, а також для передачі поздовжніх горизонтальних (тягових  $F$  або тор-мозних  $B$ ) сил від буксових шийок 2 колісних пар через раму рухається со-ставу. Одночасно букси (наприклад, через упори 1) сприймають і пере-дають на раму бічні зусилля,  $У$ , на-правляючі рух колісної пари в кривих ділянках колії. Під буксовими вузлом розуміють комплект деталей, состоя-щих з корпусу букси з кришкою, підшипників, упорів і ущільнюючих пристроїв.

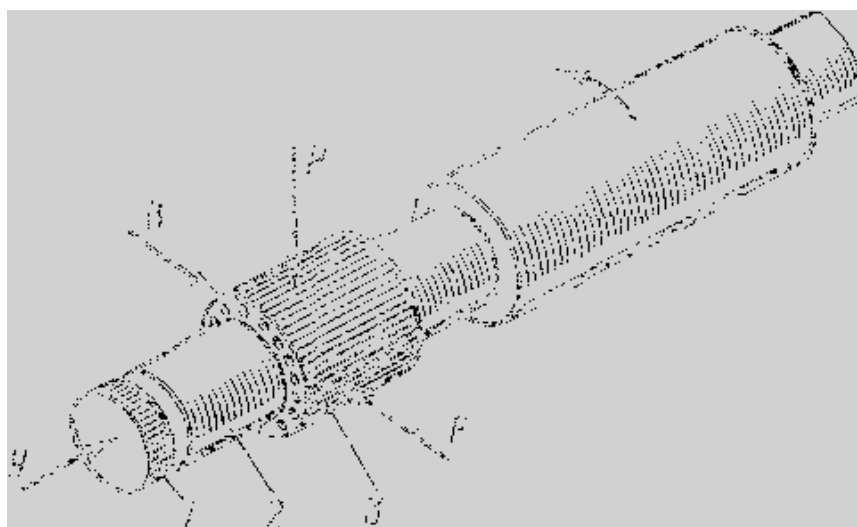


Рисунок 1.3 – Сили, що діють на шийку осі і підшипників

Основною частиною букс є підшипники, в яких обертаються шийки осей. Підшипники можуть бути двох типів: тертя ковзання і тертя кочення. Підшипники ковзання прості по пристрою, але вимагають ретельного догляду в експлуатації, контролю за наявністю мастила і станом підбиття (аналогічної моторно-осьових підшипникам) і мають більш високим опором руху. Такі підшипники встановлювалися тільки на перших серійних вітчизняних тепловозах повоєнної будівлі ТЕ1 і ТЕ2. Всі сучасні тепловози мають букси з роликівими підшипниками кочення. Букси з підшипниками кочення більш надійні, не потребують повсякденного спостереження, мають менший опір руху.

Вертикальне навантаження на букси зазвичай передається через пружні елементи (пружини) 3 з балансирами 4 або без них (малюнок 1.4). Букси можуть з'єднати з рамою локомотива або візки різними шляхами. Зазвичай вертикальними пазами свого корпусу букси встановлюється в вертикальні ж напрямні (кронштейни) рами (малюнок 1.4, а). Сили тертя між напрямними і корпусом букси ускладнюють вертикальні переміщення букси (наприклад, при проходженні нерівностей шляху) і роблять рух тепловоза менш плавним. Тому останнім часом застосовуються на тепловозах повідкові (безщелепні) букси, які пов'язані з рамою шарнірними повідками 6 (рисунок 1.4, б) і можуть переміщатися не тільки вертикалі, а й кілька повертатися щодо своєї осі за рахунок пружності шарнірів.

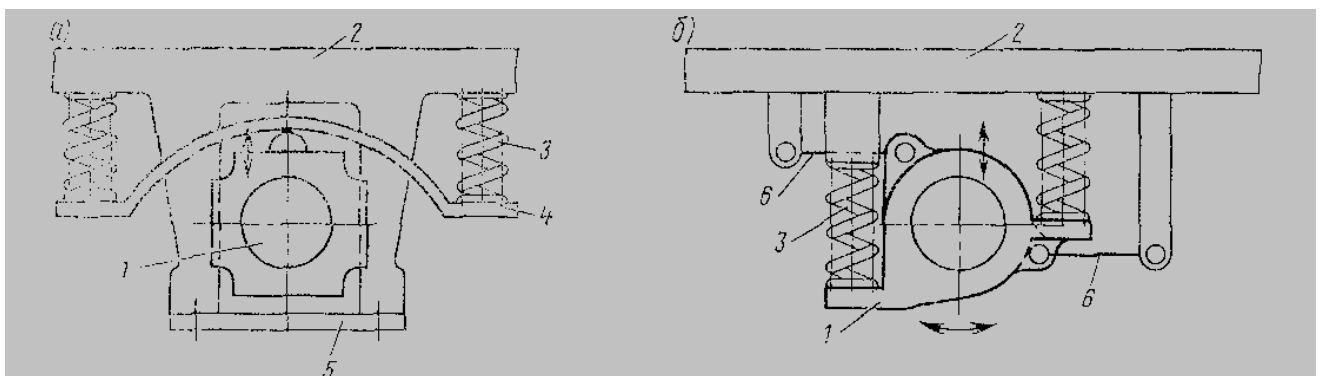


Рисунок 1.4 – Схема зєднань букс с рамою

Деталь «Вісь РУ1 100.10.013-5» є основною в складальному вузлі «Колісна пара».

Аналіз службового призначення поверхонь деталі проводимо згідно складального креслення. На деталі «Ось» можна виділити такі поверхні ( рисунок 1.5):

- основні конструкторські - 4,12;
- допоміжні конструкторські - 1,2,6,10,13,14,15,16,17;
- виконавчі -4,12,6,10;
- вільні поверхні -інші поверхні (служать для створення конфігурації, посилення (жорсткості) конструкції деталі).

Розглядаючи вісь в складальному вузлі можна зробити висновок, що вона позбувається п'яти ступенів свободи (подвійна спрямовуюча і опорна бази), вакантними залишаються одна зв'язок: обертання уздовж осі деталі (вісь X). Матриці зв'язків і відповідностей наведені у вигляді таблиць 1.1 і 1.2.

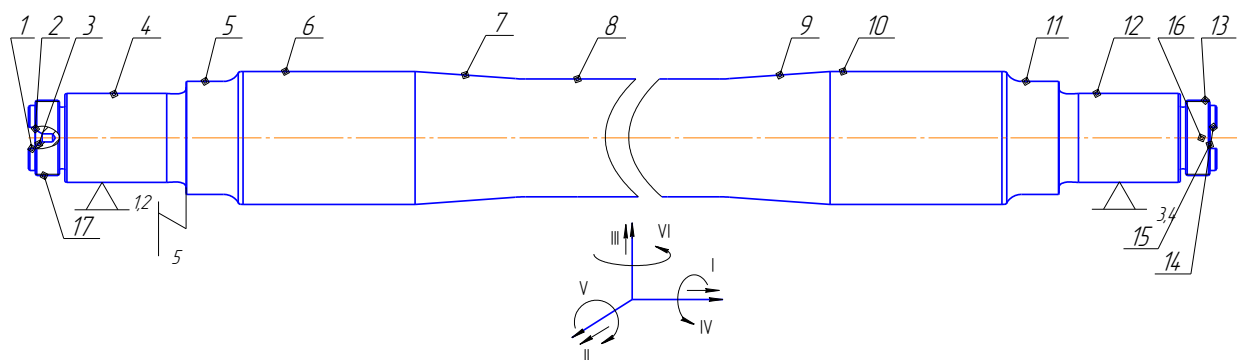


Рисунок 1.5 – Поверхні деталі «Ось»

Таблиця 1.1 – Матриця зв'язків

Связь	Степень свободы	
1,2,3,4	II, III, V, VI	ДНБ
5	I	ОБ
6	IV	Вакансия

Таблиця 1.2 – Матриця відповідностей

	X	Y	Z	
<i>l</i>	0	1	1	ДНБ
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	1	0	0	ОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Вакансія
<i>α</i>	1	0	0	

$$\Sigma = 4 + 1 = 5 \text{ ступенів.}$$

Розглянемо службове призначення кожної поверхні деталі, а також технічні вимоги, що пред'являються до них:

1, 14 - бокова поверхня торцевої лиски, визначається розміром 31 (+0,34), шорсткістю  $R_a = 12,5$  мкм. Дана поверхня є базує для стопорною планки (планка фіксує гайку);

2, 15 - дно торцевої лиски, визначається розміром 8 (+0,5) мм і шорсткістю 12,5 мкм по тому ж критерію. Дана поверхня є так само базує для стопорною планки;

3, 16 - центрові отвори, виконують роль чистових баз, отже отримують на першій операції (горизонтально-розточний) і в подальшому забезпечують принцип сталості баз при чорновому і чистовому точінні, накатці, шліфування. Виконуються по 14 квалітету але з шорсткістю конусної (базує) поверхні  $R_a = 1,6$  мкм;

4, 12 - циліндрична поверхня  $\varnothing 130$  мм, шорсткістю  $R_a = 1,25$  мм. Дана поверхня служить для розміщення (напресовкі, натяг в межах 0,1-0,15 мм) на ній буксових підшипників;

5, 11 - циліндрична поверхня  $\varnothing 165$  (-1,0) мм, шорсткістю  $R_a = 2,5$  мм. Між зовнішніми шийками і подступічної частинами знаходиться проміжна предпоступічная (розглянута) частина, що забезпечує поступовий перехід від діаметра

шийки ( $\varnothing 130$ ) до діаметру подступичної частини ( $\varnothing 194$ ), отже дана щабель зводиться до мінімуму концентрацію напружень;

6, 10 - циліндрична поверхня  $\varnothing 194$  мм, шорсткістю  $R_a = 1,25$  мм. Дана поверхня служить для розміщення (напресовки, натяг в межах 0,18-0,3 мм) на ній коліс, у колісній парі строго дотримується відстань між внутрішніми гранями бандажів - 1440 мм (дана вимога забезпечується при холодній або гарячій посадці коліс на вісь) . Для уникнення корозії між віссю і колесами перед напресовкою вісь змащують тонким шаром (до 0,02 мм) лаком або клеєм;

7, 9 - галтелі, під даними поверхнями розглянемо всі галтелі «Осі». На вісь в експлуатації діють знакозмінні навантаження, і її матеріал працює на втому. Тому необхідність плавних переходів (галтелів) від одного діаметра до іншого має велике значення, що б уникнути концентрації напружень і появи так званих втомних тріщин. Для зміцнення поверхонь використовують накатку сталевими загартованими роликами, при натисканні на ролик 30-40кН;

8 - циліндрична поверхня  $\varnothing 172 (+3)$  мм, шорсткістю  $R_a = 2,5$  мм. Дана поверхня є вільна і не виконує ніяких функцій, крім зв'язку «посадкових частин» під колеса і букси;

13, 16 - різьблення M100x4-6h, з шорсткістю витків  $R_a = 2,5$  мкм. Дана поверхня служить для накручування стопорній гайки, яка в свою чергу виконує роль стяжки буксових підшипників і контргається стопорною планкою (розглянута раніше).

Все нерозглянуті поверхні є сполучними, і відповідно технічним вимогам на деталь допуски на дану категорію розмірів призначаються по 14 квалітету точності (ГОСТ 25346-82).

Деталь «Ось» має круглий поперечний переріз з різними діаметрами по довжині в залежності від призначення її частин, важко навантажена, при роботі відчуває знакозмінні навантаження.

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

Дана деталь «Ось» 100.10.114-05 відноситься до деталей типу валів, так як відношення  $l / d > 1$  ( $2540/120 > 10$ ). Деталь сама по собі є жорсткою, так як має досить велику товщину стінок в районі поверхонь закріплення, тобто не буде деформуватися під дією сил закріплення (наприклад, в трикулачкові патрони). Внаслідок того, що деталь жорстка можна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал деталі «Ось» - легована сталь марки ОсВ, що містить у своєму складі 0,4% вуглецю, 1% хрома, а інше – залізо. Матеріали замітники – сталь 45, сталь 50, сталь 50Г2, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Фізико-механічні властивості сталі ОсВ ГОСТ 4728-79

Матеріал	$\sigma_b$ , МПа	$\Psi$ , %	Твердість НВ	Хімічний склад, %					
				C	Si	Mn	Cr	S	P
ОсВ	600	40	163-168	0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,8- 1,1	дуже мала доля	
Сталь45	610	35	170-179	0,42- 0,50	0,17- 0,37	0,5- 0,8	<0,25		
Сталь50	605	35	196-202	0,47- 0,55	0,17- 0,37	0,5- 0,8	<0,25		
Сталь50Г2	585	25	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 повинна забезпечувати умови міцності та безвідмовності у продовж певного часу, тому сталь ОсВ є гарним вибором. Хоча вона і



дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всієї колісної пари необхідно.

Аналіз технічних вимог запропонованих конструктором до деталі «Ось»:

- \* Розмір забезпечується інструментом. Дана вимога обумовлює отримання галтелів та інших дрібних елементів геометрією ріжучого інструменту;

- \* Розмір для довідок. Дана вимога обумовлює отримання, невідповідальних або одержуваних при складанні, розмірів (вбільшенстве лінійних);

- Накатку осі робити відповідно до ГОСТ 30237-96. Накатка повинна забезпечувати підвищення поверхневої твердості на 22% не менше з поступовим зниженням твердості до вихідної при глибині наклепаного шару не менше 0,02-0,04 мм діаметра накатуваної частини, при цьому допускається:

1. відсутність наклепаного шару на шиях і предподступочних частинах на довжині не більше 8 мм від торців з подальшим поступовим збільшенням наклепаного шару до необхідних параметрів на довжині 12-14 мм;

2. на галтелях шийок відсутність наклепаного шару на довжині не більше 3 мм від торця предподступочной частини, галтелях - на довжині не більше 12 мм від торця подступочной частини, з подальшим поступовим збільшенням наклепаного шару до необхідних параметрів;

3. зменшення глибини наклепаного шару на конусах подступочних частин;

4. поверхні шийок і предподступочних частин допускається після поле накатки шліфувати. Припуск на шліфування повинен бути не більше 0,4 мм на сторону.

Дана вимога обумовлює технологію накатки, а саме допустиму величину не накатаній поверхні, глибину наклепанної частини, припуск під наступне шліфування. Дотримання цих вимог забезпечить твердість, міцність, зносостійкість, стійкість до корозії деталі, а отже і довговічність її роботи.

Допускається:

1. Зсув отвори Д щодо осі паза. Дана вимога обумовлюється конструктором у вигляді позиційного допуску, який становить 0,2 мм;

2. Викошування або зрив різьби в отворах Д не більше ніж на одному витку в кожному отворі. Дана вимога обумовлює якість одержуваної різьблення, яка виконує роль кріпильної (для стопорною планки), а отже впливає на працездатність вузла в цілому;

3. На торцях різьбової частини осі з боку шийки напливи металу висотою до 0,4 мм, а з боку паза висотою до 1 мм за умови забезпечення розмірів Е і Ж у площині наплавів;

4. У різьбовій канавці виступ з боку шийки висотою до 0,7 мм, шириною не більше 2 мм, що не виводять розмір З за межі допусків. Наведені вимоги уточнюють можливі відхилення профілю і форми поверхонь утворюються при отриманні різьблення М100-4, особливо цей фактор буде значущий якщо різьблення накочується;

5. На середній частині осі після накатки наявність плавно сполучених з тілом осі потовщень висотою не більше 1,0 мм в місцях перекриття роликів. Точність отримання профілю різьблення має велике значення, так як це тягне за собою точність рухомого з'єднання гвинт-гайка, а особливо впливає на довговічність і міцність з'єднання;

6. На торці підступічної частини напливи металу висотою до 0,4 мм, шириною до 2 мм;

7. На поверхнях осі, крім поверхні підступічної частини довжиною 220 мм від торця, світлові відблиски як слід від підтримуючих роликів при шліфуванні осі, без зміни твердості та зниження величини параметра шорсткості. Дана вимога обумовлює можливість використання люнета і допустимі дефекти одержувані від його використання роликів;

8. Зачистка наждачним папером або абразивним сегментом місць переходу заходних конусів підступічної частини в циліндричну частину на довжині не більше 16 мм від торця, за умови збереження величини параметра шорсткості. Дана вимога обумовлює слюсарну зачистку переходу галтелі в діаметральну поверхню, при неможливості досягнення цього на механічних операціях;

9. На підступічних частинах осі світлові відблиски глибиною не більше 0,007 мм, як наслідок пробуксовки осі на роликовому транспортері автоматичної лінії. Дана вимога обумовлює допустимі забоїни при транспортуванні осі.

10. Не проводити повторну накатку місць зачистки місцевих поздовжніх і звивистих рисок на подступочних частинах ізбоїн на середній частині осі, при цьому зачистка повинна бути поздовжньої до необхідної шорсткості. Дана вимога обумовлює слюсарну зачистку місць забоїн (отримані після накатки) з досягненням відповідного якості поверхні;

11. На торці осі в пазу маркувальний кернаглубіной 0,5-1 мм, діаметром не більше 1,5 мм. Дана вимога обумовлює максимально допустимі використовувані керна (визначається максимальна глибина накерніванія);

12. На стінах паза вм'ятини глибиною до 0,4 мм, довжиною не більше 8 мм або глибиною до 0,2 мм, довжиною не більше 14 мм, як слід від провідних пальців патрона;

13. На подступочних частинах на відстані не менше 225 мм від торців, відбитки від контролю твердості по Роквеллу глибиною не більше 0,2 мм в кількості не більше 3 штук. Дана вимога обумовлює місце вимірювання твердості накатаного шару і максимальне значення одержуваних рисок;

14. Чи не контролювати по одному витку різьби, виключаючи заходная частини з кожного боку різьблення, виконаної методом накатки, за умови забезпечення зачеплення з гайкою не менше 5 витків з повним профілем;

15. Шорсткість різьблення  $I R_a = 2,5$  мкм при виконанні її методом нарізки. Дана вимога зумовлює отримання різьблення з шорсткістю  $R_a = 2,5$  мкм, при її нарізці, яке забезпечить точність і якість профілю витка, що спричинить за собою і довговічність і надійність роботи різьблення;

16 Зачистка першого витка різьби I до сторони торця при наявності забоїни. Дана вимога необхідно виконати для забезпечення баз скрутного і плавного накручування стопорній гайки;

17. Зміщення діаметра  $D$  щодо центрального конуса  $\varnothing 1$  мм, допуск залежний;

18. Виготовлення за штрихпунктирної лінії. Дана лінія конструктором передбачено для обробки з зняттям матеріалу, а в подальшому галтелі будуть накочуватися до «креслярських розмірів»;

- При виготовленні осі за варіантом 2 виносного елемента IV маса 435 кг, за варіантом 1 або 3 маса 419 кг;

- При контролі осі дефектоскопіювання скупчення магнітного порошку не допускається. Дана вимога передбачає наявність чистих поверхонь осі від сторонніх предметів (пилу, піску, порошку);

- Інші технічні вимоги по ГОСТ 22780-93 і ГОСТ 30237-96, ГОСТ 3027-96;

- Розмір фасок Н контролювати до накатки або нарізки різьблення. Даний пункт обумовлює можливість деформацію фасок при отриманні різьблення;

- Допускається виконувати фаски П величиною R1-2 мм. Дана вимога обумовлює притуплення гострих кромки фаскою або жолобником;

- Допускається на поверхні Р гвинтова ризику від виходу різця глибиною не більше 0,5 мм і шириною не більше 2 мм. Дана лінія може вийдуть при виході різного різця;

- Діаметр До виконати рівним (164,9-165,0) мм мм;

- Допускається для осей виготовлених нема на автоматичних лініях, допуск радіального биття подступочних частин осі відносно поверхні шийок 0,2 мм. Дані допуск обумовлює зниження вимоги при обробці в серійному або одиничному (ремонтному) виробництві.

- Незазначені на кресленні деталі граничні відхилення розмірів отвористій- Н14, валов- h14, інших -. Пояснення: поверхні, на які не стоять вимоги точної обробки, повинні оброблятися з якітетом точності отвору Н14, отвори h14 (зовнішні циліндричні поверхні), лінійні розміри -  $\pm IT12 / 2$ .

### **1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва**

Тип виробництва розрахований на ЕВМ. Вихідні дані для розрахунку наведені так само в додатку. Згідно розрахунку тип виробництва - малосерійний.

Дрібносерійне виробництво наближається за своїми технологічними особливостями до одиничного виробництва. Цьому типу виробництва властива велика номенклатура виробів, порівняно невеликий обсяг випуску і велика кількість виконуваних на різних робочих місцях операцій. Коефіцієнт закріплення операцій визначається відношенням числа всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць. Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 коефіцієнт закріплення операцій становить для дрібносерійного типу виробництва - понад 20 до 40 включно.

По всіх технологічних і виробничих характеристикам серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом.

Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко використовуються верстати з ЧПУ, обробні центри і знаходять застосування гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортують пристроями і керованим від ЕОМ. Технологічне оснащення в основному універсальна, однак, у багатьох випадках створюється високопродуктивна спеціальне оснащення; при цьому доцільність її створення повинна бути попередньо обґрунтована техніко-економічним розрахунком. Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувані технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності серійного виробництва. В якості вихідних заготовок використовуються гарячий і холодний прокат, лиття другого класу точності, точні види лиття і точні штампування, доцільність застосування яких також обґрунтовується техніко-економічними розрахунками. Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів з частковим застосуванням розмітки.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але

нижче, ніж в одиничному. Поряд з робочим високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, і налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляються для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

Для серійного типу виробництва рекомендується предметна форма організації робіт, при якій верстати розташовуються в послідовності технологічних операцій для однієї деталі. Деталі обробляються на верстатах партіями; при цьому час виконання операції на окремих верстатах може бути не погоджено з часом обробки на інших верстатах. Виготовлені деталі під час роботи зберігають у верстатів і потім транспортують цілої партією. Деталі, які очікують надходження на наступний верстат для виконання чергової операції, зберігають або біля верстатів, або на спеціальних майданчиках між верстатами, на яких проводиться контроль деталей [3].

Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем відповідно до ГОСТ 3.1108-74 закріплено від 21 до 40 операцій.

#### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Оцінка технологічності деталі «Ось» 100.10.114-05 за якісними показниками включає в себе:

- оцінка по технологічності матеріалу, з якого виготовлена деталь. Дана деталь виготовлена зі сталі марки ОсВ, хімічний склад наведено вище в пункті 2. Матеріалом заміником для цієї сталі є сталь 45 ГОСТ 1050-88, 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 диким 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.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання можна виділити, що основна маса оброблюваних поверхонь є простими (плоскими, циліндричними), що полегшує обробку деталі тому точність і стабільність обробки значною мірою визначається простотою конструктивних форм. Маса деталі 416 кг. Це означає, що для установки і транспортування її потрібно використовувати допоміжні механізми (кран балку або мостові крани).

На підставі вивчення креслення, а також умови роботи виробу, в розглянутій деталі «Вісь» присутні наступні нетехнологічні елементи:

- габарити деталі і її маса ускладнюють транспортування, установку і зняття заготовки в процесі її руху по механічному ділянці згідно з технологічним процесом;

- так як дана деталь відповідальна і необхідно ущільнити поверхневий шар то великі витрати часу будуть приведені на накатку, що спричинить збільшення собівартості деталі;

- максимальний оброблюваний діаметр  $\varnothing 209$  мм, що потребують досить потужний привід головного руху;

- з урахуванням габаритів деталі, потрібна велика обладнання, яке на порядок дорожче від такого ж але на клас менше;

- не технологічна нарізка різьблення M110x4-6h, так як для її отримання необхідний спеціальний ріжучий інструмент, а так само нарізка даної різьби досить трудомісткий процес, що неістово призведе до збільшення собівартості деталі;

- наявність складних галтелей передбачає використання токарних верстатів з ЧПУ, які за прейскурантом дорожче від універсального приблизно в 1,5 рази, в сою чергу вартість основних фондів і амортизаційні відрахування на їх відновлення увійдуть у вартість деталі.

Вищевикладені зауваження викликані конструктивними міркуваннями і змінити що-небудь не представляє можливості.

Циліндричні поверхні «Осі» мають шорсткість поверхні  $R_a = 1,25-2,5$  мкм і точність поверхні 6-9 квалітет, що досягається шліфуванням, отже потрібно Круглошліфувальна операція і як результат додаткові витрати.

Так як  $l / d \geq 12$ , то необхідно застосовувати люнет, що вимагає додаткових витрат на його встановлення та налаштування, що призведе до збільшення основного часу і як наслідок собівартості деталі.

При механічній обробці поверхні для базування і закріплення є досить відкритими і розвиненими, що не викликає труднощі при закріпленні і обробці.

Чи не технологічно так само досягнення биття торця  $\varnothing 130 / \varnothing 165$  щодо бази С, циліндрична поверхня  $\varnothing 130$ , яке обумовлено конструктором як 0,02 мм. Дана вимога досягається на токарної чистової операції з проточкою циліндричної базової поверхні і підрізуванням торця з одного установка з дотриманням режимів різання, правильної геометрії ріжучої кромки, а так само відповідного обладнання.

Чи не технологічним так само є виготовлення деталі з поковки V групи. Дана група згідно ГОСТ 8479-70 передбачає перевірку твердості заготовки в обсязі 100%. Так само передбачається ГОСТом виготовлення та випробування зразків на розтягнення і ударну в'язкість. Зразки повинні бути взяті з кожної заготовки. У разі якщо зразки не пройшли випробувань, то необхідно проводити повторне випробування на подвійній кількості зразків. Поздовжня вісь зразків розташовується на 1/6 діагоналі прямокутної заготовки.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:



$$K_{ИМ} = \frac{M}{M_3}, \quad (1.1)$$

де  $M$  – маса готової деталі,  $M = 416$  кг

$M_3$  – маса заготовки,  $M_3 = 690$  кг

$$M_3 = M \cdot K_p = 416 \cdot 1,6 = 685 \text{ кг} \quad (1.2)$$

$$K_{ИМ} = \frac{416}{685} = 0,61$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{ym} = \frac{K_{бИМ}}{K_{ИМ}}, \quad (1.3)$$

де  $K_{бИМ}$  – базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{бИМ} = 0,3$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ym} = \frac{0,3}{0,625} = 0,49$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

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

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

$T$  – клас точності обробки.

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

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 = 110$$

$$K_m = 1 - \frac{9}{110} = 0,91 > 0,8$$

Таблиця – 1.4 Якісна оцінка технологічності

Наименование поверхностей	Количество поверхностей, шт.	Квалитет точності	Параметр шероховатости Ra, мкм
1	2	3	4
Поверхность ø130	2	6	1,25
Поверхность ø90	4	16	6,3
Поверхность ø165	2	12	2,5
Поверхность ø194	2	17	1,25
Поверхность ø172	1	17	2,5
Поверхность ø42	2	14	12,5
Поверхность ø10,5	4	14	12,5
Резьба M110x4	2	6	2,5
Резьба M12	4	7	3,2
Торцы	10	14	6,3
Фаски	16	14	3,2
Дно паза	1	14	12,5
Боковые поверхности паза	2	12	12,5
Конус 90°	2	14	12,5
Конус 120°	2	14	1,6
Галтели	20	14	2,5
$\Sigma$	76	1013	360,4

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = \frac{1}{\sum Ш_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

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

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 5 = 42,9$$

$$K_w = \frac{9}{42,9} = 0,2 < 0,32$$

За цим показником деталь технологічна.

### 1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

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

Розглянемо заводський аналог технологічного процесу виготовлення деталі «Ось».

У базовому технологічному процесі заготовка - поковка кована на молотах, це найбільш раціональний метод отримання заготовки, так як форма заготовки і деталі максимально наближені. У пропонованому технологічному процесі заготовка так само буде - кування.

Дану заготовку на наступній операції необхідно обов'язково піддати термічній обробці для зменшення зерна і зняття внутрішніх напружень одержуваних на заготівельній операції, а також відбувається відповідна твердість.

На наступних механічних операціях від заготовки на лентопільном обладнанні відрізають пробу в подальшому її розкрояють на зразки для випробувань.

На контрольній операції відбувається випробування зразків на механічні властивості (на розтягнення, розрив, междукрісталліческую корозію).

На горизонтально-розточній операції заготовку торцюють і центрують, го-

тують чистові бази.

На токарній операції з двох встановивши відбувається обдирання під ультразвуковий контроль (УЗК).

На контрольній операції відбувається безпосередньо УЗК.

На наступній токарній операції з двох встановивши відбувається обробка осі остаточно або з припуском під накатку або шліфування.

На токарно-накатній операції відбувається накатка шийок осі.

На круглошліфувальних операції з двох встановивши відбувається шліфування шийок Осі під підшипники букси.

На контрольній операції відбувається контроль кольорової дефектоскопії.

На останній контрольній операції відбувається контроль всіх розмірів і допусків згідно вимог креслення.

Уявімо базовий технологічний процес у вигляді таблиці

Таблиця 1.5 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Зміст операції	Базування	Обладнання
005	Обработка давлением			
010	Термічна	Достижение твердости и прочности заготовки		Термическая печь
015	Виготовлення зразків	Отрезка и раскрой пробы на образцы		
020	Технический контроль	Испытание образцов		
025	Горизонтально-расточна	Торцовка и центровка оси	На столе станка в призмах приспособления	2636
030	Токарна	Обдирка оси под УЗК	В центрах	1М63Б
035	Технічний контроль	УЗК	В центрах	

040	Токарна	Чистовое точение оси	В центрах	1М63Б
045	Токарно-накатна	Накатка шеек оси	В центрах	КЖ1844
050	Технічний контроль	Цветная дефектоскопия		
055	Круглошлифовальна	Шлифовка шеек оси	В центрах	3М194
060	Технічний контроль	Контроль размеров и допусков		
065	Слюсарна			

Аналізуючи технологічний процес можна сказати, що механічна обробка включає в себе практично весь ряд груп верстатів. Універсальне обладнання замінимо на верстати з ЧПУ, що дозволить скоротити основний час і виключити людський фактор в процесі обробки.

### **1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі**

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

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

Таблиця 1.6 - Методи досягнення розмірної точності з урахуванням шорсткості поверхонь

Група поверхонь	Найменування поверхностей	Методи досягнення точності і шорсткості
Точні 6-8 квалітети	Зовнішня циліндрична Ø130k6	Для досягнення заданої точності та шорсткості поверхні застосовують 4 стадії обробки (чорнове, напівчистове, чистове та тонке точіння. Шорсткість поверхні досягається на останній стадії, а також завдяки жорсткості системи ВПД, а також правильним підбором режимів різання та інструменту.
Середньої точності 9-11 квалітети	Зовнішня циліндрична Ø165h11	Для досягнення заданої точності та шорсткості поверхні застосовують 2 стадії обробки (чорнове та напівчистове точіння. Шорсткість поверхні досягається на останній стадії, а також завдяки жорсткості системи ВПД, а також правильним підбором режимів різання та інструменту.
	Різь М110х4 – 6h	Вимоги до точності і шорсткості досягаються обробкою двома різцями.
	Пази 31H10	Вимоги до точності і шорсткості паза досягаються завдяки двом стадіям обробки – чорнове та чистове фрезерування, а також жорсткістю системи ВПД, правильним вибором режимів різання і матеріалу інструменту.
Грубі 12-14 квалітети	Всі інші розміри	Для досягнення точності 12-14 квалітетів досить застосувати чорнове і в крайньому випадку напівчистове точіння або інший вид обробки (свердління, фрезерування. При чорновому або напівчистовому точінні більш великі подачі і малі швидкості різання в порівнянні з режимами застосовуваними при чистової й оздоблювальній стадіях. Матеріал ріжучого інструменту містить в 2-2,5 раза більше кобальту ніж при чистової обробки.

## РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

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

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

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати:

- технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;
- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

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

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Випробування зразків

020 Токарна чорнова

025 Токарна чистова

030 Шліфувальна  
035 Фрезерна  
040 Слюсарна  
045 Координатно-розточувальна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Ковка заготовки  
010 Термічна обробка  
015 Випробування зразків  
020 Токарна чорнова  
025 Токарна чистова  
030 Фрезерна  
035 Координатно-розточувальна  
040 Шліфувальна  
045 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки  
010 Термічна обробка  
015 Токарна чорнова  
020 Свердлильна  
025 Шліфувальна  
030 Випробування зразків  
035 Токарна чистова  
040 Слюсарна  
045 Координатно-розточувальна

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



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

Найбільш точні зовнішні поверхні виконуються по 6,7 квалітету і мають шорсткість Ra 1,25 мкм.

Необхідні точність і шорсткість можна отримати такими способами.

Таблиця 2.1 - Варіанти обробки зовнішніх поверхонь

I варіант		II варіант	
1	Точіння чорнове, IT12, Ra 12,5	1	Точіння чорнове, IT12, Ra 6,3
2	Точіння напівчистове, IT10, Ra6.3	2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 3,2
3	Точіння напівчистове, IT9, Ra3.2	3	Точіння чистове, IT9, Ra2,5
4	Точіння чистове, IT6, R0,63	4	Шліфування, IT6, 0,63

Вибираємо II варіант, тому що шліфування продуктивніше.

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

Для отримання необхідної шорсткості необхідно:

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

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

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

Для інших поверхонь, що мають 12 квалітет точності і шорсткість

Ra 6,3 мкм, достатня чорнова обробка

## 2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі.

Вид заготовки встановлюється внаслідок аналізу креслення деталі, її матеріалу і технічних вимог до виготовлення, обсягу випуску, габаритів і маси, на підставі техніко-економічного порівняння кількох варіантів.

Дану деталь можна отримувати наступними способами:

- прокат;
- кування кована на молотах.

Виходячи з маршруту технологічного процесу заводського варіанту заготовлюю для деталі «Ось» є прокат  $\varnothing 210$  і довжиною 2320 мм. Маса такої заготовки становить:

$$m = \rho \cdot v, \quad (2.2)$$

де  $\rho$  - густина матеріалу,  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ ;

$V$  -об'єм заготовки,

$$V = \frac{\pi d^2}{4} L; \quad (2.3)$$

$d$  – діаметр заготовки,  $d = 21 \text{ см}$ ;

$L$  -довжина заготовки,  $L=232 \text{ мм}$ .

$$V = \frac{3,14 \cdot 21^2}{4} 232 = 80315 \text{ см}^3,$$

тоді

$$m_{заг} = 80315 \cdot 7,85 = 630472 \text{ г} = 630,5 \text{ кг.}$$

Собівартість проката:

$$S_{заг} = M + C_{о.з.}, \quad (2.5)$$

де  $M$  – затрати на матеріал заготовки, по формулі:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (2.6)$$

$S = 12$  грн – ціна 1 кг матеріала заготовки, грн;

$$M = 12 \cdot 630,5 - (630,5 - 416) \frac{900}{1000} = 7372,5 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

$C_{о.з.}$  - технологічна собівартість операції правки, розрезки на штучные заготовки и определяется по формуле:

$$C_{о.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт}}{60 \cdot 100}, \quad (2.8)$$

де  $C_{п.з.}$  - приведені затрати на робочому місті правки (1667 коп/ч.), різки (1213 коп/ч.) коп/ч;

$T_{шт} = 160$  - штучний час виконання заготівельної операції, хв.

$$C_{о.з.} = \frac{(1667 + 1213) \cdot 160}{60 \cdot 100} = 130,5 \text{ грн.} \quad (2.9)$$

$$S_{\text{заг}} = 7372,5 + 130,5 = 7503 \text{ грн.}$$

Так як «Ось» деталь відповідальна отже в прийнятому технологічному процесі заготовку будемо отримувати куванням на пресі, з наступною термічною обробкою, дана сталь ОСВ не схильна до відпускнуї крихкості.

Вихідні дані для розрахунку припусків:

Нагрівання заготовки - індукційний.

Матеріал - сталь ОСВ ГОСТ 4728-79.

Маса деталі - 416 кг.

Призначаємо припуски і граничні відхилення відповідно до ГОСТ 7062-70.

$\varnothing 194$  мм -  $15 \pm 3$  мм; розмір заготовки  $209 \pm 3$  мм.

$\varnothing 172$  мм -  $13 \pm 3$  мм; розмір заготовки  $185 \pm 2,5$  мм.

$\varnothing 130$  мм -  $10 \pm 2$  мм; розмір заготовки  $140 \pm 2$  мм.

$L=2294+130=2424$  мм  $30/2 \pm 8,5$  мм; розмір заготовки  $2439 \pm 8,5$

$l=340$  мм -  $16 \pm 4$  мм; розмір заготовки  $356 \pm 4$  мм.

$l=221$  мм -  $15 \pm 3$  мм; розмір заготовки  $236 \pm 3$  мм.

Визначимо масу заготовки

Для кування на молотах приймемо масу деталі з урахуванням поправочного коефіцієнта  $K_p = 1,6$ , тоді маса заготовки буде визначатися як

$$m_{\text{заг}} = 1,6 m_{\text{дет}} = 1,6 \cdot 416 = 500 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_{\text{Д}}}{m_3} \geq 0,7, \quad (2.10)$$

де  $m_{\text{Д}}$  – маса деталі, кг;

$m_3$  – маса заготовки, кг;

0,7 – рівень технологічності ЕСТП.

$$K_3 = \frac{416}{500} = 0,75.$$

$K_3 \geq 0,7$ , отримання заготовки технологічно.

Собівартість заготовки одержуваної куванням визначаємо за формулою:

$$S_{3AG} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_b \cdot \mathcal{J}_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (2.11)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тони матеріала, грн.

$C_i = 12000$  грн

$Q$  – маса заготовки, кг;

$q$  – маса готової деталі, кг

$K_t$  – коефіцієнт точності штамповки.

$K_t = 1$

$K_m$  – коефіцієнт впливу матеріала.

$K_m = 1,22$

$K_n$  – коефіцієнт групи серійності.

$K_n = 0,95$

$K_b$  – коефіцієнт групи складності.

$K_b = 1,1$

$K_v$  – коефіцієнт маси штамповки.

$K_v = 0,98$

$S_{отх}$  – ціна однієї тони відходів, грн.

$S_{отх} = 900$  грн

$$S_{3ар} = \left( \frac{12000}{1000} \cdot 500 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (500 - 416) \cdot \frac{900}{1000} = 7496,5 - 75,5 = 7421 \text{ грн.}$$

Останочне обгрунтування проведемо підрахував економічний ефект від метода отримання заготовки штамповкою:

$$\mathcal{E}_3 = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) N, \quad (2.12)$$

де  $S_{\text{заг2}}$  - вартість заготовки з проката грн,

$S_{\text{заг1}}$  - вартість штампованої заготовки грн,

$N$  - річний обсяг випуска.

$$\mathcal{E}_3 = (7503 - 7421) 500 = 41000 \text{ грн.}$$

Ескіз заготовки на рисунку 2.1.

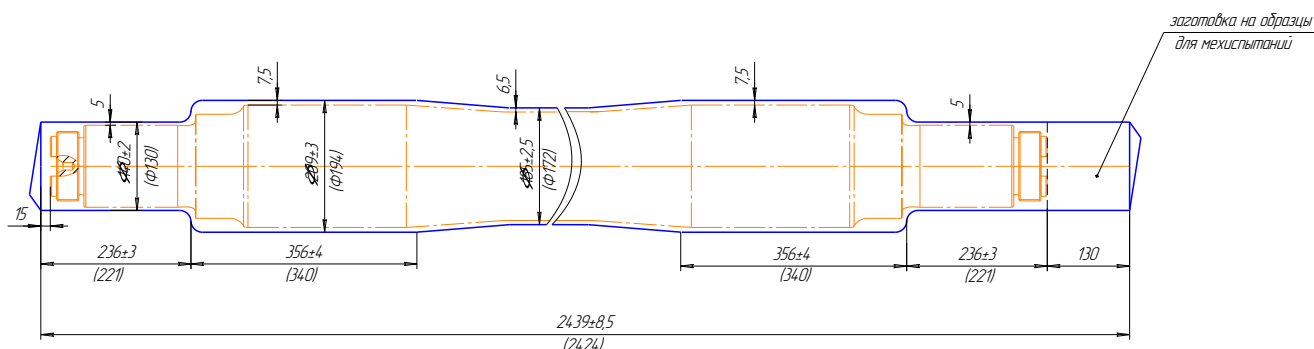


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку заготовки

Номинальный размер элемента детали, мм	Припуск	Допускаемые отклонения размеров заготовки, мм	Окончательный размер элемента заготовки, мм
194	15	±3	209±3
172	13	±3	185±2,5
130	10	±2	140±2
2294	30	±8,5	2439±8,3
340	16	±4	356±4
221	15	±3	236±3

### 2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 130_{+0.025}^{+0.052}$  кб мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

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

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);

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

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{\text{заг(прокат)}} = \Delta_k l = 2439 \cdot 0,08 = 195 \text{ мкм}, \quad (2.3)$$

а  $\rho_{i-1}$  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:

$$\rho_{\text{чер}} = 195 \cdot 0,06 = 12 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 195 \cdot 0,05 = 10 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 195 \cdot 0,05 = 10 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{шлі}} = 195 \cdot 0,04 = 8 \text{ мкм.}$$

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 Т, мм	Елементи припуску, мкм				
				R <sub>zi-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>y</sub> , МКМ	
							ε <sub>6</sub> МКМ	ε <sub>3</sub> , МКМ
-	Т3	±2	300	300	12	100	200	800
Точіння чорнове	кв. 14	-1,0	150	150	10	50	100	200
Точіння напівчистове	кв. 10	-0,16	50	50	10	25	50	0
Точіння чистове	кв. 8	-0,063	20	20	8	5	20	10
Шліфування	кв. 6	+0.052 +0.025	300	300	12	100	200	-

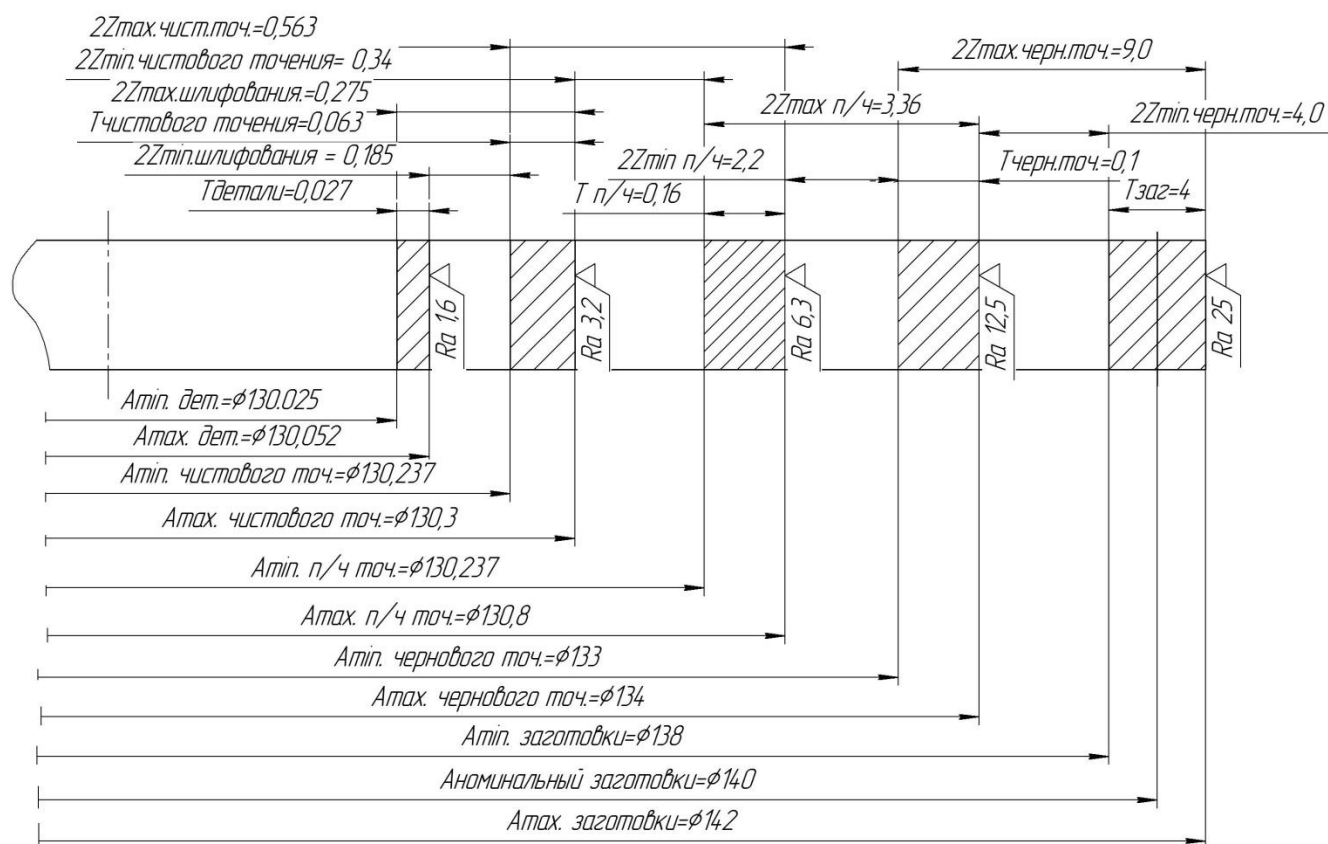


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\phi 130$ кб мм



Порівнюючи розмір, визначений аналітичним методом та за допомогою ГОСТ робимо висновок, що вони майже не відрізняються 137 мм за ГОСТ та 136 мм аналітичним методом відповідно, тому розрахунки проведені вірно.

## 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Існує безліч способів обробки поверхонь, що забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь, але істотно відрізняються за собівартістю і тому раціональні в різних типах виробництва. В процесі обробки до деталі пред'являється ряд технічних вимог по точності, чистоті обробки, взаємного розташування поверхонь, механічними властивостями матеріалу.

Аналіз і обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Однією з основних похибок, що викликають шлюб, є похибка установки заготовки на столі верстата:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.7)$$

де  $\varepsilon_0$ - похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\varepsilon_{np}$  – похибка пристрою.

Розглянемо можливу похибку базування заготовки на горизонтально розточний операції 025.

На даній операції заготовка обробляється з двох позицій, які забезпечуються поворотом столу розточувального верстата. Обробка полягає в фрезеруванні торця осі, фрезерування паза, центрування і нарізки різьблення в двох кріпильних отворах.

Раціонально застосувати базування заготовки в призмах з упором в торець.

Похибка базування на довжину  $L = 2309 \pm 0,875$  мм і  $L = 2294$  мм буде зводиться до похибки настройки точності (повороту столу) верстата, так як збігається вимірювальна і технологічна бази  $E_b = 0$ . Похибка базування на інші лінійні

розміри (глибини отворів, дна паза) будт зводиться до точності (позиціонуванню) верстата, так як ці розміри проставлені від торця який виходить з однієї позиції. У діаметральном напрямку похибка базування буде визначатися за формулою.

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{T_{140}}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{4}{2} \frac{1}{\sin 45} = 2,8 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

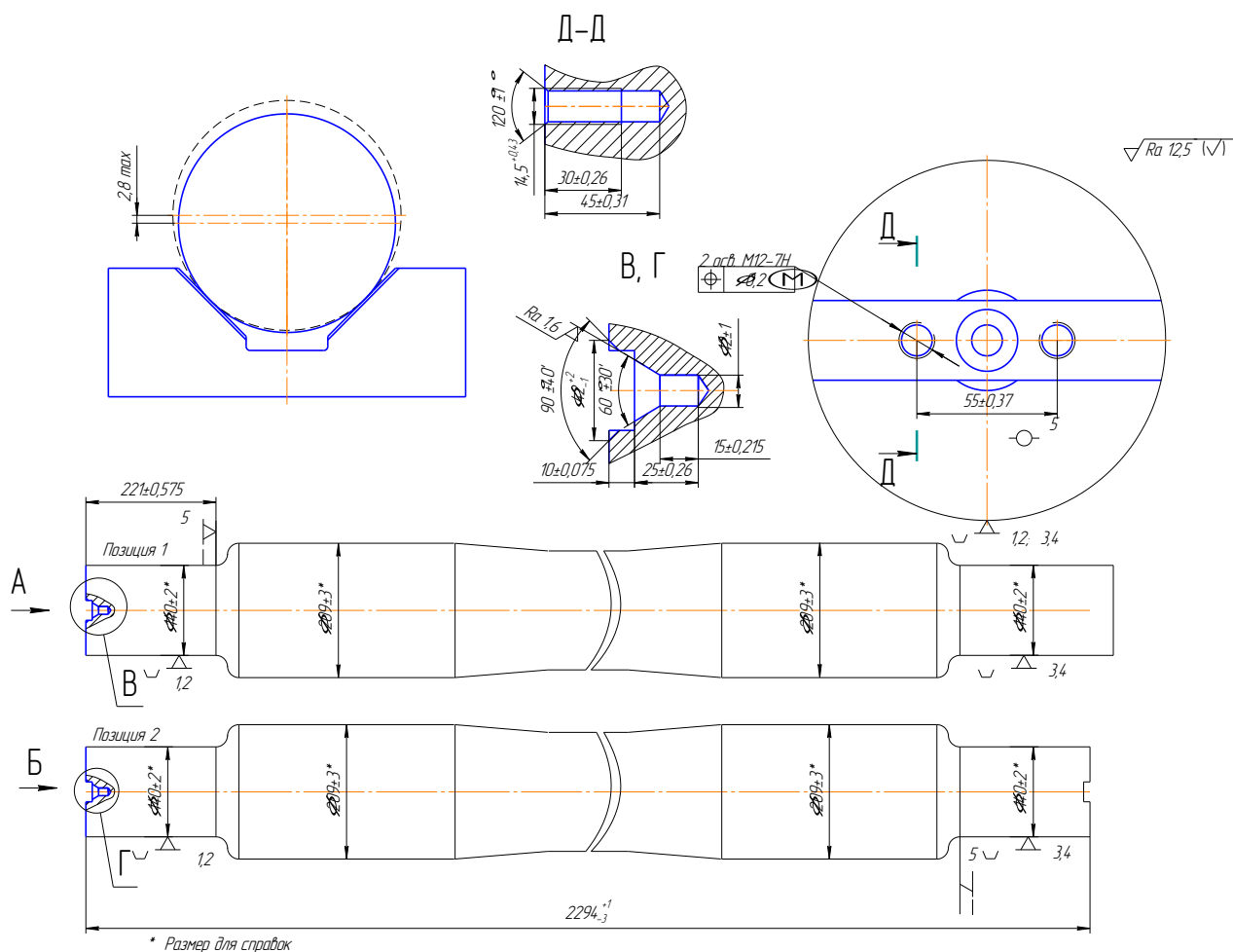


Рисунок 2.1 – Схема базування

Отже при такій схемі базування заготовки має місце смещення центрального отвору щодо осі зовнішньої циліндричної поверхні, яке складе 2,8 мм, але дана похибка буде усунена на токарної операції так як обробка буде проводиться в центрах (щодо центрових отворів будуть вийдуть діаметральні поверхні).

Дана схема базування передбачає подвійну напрямну й опорну бази, в результаті чого заготовка буде позбавлена п'яти ступенів свободи, вакантною залишається одна зв'язок, обертання навколо осі заготовки. При такій схемі базування похибка базування на розміри  $L = 221 \pm 0,575$  мм буде дорівнює нулю так як співпаде технологіческая і вимірювальна бази  $E_b = 6$  мм.

Як варіант розглянемо аналогічну схему базування, але з іншими базується поверхнями. В даному випадку похибка базування для розміру 221 дорівнювати-ме допуску на розмір  $2309 \pm 0,875$  мм, тоді  $E_b = 1,75$  мм. Отже застосування даної схеми не доцільно.

Перший варіант базування більш раціональний.

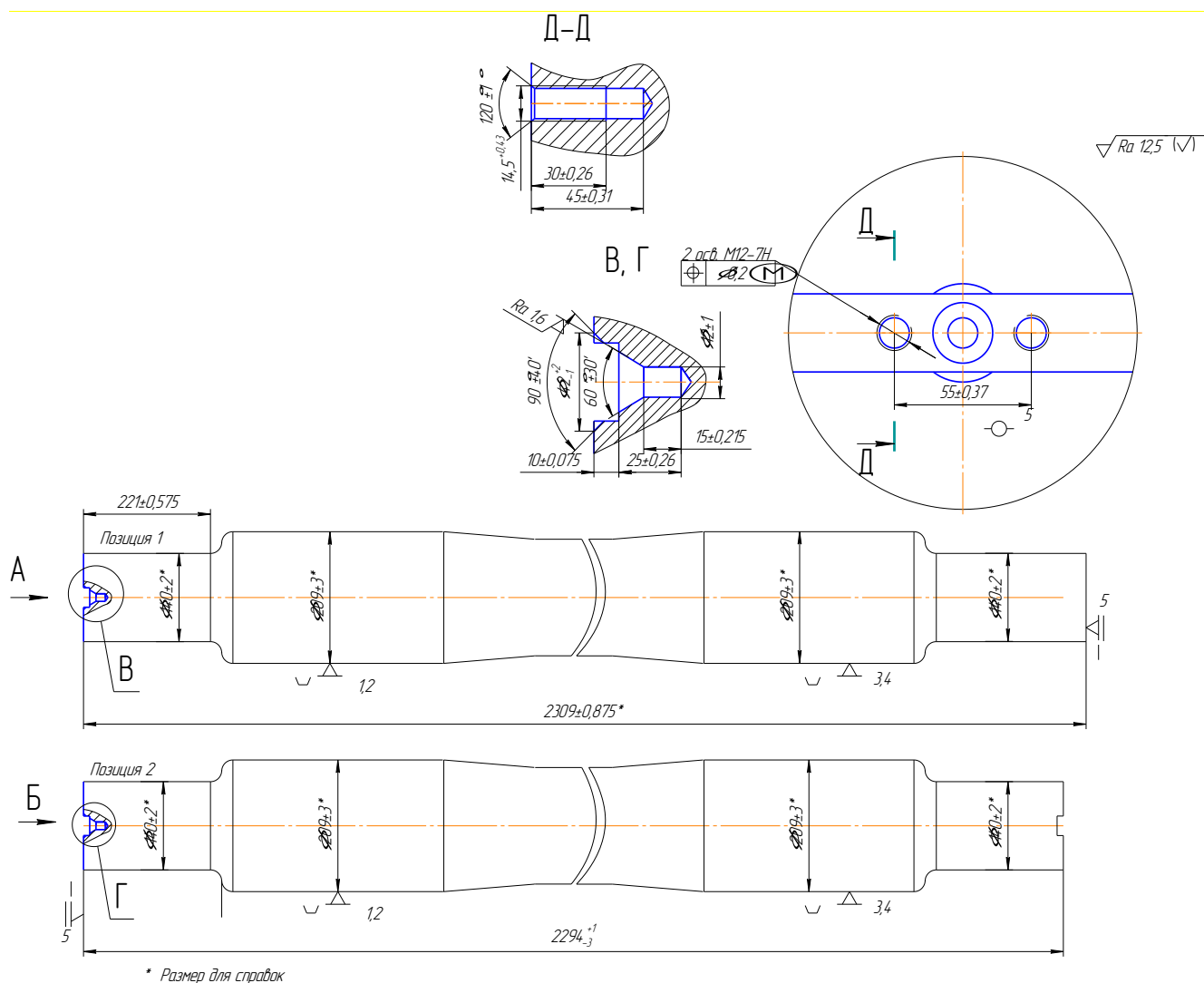


Рисунок 2.2 – Схема базування «Осі» з упором в торець

Розглянемо можливу похибку базування заготовки на токарній з ЧПУ операції 030.

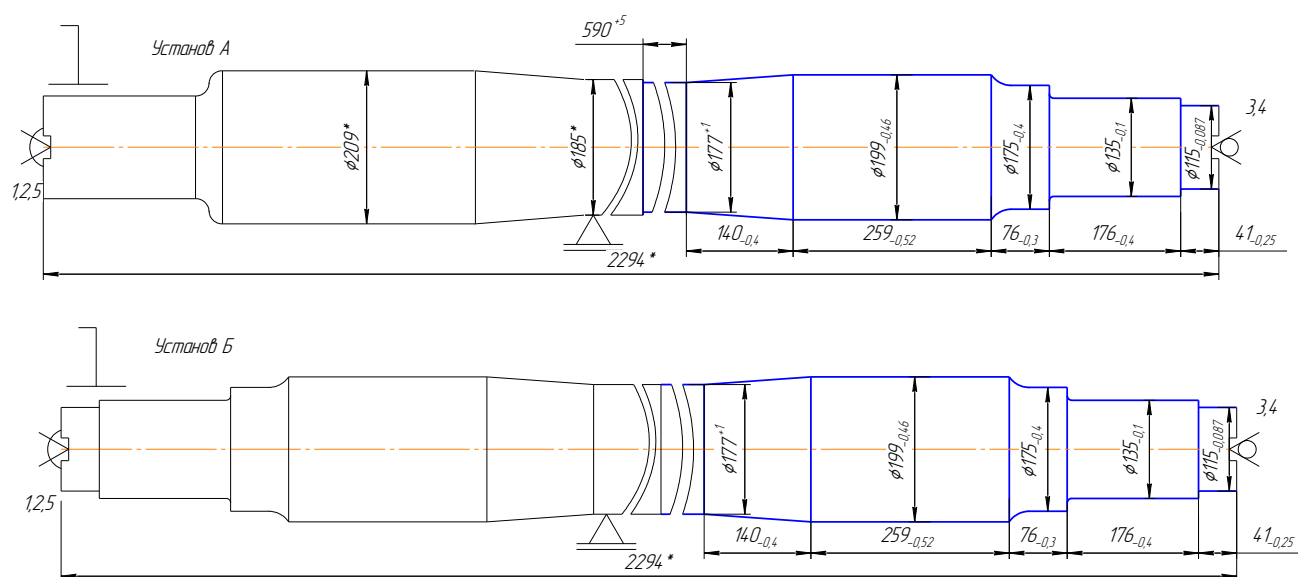


Рисунок 2.3 – Схема базування на токарній з ЧПК операції 030

На операції точать з двох встановивши зовнішні циліндричні поверхні нарочно з припуском 2 мм на сторону під ультразвуковий контроль. Найбільш раціональною схемою базування є в плаваючому і обертається центрах. Дана схема базування дозволить позбавити заготовку п'яти ступенів свободи, подвійна спрямовуюча і опорна бази, вакантною залишається одна зв'язок, обертання навколо осі. При такій схемі базування похибка базування на виконувани розміри зведеться до допуску на розмір з'єднує вимірювальну і технологічну бази, тобто лівий і правий торці, це лінійний розмір 2294 мм, тоді  $E_b = 4$  мм. Для усунення даної похибки необхідно перепривязувати «нуль» верстата на кожній деталі до правого торця.

Розглянемо базування заготовки в жорсткому і обертається центрах. Дана схема в плані базування аналогічна попередній (подвійна спрямовуюча і опорна бази), але в похибка базування на виконувани розміри увійде ще й похибка зацен-

товкі, яка складе  $\text{ЄЦ} = 0,2 \text{ мм}$ , тоді  $\text{Еб} = 4 + 0,2 = 4,2 \text{ мм}$  (рисунок 7.4), що більше ніж в раніше розглянутому варіанті, отже прийемо перший варіант базування.

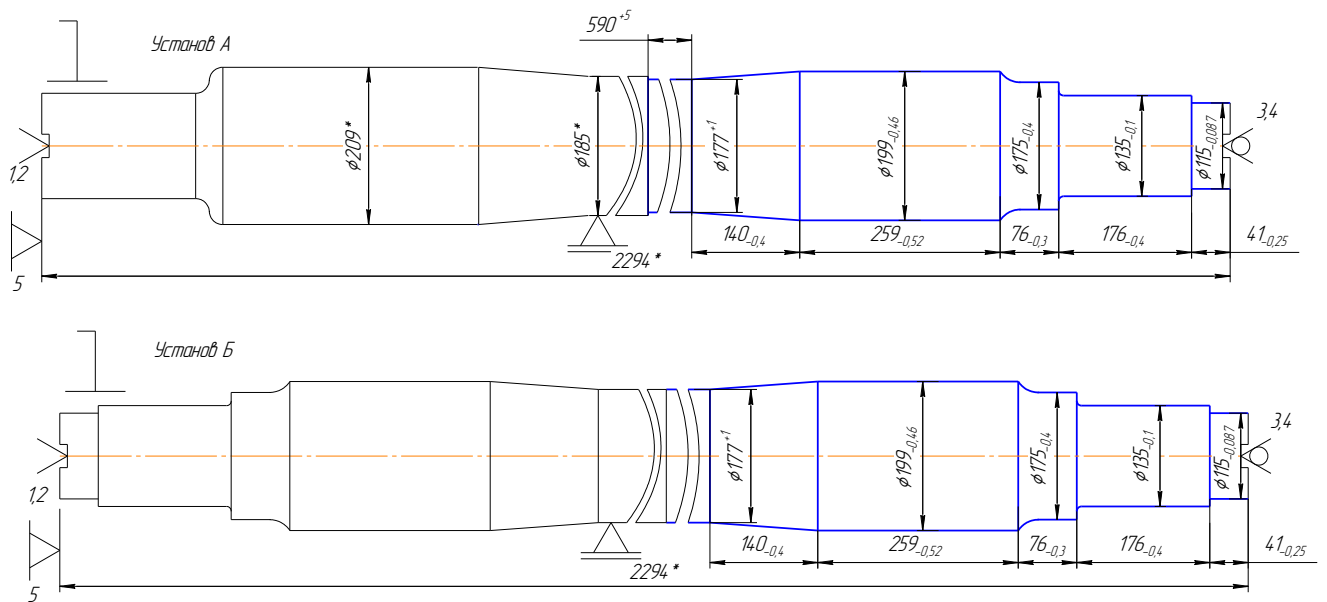


Рисунок 2.4 – Альтернативна схема базування на токарній з ЧПК

Розглянемо можливу похибку базування заготовки на горизонтально розточний операції 025.

На даній операції з двох встановивши шліфуються шийки осі під підшипники букси. Найбільш раціональною схемою базування є в жорстких центрах із забезпеченням жорсткості (від прогину) люнетом. Така схема базування дозволить позбавити заготовку п'яти ступенів свободи, вакантною залишається одна зв'язок, обертання навколо осі заготовки (подвійна спрямовуюча і опорна бази). Базірованіє в центрах дозволить використовувати принцип сталості баз, тобто чорнова, чистова (токарні) і доводочна (дана Круглошліфувальна) операції будуть проводитись в центрах, отже буде зведена до мінімуму похибку на установку і закріплення (наприклад через не співвісності базової і оброблюваної шийок).

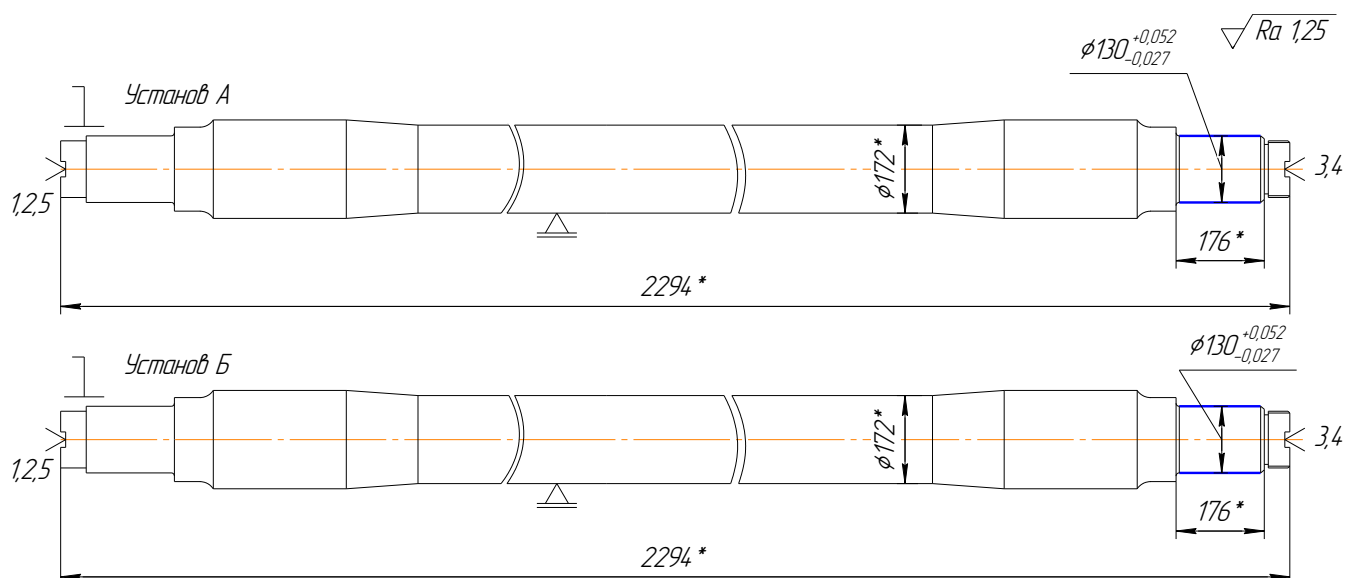


Рисунок 2.5 – Схема базування на круглошліфувальній операції 055.

## 2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

### Операція 025 - горизонтально-розточна з ЧПУ

На виробництві деталь «Ось» обробляється на верстаті 2650Ф1, дане обладнання було вибрано з урахуванням габаритів стола і заготовки.

Відповідно до того, що деталь «Ось» обробляється в умовах дрібносерійного виробництва при виборі перевага віддавалася універсального обладнання з ЧПУ це пов'язано з широкою номенклатурою оброблюваних деталей і малим періодом їх виробництва.

Розглянемо паспортні дані вибраного обладнання.

Верстат горизонтально - розточний 2650 Ф1:

- тип компоновки верстата - В;
- діаметр висувного шпинделя - 160;
- конус для кріплення інструментів в висувному шпинделі метричний 80;
- розміри вбудованого (або знімного) поворотного столу - 2240x3500;
- найбільша маса оброблюваної заготовки - 16000кг;
- найбільше переміщення:

вертикальне шпиндельної бабки - 2500мм;

поздовжнє висувного шпинделя - 1250 мм;  
 радіального супорта - 250мм;  
 планшайби стола:  
 поздовжнє - 1250мм;  
 число швидкостей:  
 шпинделя - 23;  
 -Частота обертання шпинделя - 4-800 об / хв;  
 - подача:  
 шпинделя - 1,25 - 1250мм / хв;  
 шпиндельної бабки - 0,8 - 800 мм / хв;  
 столу (поздовжня і поперечна) - 0,8 - 800 мм / хв;  
 - потужність електродвигуна головного руху - 36 кВт;  
 -габаритні розміри:  
 довжина - 11600 мм;  
 ширина - 11650 мм;  
 висота - 6700 мм;  
 маса - 76400 кг;

Для прикладу розглянемо аналогічне універсальне обладнання моделі 2636, дане обладнання не дозволить уникнути «людського фактора», так само для обробки одних і тих же поверхонь буде витрачено більше машинний час.

Верстат горизонтально - розточний моделі 2636.

- тип компоновки верстата - А;  
 - діаметр висувного шпинделя - 125;  
 - конус для кріплення інструментів в висувному шпинделі метричний 80;  
 - розміри вбудованого (або знімного) поворотного столу 1600x1800;  
 - найбільша маса оброблюваної заготовки - 8000кг;  
 - найбільше переміщення:  
 вертикальне шпиндельної бабки - 1400мм;  
 поздовжнє висувного шпинделя - 1000 мм;

радіального супорта - 200мм;  
планшайби стола:  
поздовжнє - 1600 мм;  
поперечне - 1800мм;  
поперечне передньої стійки  
число швидкостей:  
шпинделя - Б / с;  
планшайби - Б / с;  
- частота обертів:  
шпинделя - 6,3 - 1000 об / хв;  
планшайби - 4 - 200 об / хв;  
- подача:  
шпинделя - 1,6 - 1600 мм / хв;  
шпиндельної бабки - 1 - 1000 мм / хв;  
столу (поздовжня і поперечна) - 1 - 1000 мм / хв;  
радіального супорта - 0,63 - 630 мм / хв;  
- дискретність завдання розмірів - 0,01;  
- потужність електродвигуна головного руху - 19 кВт;  
- габаритні розміри:  
довжина - 8160мм;  
ширина - 5070мм;  
висота - 4805мм.

### **Операція 030 - токарна з ЧПУ**

На даній операції точаться всі зовнішні поверхні осі начорно з припуском під чистову операцію.

Вибір металорізального верстата.

На виробництві деталей «Ось» обробляють на універсальному токарно-гвинторізній верстаті 16К25. Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:



- технологічні методи обробки поверхонь:
- для обробки вищевказаних поверхонь було розглянуто перелік токарних верстатів, проаналізувавши, був обраний верстат моделі 1М63БФ101 (з подовженою станиною), який оснащений системою ЧПУ [4];
- потужність двигуна:  
верстат даної моделі оснащений 15 кВт двигуном, якого достатньо для точення поверхностей шатуна;
- габарити робочого простору:  
дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 350 мм, і довжиною - до 2800 мм, що дозволить встановити заготовку;
- тип виробництва:  
при дрібносерійному виробництві перевага віддається універсального обладнання з ЧПУ, таким обладнанням є верстат моделі 1М63БФ101.

Основні технічні характеристики токарного верстата моделі 1М63БФ101 наступні:

1. найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною - 630 мм, над супортом - 350 мм;
2. Максимальна довжина оброблюваної заготовки - 2800 мм;
3. крок нарізаємо метричної різьби 1-224 мм;
4. частота обертання шпинделя 10 □ 1250 хв-1;
5. подача: поздовжня 0,06 □ 1,0 мм / об (безступінчата);  
поперечна 0,024 □ 0,31 мм / об (безступінчата);
6. потужність електродвигуна приводу головного руху - 15 кВт.

### **Операція 055- Круглошліфувальна**

На даній операції шліфують шийки осі під підшипники букси.

Для обробки поверхонь приймаємо круглошліфувальний верстат моделі 3М194.

Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:

- технологічні методи обробки поверхонь:

Для обробки вищевказаних поверхонь було розглянуто перелік круглошліфувальних верстатів, проаналізувавши, був обраний верстат моделі 3М194 [4];

- потужність двигуна:

Верстат даної моделі оснащений 25 кВт двигуном, якого достатньо для шліфування;

- габарити робочого простору:

Дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 400мм, і довгою - до 4000 мм, що дозволить встановити вал. Найбільший діаметр шліфування - 350 мм, що також дозволить обробити максимальну діаметральну поверхню осі;

- тип виробництва:

При дрібносерійного виробництва перевага віддається універсального обладнання, таким обладнанням є верстат моделі 3М194 (напівавтомат);

- встановлена кількість інструментів:

Верстат дозволяє встановити один шліфувальний круг, чого достатньо для здійснення обробки з двох встановивши всіх поверхонь.

Паспортні даний круглошлифовального верстата моделі 3М194:

- тип компоновки верстата - А;

- діаметр оброблюваної заготовки - до 350 мм;

- розміри столу - 4000x1000;

- найбільша довжина оброблюваної заготовки - 4000мм;

- найбільше переміщення:

найбільше - 4240 мм;

на одну поділку лімба - 0,005 мм;

-Частота обертання заготовки: 12-120 об / хв;

частота обертання кола: 600-1300 об / хв;

потужність електродвигуна головного руху - 25 кВт;

- габаритні розміри:

довжина - 14065 мм;

ширина - 3615 мм;  
 висота - 2450 мм;  
 маса - 34600 кг.

## **2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів**

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

### **Операція 025 - горизонтально-розточна з ЧПК**

Для операцій застосовуємо наступні види технологічної оснастки:

Пристосування спеціальне.

Ріжучий інструмент:

- фреза торцева 2214 -0271, матеріал ріжучої частини твердий сплав Т15К6 ГОСТ 24359-80;
- фреза кінцева 1524-2356 Р6М5 ГОСТ 17026-71;
- свердло 2301-0409 Р6М5, ГОСТ 2091-77;
- свердло 2301-0400 Р6М5 ГОСТ 2091-77;
- зенковки 0356-7893 Р6М5 ГОСТ 22641-80;
- зенковки 0356-7862 Р6М5 ГОСТ 22641-80;
- зенковки 0356-7925 Р6М5 ГОСТ 22641-80;
- мітчик 035-2620-0510 ГОСТ 326681.

Міряльний інструмент:

- рулетка 3000 мм, ГОСТ 427 - 75;
- штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 89;
- шаблон спеціальний;
- калібр-пробка М12-7Н ПР / НЕ ГОСТ 17756-72

Допоміжний інструмент:

- оправлення 6221 - 0033 ГОСТ 13041 - 83;

- оправлення 6221-0052 ГОСТ 13041-83;
- патрон різьбові 191221030 ТУ2035-681-79;
- пристосування спеціальне.

### **Операція 030 - токарна з ЧПК**

Як верстатного пристосування застосовуємо:

- центр плаваючий А-1-5-У ЧПУ ГОСТ 2576-79;
- центр обертається А-1-7-У ЧПУ ГОСТ 8742-75;
- патрон повідковий МН4050-62 ГОСТ 24351-80;

Ріжучий інструмент:

- різець PERBR2525L12 T5K10 ГОСТ 3882-71 (чорнові ходи)

Р - тип механічного кріплення пластини - підтиск важелем через отвір для пластинок з отверстієм,

Е - форма пластини ромбическая з кутом при вершині дорівнює 75

Р - головний кут в плані, що дорівнює 75,

В - задній кут, рівний 5

Р - виконання - праве,

2525 - перетин державки 25x25 мм,

L - довжина різця - 140 мм,

12 - довжина ріжучої кромки - 12 мм.

Як вимірювального інструмента застосовуємо штангенциркулі ШЦ-ІІ-320-0,1, ШЦ-ІІ-600-0,1 ГОСТ 166-89.

### **Операція 055 - Круглошліфувальна**

Як верстатного пристосування застосовуємо жорсткий центр А-1-4-У ГОСТ 2573- 85 (2), хомутик ГОСТ 7107-79.

Ріжучий інструмент - шліфувальний круг ПП 600x100x127 24АМ20 СМ23 К1 40м / с 2 кл А ГОСТ 2424-83 (коло типу ПП D = 600мм, Н = 100мм, d = 127 мм, з титаністого електрокорунду марки 24А, твердістю СМ12, структурою - 3, на керамічній зв'язці, с. 242 - 258 [4].

Для контролю шийок вала в дрібносерійне виробництво застосовують мікрометр 100-150 ГОСТ 6507-90.

## 2.7 Розрахунок режимів різання

### Операція 025 - горизонтально-розточна з ЧПК

Розрахуємо аналітичним методом фрезерування торця.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал Сталь ОСВ ГОСТ4728-96, матеріал ріжучої частини Т15К6, обробка з охолодженням (МОР - емульсія).

Глибина різання  $t = 3$  мм.

Обираємо подачу на зуб по карті 161 [6], при  $t = 3$  мм,  $D^\phi = (1,25-1,5)$

$V = 1,3(140) = 182$  мм, приймаємо  $D^\phi = 200$  мм.

$S_z = 0,13$  мм/зуб.

Дане значення не коригуємо так як станок має безступінчасту подачу.

Переводимо подачу на зуб в хвилинну подачу по формулі:

$$S_m = S_z z n,$$

де  $z = 20$  – кількість зубів фрези;

$n = 100$  об/хв - оберти фрези.

$$S_m = 0,13 \cdot 20 \cdot 100 = 260 \text{ мм/хв.}$$

Швидкість різання визначаємо по формулі [4]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v,$$

де  $C_v = 46,7$ ,  $g = 0,45$ ,  $x = 0,5$ ,  $y = 0,5$ ,  $u = 0,1$ ,  $p = 0,1$ ,  $m = 0,33$  – коефіцієнти і показники в формулі швидкості різання;

$D = 200$  мм – діаметр фрези;

$T = 70$  - хв стійкість ріжучого інструмента [4];

$B = 140$  мм – ширина фрезерування;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{HV} ,$$

$$K_{MV} = K_r (750/\sigma_B)^{nv} = 1,0 (750/450)^{-0,9} = 0,63;$$

$K_r = 1,0$  – коефіцієнт для матеріала інструмента;

$n_v = -0,9$  – показник ступеня;

$K_{PV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{HV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал на швидкість різання;

$$K_v = 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,63.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$V := \frac{46,7 \cdot 200^{0,45} \cdot 0,63}{70^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,13^{0,5} \cdot 140^{0,1} \cdot 20^{0,1}}$$

$V = 56$  м/мин.

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} \quad (2.12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 56}{3,14 \cdot 200} = 89,2 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання за паспортом верстата і перераховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \quad (2.13)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 100}{1000} = 62,8 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання по формулі:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^g n^w} K_{mp}; \quad (2.14)$$

де  $C_p = 68,2$ ,  $g = 0,86$ ,  $x = 0,86$ ,  $y = 0,72$ ,  $u = 1,0$ ,  $w = 0$  – коефіцієнти і показники в формулі сили різання;

$K_{mp} = (\sigma_B / 750)^n = (450 / 750)^{0,35} = 0,83$  – поправочний коефіцієнт, що враховує властивість матеріалу;

где  $n = 0,35$  – показник степені [4].

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила буде рівна:

$$P := \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,13^{0,72} \cdot 140^{1,0} \cdot 0,83 \cdot 20}{200^{0,86} \cdot 100^0}$$

$$P_z = 9850 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (2.15)$$

$$N = \frac{9850 \cdot 62,8}{1020 \cdot 60} = 10,1 \text{ кВт.}$$

Обробка здійсненна, тому що необхідна потужність менше потужності верстата ( $N_{ст} = N\eta = 36 \cdot 0,85 = 30,6$  кВт). Обробка здійсненна для найбільш енергоємного переходу, отже інші переходи будуть здійсненні без труднощів.

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

$$t_0 = \frac{L}{S_n}, \quad (2.16)$$

де  $L = l + l_1 = 140 + 205 = 345$  мм – робочий хід інструмента;

$l = 140$  мм – діаметр торця;

$l_1 = 5 + 200 = 205$  мм – врізання і перебіг.

$$t_0 = \frac{345}{260} = 1,33 \text{ хв.}$$

На інші переходи заносимо в таблицю.

### **Операція 030 - токарна з ЧПК**

Вихідні дані: на даній операції точаться зовнішні поверхні начорно (обдирання). Розрахуємо аналітичним методом чорнове точіння найбільшого діаметра  $\varnothing 199$  мм (розмір заготовки  $\varnothing 209$ , яка надходить на токарних з ЧПУ операцію). Матеріал ріжучої частини різця Т5К10, опрацьований матеріал сталь ОСВ, МОР - емульсія, обробка проводиться в центрах з підтиском заднім центром, обертання передається через поводок.

Рекомендації для чорнової обробки наведені в таблиці [8]: для оброблюваного даного матеріалу, матеріалу робочої частини РІ Т5К10 рекомендуються режими різання:

- глибина  $t=0,5-2,0$  мм, приймаємо  $t= 1,0$  мм;
- приймаємо  $S= 0,7$  мм/об з урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$K_{sd}=0,8$  – перетин державки;



$K_{SN}=0,8$  – міцність ріжучої частини;

$K_{SM}=1,25$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY}=0,9$  – схема установки;

$K_{SP}=1,0$  – стан поверхні;

$K_{S\phi}=1,0$  – геометрія різця;

$S_{доп}=1,0$  мм/об – допустима подача.

$$S=S_{доп} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,7 \text{ мм/об};$$

- стійкість PI T = 40 мин;
- кількість проходів  $i = 2$ .
- швидкість різання визначаємо по формулі:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v$$

Вибираємо значення коефіцієнтів і показників ступенів:

- $C_v = 340$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,45$ ,  $m = 0,20$ ;
- $K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 1,12$ .
- 

$$V = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1,12$$

$$V = 135,3 \text{ м/хв};$$

Частоту обертання шпинделя визначимо по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot 135,3}{3,14 \cdot 209} = 206 \text{ мин}^{-1};$$

приймаємо частоту  $n_{пр} = 200 \text{ мин}^{-1}$ ,

тоді по формулі,

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 209 \cdot 200}{1000} = 131,3 \text{ м/мин}; \quad (2.17)$$

Силу різання визначаємо:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p ;$$

Вибираємо значення коефіцієнтів и показателів степеней:

- $C_p = 204$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = 0$ ;
- $K_p = K_{mp} = 1$ .
- 

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 131,3^0 \cdot 1 = 1428 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1428 \cdot 131,3}{1020 \cdot 60} = 3,8 \text{ кВт}. \quad (2.18)$$

Паспортна потужність складає 15 кВт, відповідно обробка здійсненна.

Розрахунок по потужності виробляти на інші поверхні не будемо, так як чорнова обробка на максимальний діаметр  $\varnothing 209$  можлива, отже менші діаметри будуть оброблені без труднощів.

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

де  $L = l + l_1 = 335 + 5 = 340$  мм – робочий хід інструмента;

$l = 335$  мм – довжина обробки;

$l_1 = 5$  мм – перебіг і врізання.

$$t_0 = \frac{340}{200 \cdot 0,7} \cdot 2 = 4,9 \text{ хв.}$$

Інші режими визначаються табличним способом і заносяться в табл. 8.2.

Операція 055 - Круглошліфувальна

Вихідні дані: на круглошліфувальні верстати обробляється циліндричні поверхні «Осі». Опрацьований матеріал-сталь ОСВ ГОСТ4728-79 з межею міцності -450 МПа, заготівля - кування.

Режими різання на поверхні: Ø130h6.

Визначаємо швидкість обертання круга для остаточного поздовжнього шліфування на кожен хід [4]  $V_k = 35$  м/с, і швидкість обертання заготовки  $V_3 = 20$  м/хв.

Глибина різання становить  $t = 0,025$  мм на сторону.

Поздовжня подача  $S = (0,3 - 0,7) B = 0,4 \cdot 100 = 40$  мм / об.

Визначаємо ефективну потужність для шліфування поверхні Ø65h6, периферією круга з поздовжньою подачею за формулою:

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q ;$$

де  $C_N = 0,27$ ,  $r = 0,5$ ,  $x = 0,4$ ,  $y = 0,4$ ,  $q = 0,3$ .

$N = 0,27 \cdot 20^{0,5} \cdot 0,025^{0,4} \cdot 40^{0,4} \cdot 130^{0,3} = 5,2$  кВт, що менше потужності головного двигуна верстата ( $N\eta = 25 \cdot 0,85 = 21,25$  кВт).

Основний час для поверхонь визначаємо за формулою:

$$t_m = \frac{l}{n_d \cdot S} \cdot \frac{h}{t} \cdot K_3 ; \quad (2.16)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт зачисних ходів;

$t$  – поперечна подача на 1 ход, мм;

$s$  – продільна подача, мм;

$h$  – припуск;

$l$  – довжина шліфування, мм;

Ø130:

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 130} = 48,9 \text{ об/хв},$$

приймаємо  $n = 50$  об/хв, тоді основний час складе:

$$t_m = \frac{176}{50 \cdot 40} \cdot \frac{0.5}{0.025} \cdot 1.5 = 2,64 \text{ хв},$$

$$\sum T_0 = 2,64 \cdot 2 = 5,3 \text{ хв}$$

Таблиця 2.8 – Таблиця режимів

Переход	t, мм	i	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T <sub>0</sub> , мин
Операція 025 – горизонтально-розточна						
Позиція I						
Фрезеровать торец	3	5	0,13	62,8	100	6,65
Фрезеровать паз	31	1	0,08	78,5	1000	0,43
Сверлить отверстие Ø12	6	1	0,22	18,8	500	0,28
Зенковать отверстие Ø12	6,5	1	0,22	23,5	300	0,22
Сверлить отверстие Ø10,2	5,1	1	0,22	19,2	600	0,37x2= 0,74
Зенковать отверстие Ø10,2	1,5	1	0,22	19,2	600	0,04x2= 0,08
Нарезать ре- зьбу M12-7H	0,75	2	1,75	18,8	500	0,08x2= 1,6
Зенковать торец	2	1	0,22	29,2	300	0,15
Позиція II						
Фрезеровать торец	3	5	0,13	62,8	100	6,65
Фрезеровать паз	31	1	0,08	78,5	1000	0,43

Сверлить отверстие 12	6	1	0,22	18,8	500	0,28
1	2	3	4	5	6	7
Зенковать отверстие 12	6,5	1	0,22	23,5	300	0,22
Сверлить отв. $\varnothing 10,2$	5,1	1	0,22	19,2	600	$0,37 \times 2 = 0,74$
Зенковать отверстие $\varnothing 10,2$	1,5	1	0,22	19,2	600	$0,04 \times 2 = 0,08$
Нарезать резьбу М12-7Н	0,75	2	1,75	18,8	500	$0,08 \times 2 = 1,6$
Зенковать торец	2	1	0,22	29,2	300	0,15
$\sum T_o$						20,3
Операция 030 – Токарная с ЧПУ						
Установ А						
Точить $\varnothing 135$	1	2	0,7	131,8	300	2,1
Точить $\varnothing 115$	2	5	0,7	127,1	300	1,2
Точить $\varnothing 175$	2,5	5	0,7	124,9	200	2,9
Точить $\varnothing 199$	1	2	0,7	131,3	200	4,9
Конкс	1	2	0,7	131,3	200	2,0
Точить $\varnothing 177$	1	2	0,7	116,1	200	8,5
Установ Б						
Точить $\varnothing 135$	1	2	0,7	131,8	300	2,1
Точить $\varnothing 115$	2	5	0,7	127,1	300	1,2
Точить $\varnothing 175$	2,5	5	0,7	124,9	200	2,9
Точить $\varnothing 199$	1	2	0,7	131,3	200	4,9
Конкс	1	2	0,7	131,3	200	2,0
Точить $\varnothing 177$	1	2	0,7	116,1	200	8,5
$\sum T_o$						43,2

## 2.8 Технічне нормування операцій

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

### Операція 025 - горизонтально-розточна

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$t_B = t_{уст} + t_{уп} + t_{изм}, \quad (2.17)$$

$t_{уст} = 12,6$  хв – час на установку і зняття заготовки вручну в пристосування з урахуванням повороту столу верстата 7 [7];

$t_{уп} = 9,5$  – допоміжний час з управління верстата карта 14 [7];

$t_{изм} = 2,85$  хв – час на вимірювання карта 15 [7].

$$t_B = 12,6 + 12,6 + 9,5 + 2,85 = 37,55 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час.

$$t_{оп} = t_0 + t_B. \quad (2.19)$$

$$t_{оп} = 20,3 + 37,55 = 57,85 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного карта 16 [7].

$$t_{доп} = t^{оп} 12\% = 57,85 \cdot 0,12 = 6,95 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час по формулі

$$t_{шт} = t_{оп} + t_B. \quad (2.20)$$

$$t_{шт} = 57,85 + 6,95 = 64,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{п.з} + \frac{t_{пз}}{N}, \quad (2.21)$$

$t_{п.з} = 19$  хв – підготовчо заключний час, яке складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою і кресленням, інструктаж майстра, щоб пристрій подачі МОР;

$N = 6$  шт. – число деталей в партії.

$$t_{шт-к} = 64,8 + 19/6 = 67,8 \text{ хв.}$$

### **Операція 030 - токарна з ЧПУ**

Визначаємо допоміжній годину за формулою (4)

$t_{уст} = 18$  хв - час на установку і зняття заготовки вручну в центру 7 [7];

$t_{уп} = 14$  - допоміжний час з управління верстата карта 14 [7];

$t_{ізм} = 3,7$  хв - час на вимірювання карта 15 [7].

$$t_{в} = 18 + 18 + 14 + 3,7 = 53,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (5).

$$t_{оп} = 53,7 + 43,2 = 96,9 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного карта 16 [7].

$$t_{доп} = t_{10\%} = 96,9 \cdot 0,1 = 9,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час по формулі (6).

$$t_{шт} = 96,9 + 9,7 = 106,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (7).

$t_{п.з} = 16$  хв - підготовчо заключний час, яке складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою і кресленням, інструктаж майстра, щоб пристрій подачі МОР;

$$t_{шт-к} = 106,4 + 16/6 = 108,5 \text{ хв.}$$

### **Операція 055 - Круглошліфувальна**

Визначаємо допоміжний час за формулою (4)

$t_{уст} = 18$  хв - час на установку і зняття заготовки вручну в центру 7 [7];

$t_{уп} = 16$  - допоміжний час з управління верстата карта 14 [7];

$t_{зм} = 2$  хв - час на вимірювання карта 15 [7].

$$t_{в} = 18 + 18 + 16 + 2 = 54 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (5).

$$t_{оп} = 54 + 5,3 = 59,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного карта 16 [7].

$$t_{доп} = t \cdot 9\% = 59,3 \cdot 0,09 = 5,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час по формулі (6).

$$t_{шт} = 59,3 + 5,4 = 64,7 \text{ хв.}$$



Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (7).

$t_{п.з} = 18$  хв - підготовчо заключний час, яке складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою і кресленням, інструктаж майстра, щоб пристрій подачі МОР;

$$t_{шт-к} = 64,7 + 18/6 = 67,7 \text{ хв.}$$

## 2.9 Проектування верстатного пристрою

Проектування верстатного пристрою на фрезерних з ЧПК операцію.

Технологія в значній мірі визначає стан і розвиток виробництва. Від її рівня залежить продуктивність праці, економічність витрачання матеріальних та енергетичних ресурсів, якість продукції, що випускається і інші показники. Для подальшого прискореного розвитку машинобудівної промисловості як основи всього народного господарства країни, потрібна розробка нових технологічних процесів, постійне вдосконалення традиційних і пошук більш ефективних методів обробки та зміцнення деталей машин і складання їх у вироби.

Особливого значення набуває зараз подальше скорочення ручної праці. В даний час у зв'язку з бурхливим розвитком електроніки створено і широко впроваджено в промисловість автоматичне обладнання з системами числового програмного керування (ЧПУ) на мікропроцесорах. Відомо, що один верстат з ЧПУ дозволяє вивільнити 3-4 робочих, автоматизована лінія - до 30, а автоматизований ділянку - до 60 осіб. Ось чому нині взято курс на нову техніку і технологію.

З розвитком обчислювальної техніки пов'язана і роботизація виробництва. Роботи замінюють людини на важких, монотонних, шкідливих роботах.

Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування

У базовому технологічному процесі торці обробляються на універсальному розточувальному обладнанні. У пропонованому технологічному процесі верстат

буде замінений на обладнання з ЧПУ моделі 2560Ф1. Дане вдосконалення призведе до зниження собівартості деталі (зменшимо основний час за рахунок автоматичного виходу шпинделя на вихідні точки, а так же автоматичною обробкою) - обробку будемо виробляти на обладнанні з ЧПУ із застосуванням пристосування з пневмопривідною. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника даної операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точності параметрів операції, підвищити продуктивність і полегшити умови праці робітників за рахунок механізації пристосування.

Система координат пристосування буде аналогічною системі багатоцільового верстата з ЧПУ.

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

Точність розмірів

Відповідно до технічних вимог креслення не вказані граничні відхилення:  $H14$ ,  $h14$ ,  $IT14 / 2$ . За [17, с.46, табл. 3.2] визначаємо допуски на діаметральні і лінійні розміри. Торець виконаний в розмір 2294 мм, паз має глибину 10-1 мм, а ширину  $31 + 0,34$  мм. Допуск на глибини монтажних отворів M12-7H і центрального конструктором не вказані, так як обумовлений мінімальний розмір, отже розглядати їх не будемо - дані розміри не відповідальні. Допуски на виконувані розміри не відповідають жодному з квалітетів розмір 2294 - приблизно 14 квалітет (4,4), 10-1- приблизно 16 квалітет (0,9),  $31 + 0,34$  - приблизно 13 квалітет (0,39).

Допуск на кутовий розмір не вказано на кресленні, граничні відхилення визначаємо за [17]. Згідно [17] вони відповідають  $\pm AT16 / 2$ , і дорівнюють  $\pm 30'$  (згідно ГОСТ 8908-81).

Різьба нарізається з допуском 7H, що відповідає середньому класу [17].

Точність форми

Розглянемо найбільш точний розмір одержуваний на даній операції - це ширина паза -  $31 + 0,34$  мм. Точність форми конструктором не обумовлена, отже роз-

глянемо допуск прямолінійності, який буде визначатися як 60% від допуску на розмір  $31 + 0,34$  мм, тоді  $T = 0,6 \cdot 0,34 = 0,204$  мм, приймаємо 0,2 мм що відповідає 14 ступеня точності. Приклад відхилення від площинності стінки паза наведено на малюнку.

Точність розташування поверхонь

Конструктором обговорений допуск симетричності бічних поверхонь паза, який становить  $T = 0,1$  мм, що відповідає 10 ступеня точності. Приклад відхилення бічної поверхні паза від симетричності наведено на рисунку.

Ступінь шорсткості оброблюваних поверхонь

Шорсткість бічних поверхонь паза складає  $R_a = 6,3$  мкм, а дна паза  $R_a = 12,5$  мкм.

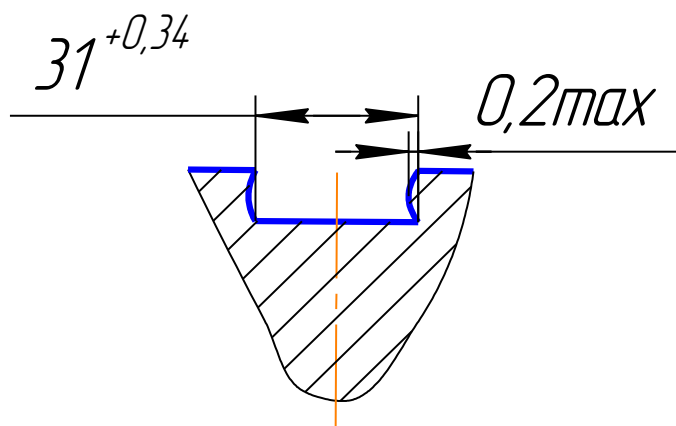


Рисунок 2.11 – Приклад відхилення бічної поверхні паза від площинності

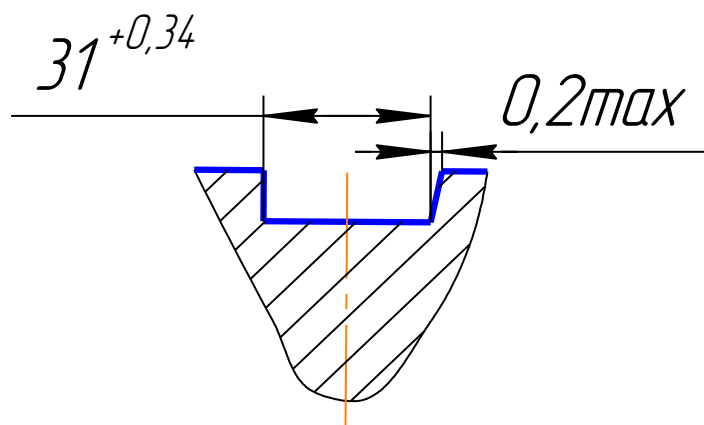


Рисунок 2.12 – Приклад відхилення бічної поверхні паза від симетричності

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовлю, що надходить на операцію

На горизонтально-розточувальні операцію заготовка надходить після ковальської операції на якій отковивають заготовку відповідно до малюнка 3. Але необхідно врахувати що попередньо від заготівлі відрізають пробу для механічних випробувань матеріалу, різання здійснюють у лабораторії на лентопиляльному обладнанні, внаслідок заготовка надходить довгою  $2324 \pm 8,5$  мм. На операції виконують обробку всіх поверхонь на торці, тобто виробляють фрезерування торця, фрезерування канавки, центрування заготовки, а так само свердління монтажних отворів. Для зменшення похибки базування, яка буде визначена пізніше, що базують поверхні виберемо найменші, так як допуск на них буде відповідно так само менше - це  $\varnothing 140 \pm 2$  мм.

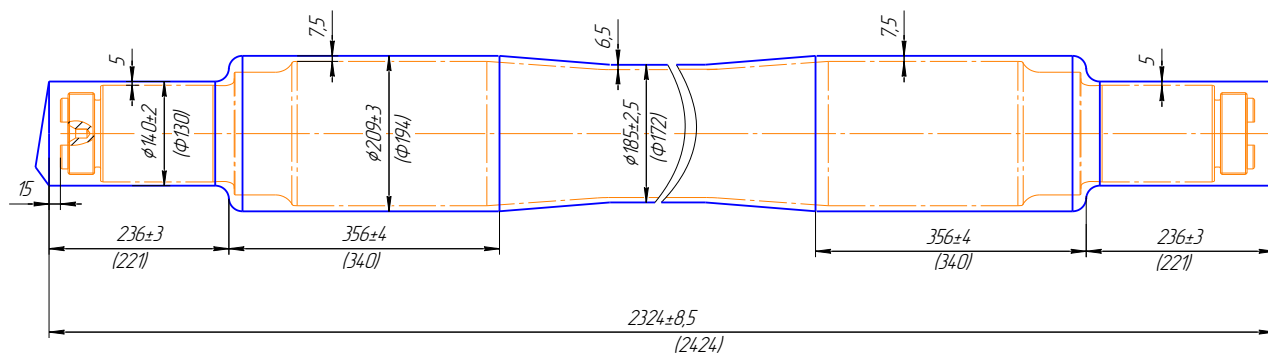


Рисунок 2.13 – Ескіз заготовки

Проведемо аналіз базових поверхонь.

точність розмірів

Базують поверхні:

- торець (опорна база) виконаний в розмір  $236 \pm 3$  мм;
- діаметральні поверхні (подвійна спрямовуюча база), поверхня  $\varnothing 140 \pm 2$  мм.

Допуски призначені згідно ГОСТу 8479-70 «Кування ковані на молотах».

Точність форми

Допуск площинності поверхні торця  $236 \pm 3$  мм, відповідно прийемо як 60% від допуску на розмір  $T = 0,6 \cdot 6 = 3,6$  мм, приймаємо 2 мкм, що відповідає 16 ступеня точності, згідно з ГОСТ 24643-81. Допуск циліндричної і профілю поздовжнього перерізу  $\varnothing 140 \pm 2$  мм визначається, як 30% від допуску на розмір,  $T = 0,3$

•  $4 = 1,2 \text{ мм} = 1200 \text{ мкм}$  - 16 ступінь точності. Відхилення від циліндричної і профілю поздовжнього перерізу зображені на малюнку 4 і 5 відповідно.

Точність розташування

Допуск перпендикулярності торця щодо осі заготовки визначається як 60% від допуску на розмір  $236 \pm 3 \text{ мм}$ , тоді  $T = 0,06 \cdot 6 = 3,6 \text{ мм}$ , приймаємо 2 мм, що відповідає 16 ступеня точності. Допуск співвісності  $\varnothing 140 \pm 2 \text{ мм}$  буде так само визначаться і складе  $T = 3,6 \text{ мм}$ , приймаємо 3 мм, що відповідає 16 ступеня точності.

Ступінь шорсткості

Шорсткість викував поверхонь становить  $R_a = 50 \text{ мкм}$ .

Визначення умов, в яких буде виготовлятися, і експлуатується проектоване пристосування

Річна програма випуску визначена в 100 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає малосерійний тип виробництва. Оскільки такт випуску деталі при двозмінній роботі дорівнює 470 хв, то робимо висновок про високу інтенсивність використання пристосування. При заданому періоді виробництва 5 років або 60 місяців пристосування повинно здійснити 5 тис. Циклів.

Верстат обладнаний системою охолодження. Утвориться стружка віддаляється робочим при вимкненому верстаті.

Пристосування має обслуговуватися станочником 4-го розряду.

Наявний на верстаті кожух з екраном не дозволяє стружці і МОР розливатися і потрапляти на робочий.

Складання переліку функцій, що реалізуються

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. Обробка заготовки.
9. Створення безпечних умов праці
10. Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимог до результатів їх реалізації, розробник здійснює пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу слід віддавати апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій. Розробка нових конструкцій функціональних вузлів вимагає спеціального обґрунтування.

Розробка і обґрунтування схеми базування

Однією з основних похибок, що викликають шлюб, є похибка установки заготовки на столі верстата:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.1)$$

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

$\varepsilon_s$  - похибка закріплення;

$\varepsilon_{np}$  - похибка пристосування.

Розглянемо можливу похибку базування заготовки на даній операції.

На даній операції заготовка обробляється з двох позицій, які забезпечуються поворотом столу розточувального верстата. Обробка полягає в фрезеруванні торця осі, фрезерування паза, центрування і нарізки різьблення в двох кріпильних отворах.

Рационально застосувати базування заготовки в призмах з упором в торець.

Похибка базування на довжину  $L = 2309 \pm 0,875$  мм і  $L = 2294$  мм буде зводиться до похибки настройки точності (повороту столу) верстата, так як збігається вимірювальна і технологічна бази  $E_{\delta} = 0$ . Похибка базування на інші лінійні розміри (глибини отворів, dna паза) будуть зводиться до точності (позиціонуван-

ню) верстата, так як ці розміри проставлені від торця який виходить з однієї позиції. У діаметральном напрямку похибка базування буде визначатися за формулою

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{T_{140}}{2} \frac{1}{\sin^2 \alpha} = \frac{4}{2} \frac{1}{\sin^2 45} = 2,8 \text{ мм.}$$

Отже при такій схемі базування заготовки має місце зміщення-ня центрального отвору щодо осі зовнішньої циліндричної поверхні, яке складе 2,8 мм (рисунок б), але дана похибка буде усунена на токарній операції так як обробка буде проводиться в центрах (щодо центрових отворів будуть вийдуть діаметральні поверхні).

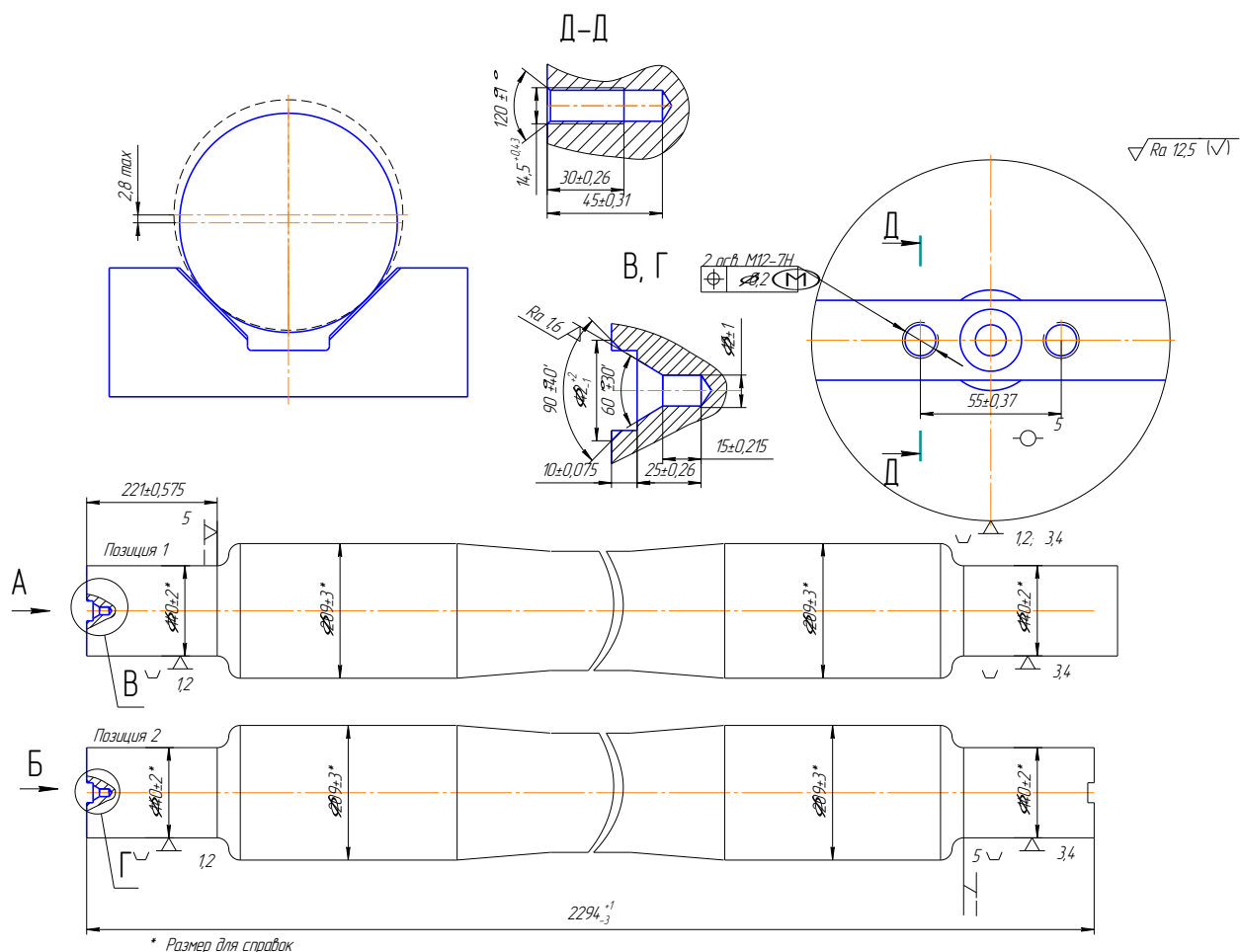


Рисунок 2.13 – Схема базування на горизонтально розточній операції

Дана схема базування передбачає подвійну напрямну й опорну бази, в результаті чого заготовка буде позбавлена п'яти ступенів свободи, вакантною залишається одна зв'язок, обертання навколо осі заготовки. При такій схемі базування похибка базування на розміри  $L = 221 \pm 0,575$  мм буде дорівнює нулю так як співпаде технологіческая і вимірювальна бази  $E_b = 6$  мм. Похибка базування для паза зведеться до нуля,  $E_b = 0$ , так як похибка базування на ширину паза 34 мм (зміщення відносно осі заготовки) буде виправлена на последуючіш токарних операціях, на яких обробка буде проводиться в отриманих, з одного установка, в місці з пазом центрах.

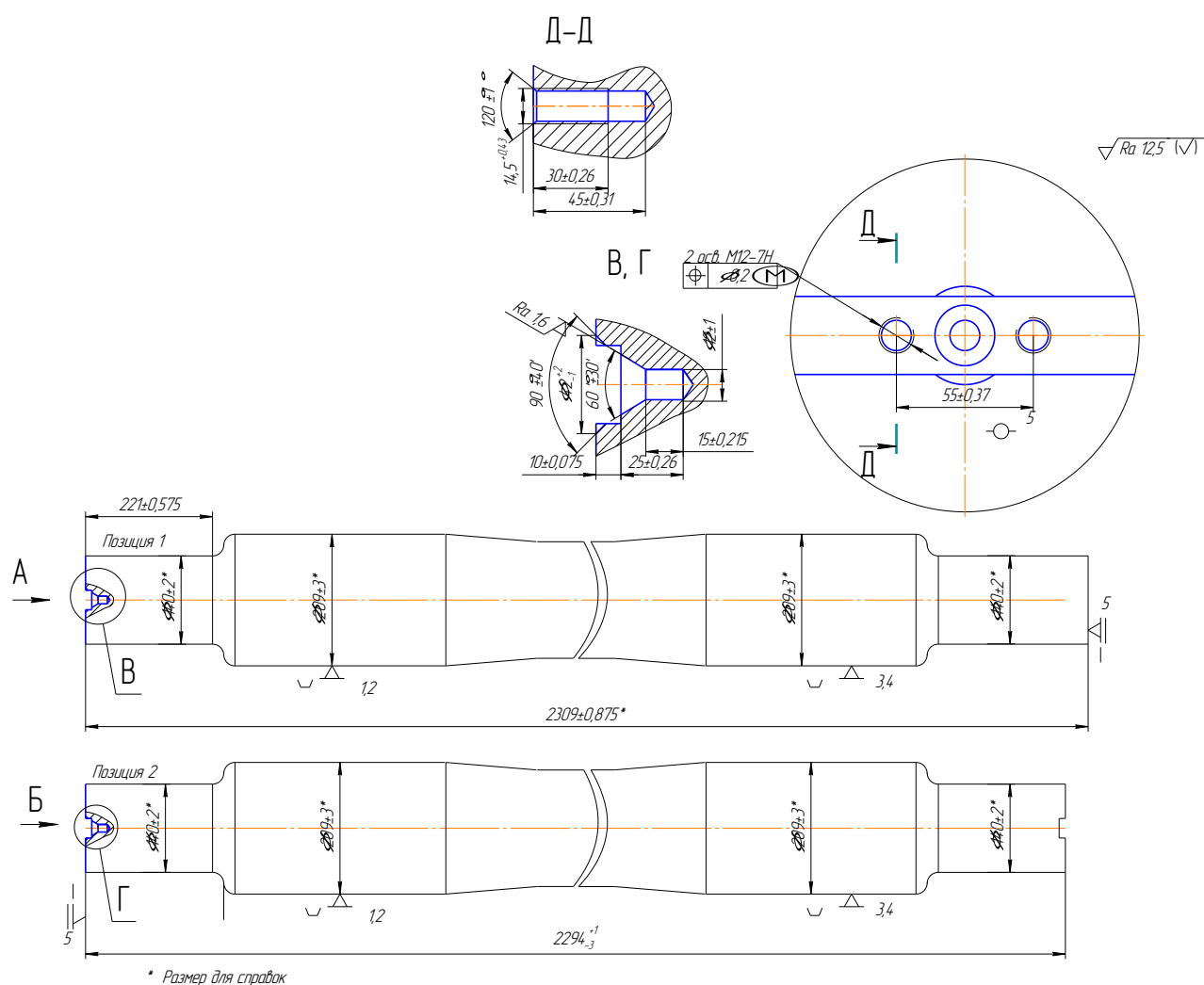


Рисунок 2.14 – Схема базування «Осі» з упором в торець

Як варіант розглянемо аналогічну схему базування, але з іншими базується поверхнями (рисунок 3.4). В даному випадку похибка базування для розміру 221



мм буде дорівнює допуску на розмір  $2309 \pm 0,875$  мм, тоді  $E_b = 1,75$  мм. Отже застосування даної схеми не доцільно.

Перший варіант базування більш раціональний.

### Построение функциональной структуры приспособления

Функциональная структура проектируемого приспособления представлена на рис. 3.5.

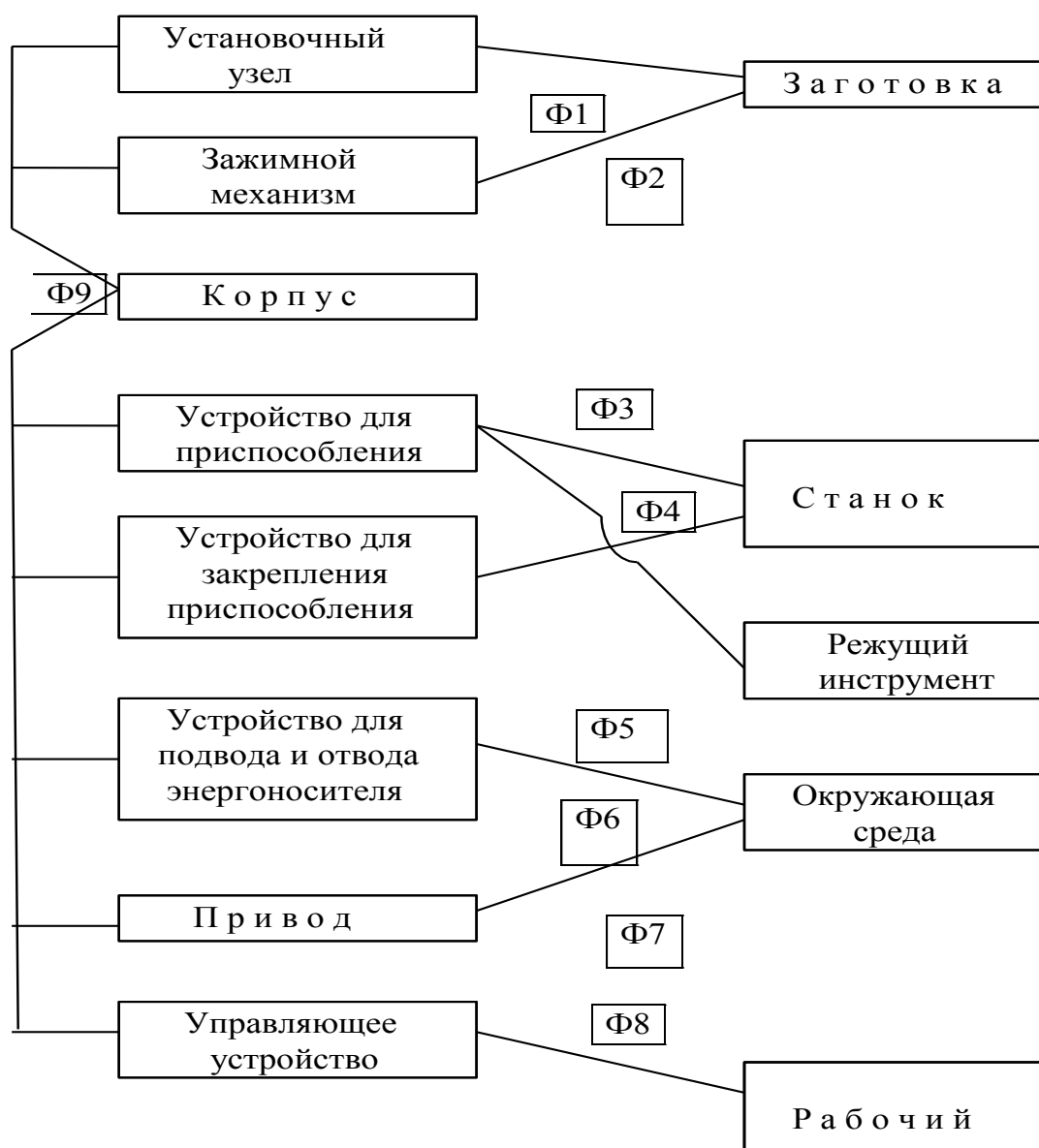
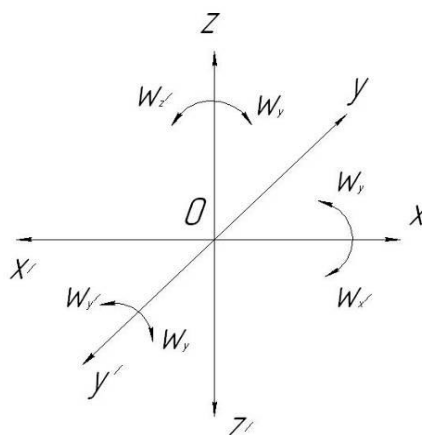


Рисунок 2.15 – Функціональна структура проектованого пристосування

## Розробка і обґрунтування схеми закріплення



Індекс зв'язи		$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб Реаліза- ції	Реакція	R		R	R		R			R	R	R	R
	Сила закре- плення					W							
	Сила тре- ння		F(W)					F(W)	F(W)				

## Аналіз структури полів обурюють сили

Для визначення впливу поля сил, що обурюють побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування, яка зображена , на схемі зображено схема фрезерування торцевою фрезою, так як зусилля при фрезеруванні найбільші, то розрахунок сил будемо виробляти саме для цього переходу.

З рисунка видно, що поля збурюючих сил не врівноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення.

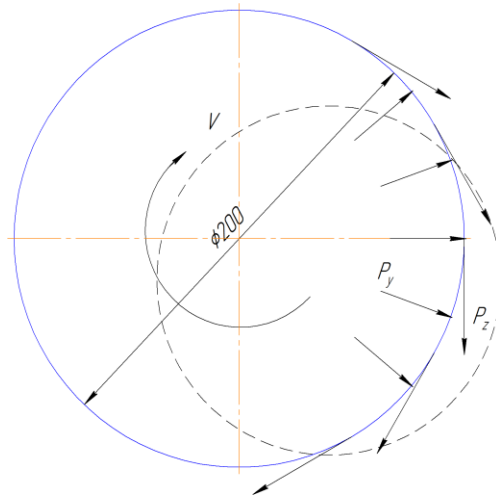


Рисунок 2.16 – Структура поля сил, що обурюють за складовими

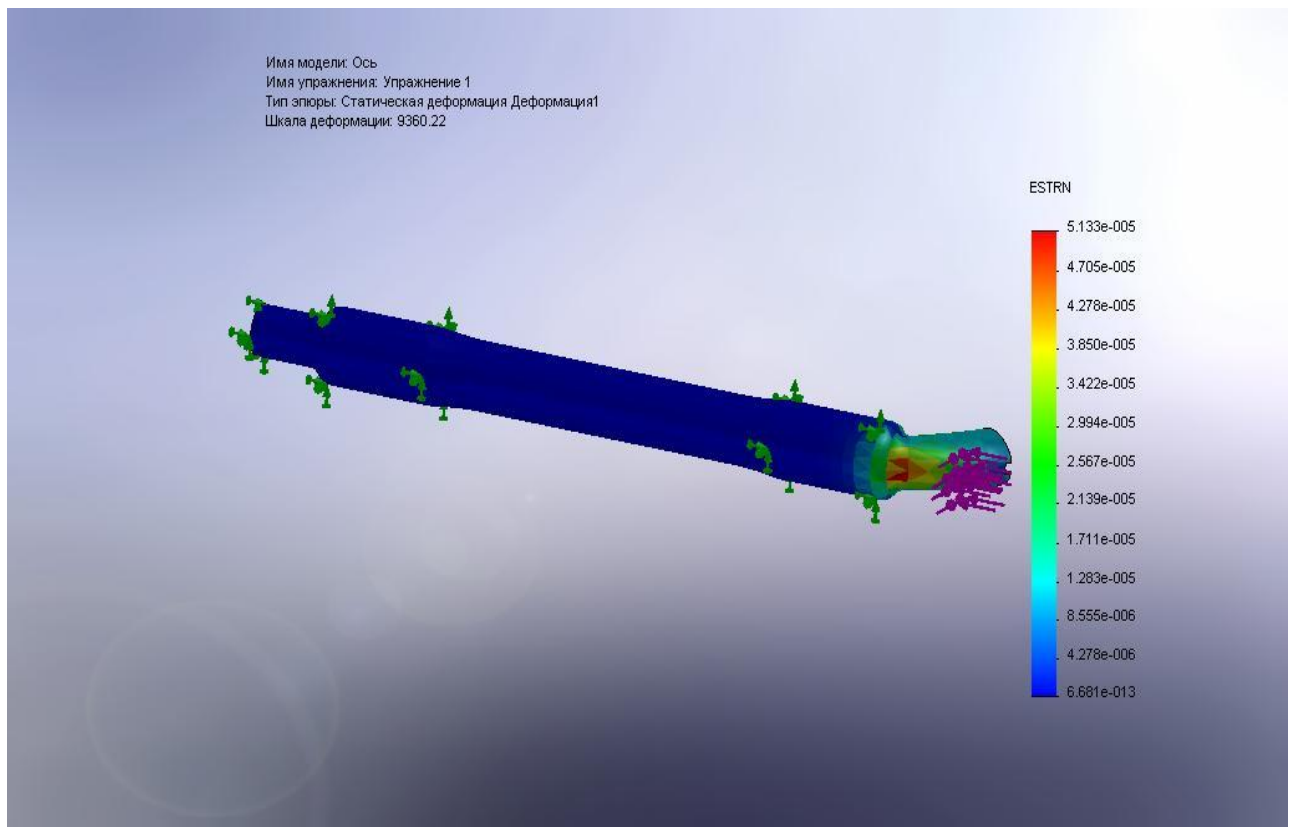


Рисунок 2.17 – Структура поля призначені врівноважити сил, створюваних затискним механізмом

Аналіз структури полів врівноважені сил

З малюнка видно, що складові сил невірноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення. Величину сумарного зусилля закріплення необхідно вважати з умови не провороту від сил, які створюють момент, схема зображена на малюнку.

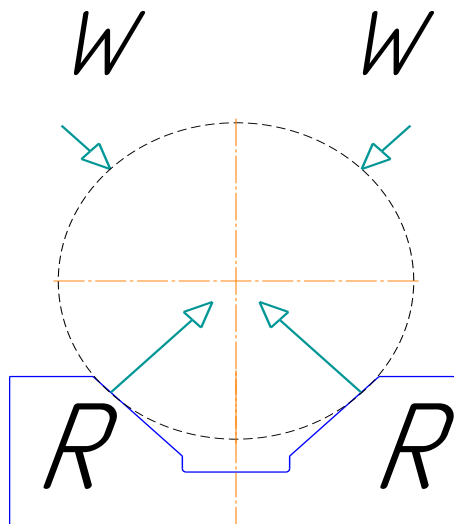


Рисунок 2.18 – Схема дії сил ПУС прикладених до деталі

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо аналітичним методом фрезерування торця.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал Сталь ОСВ ГОСТ4728-96, матеріал ріжучої частини Т15К6, обробка з охолодженням (МОР - емульсія).

Глибина різання  $t = 3$  мм.

Вибираємо подачу на зуб по карті, при  $t = 3$  мм,  $D = (1,25-1,5) V = 1,3 (140) = 182$  мм, приймаємо  $D = 200$  мм.

$S_z = 0,13$  мм/зуб.

Це значення не коректуємо так як верстат має безступінчасте подачу.

Переводимо подачу на зуб в хвилину подачу по формулі:

$$S^m = S_z z n,$$

де  $z = 20$  – кількість зубів фрези;

$n = 100$  об/хв - оберти фрези.

$S^m = 0,13 \cdot 20 \cdot 100 = 260$  мм/хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \quad (2.10)$$

де  $C_v = 46,7$ ,  $g = 0,45$ ,  $x = 0,5$ ,  $y = 0,5$ ,  $u = 0,1$ ,  $p = 0,1$ ,  $m = 0,33$  – коефіцієнти і показники у формулі швидкості різання;

$D = 200$  мм – діаметр фрези;

$T = 70$  - мин стійкість різального інструмента;

$B = 140$  мм – ширина фрезерування;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання і визначається за формулою:

$$K_v = K^{MV} K^{PV} K^{IV},$$

де  $K^{MV} = K^r (750/\sigma_B)^{n^v} = 1,0 (750/450)^{-0,9} = 0,63$ ;

$K^r = 1,0$  – коефіцієнт для матеріалу інструменту;

$n^v = -0,9$  – показник ступеня;

$K^{PV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K^{IV} = 1,0$  - коефіцієнт що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання;

$$K_v = 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,63.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів визначаємо швидкість різання:

$$V := \frac{46,7 \cdot 200^{0,45} \cdot 0,63}{70^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,13^{0,5} \cdot 140^{0,1} \cdot 20^{0,1}},$$

$$V = 56 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot 56}{3,14 \cdot 200} = 89,2 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо значення частоти обертання шпинделя з паспортом верстата  $n = 100$  об / хв. З урахуванням прийнятої частоти швидкість різання визначаємо за формулою.

$$V = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 100}{1000} = 62,8 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання по формулі:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^g n^w} K_{mp};$$

де  $C_p = 68,2$ ,  $g = 0,86$ ,  $x = 0,86$ ,  $y = 0,72$ ,  $u = 1,0$ ,  $w = 0$  – коефіцієнти і показники у формулі сили різання;

$K_{mp} = (\sigma_B / 750)^n = (450 / 750)^{0,35} = 0,83$  – поправочний коефіцієнт що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

де  $n = 0,35$  – показник ступеня.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання буде дорівнює:

$$P := \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,13^{0,72} \cdot 140^{1,0} \cdot 0,83 \cdot 20}{200^{0,86} \cdot 100^0}$$

$$P_z = 2850 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (2.21)$$

$$N = \frac{2850 \cdot 62,8}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт.}$$

Момент різання визначається за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, \quad (2.22)$$

де  $D=200$  мм – діаметр фрези,

тоді

$$M_{кр} = \frac{2850 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 2850 \text{ Нм.}$$

Знайдемо необхідну силу затиску з умови не провороту визначаємо за формулою:

$$W = \frac{kM}{fR + fR \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}, \quad (2.23)$$

де  $W$  – радіальна сила затиску ;

$R = 70$  мм – діаметри заготовки визначають площу контакту (тертя);

$K$  – коефіцієнт запасу. Величина коефіцієнта залежить від умов обробки деталі на верстаті:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (2.24)$$

де  $K_0 = 1,5$  — гарантований коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки;

$K = 1$  - коефіцієнт, що залежить від виду поверхності деталі (необроблена або оброблена);

$K = 1,5$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні ріжучого інструменту;

$K_3 = 1$  коефіцієнт, вчи-розробляються збільшення сили різання при обробці переривчастих поверхонь на деталі;

$K = 1,1$  - коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, раз-віваємою сило-вим приводом пристосування;

$K = 1,1$  - коефіцієнт, що враховується при наявності моментів, що прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі;  $K = 1$  - коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних ЗМ;

тоді,

$$K = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1 = 2,5;$$

$f_1 = f_2 = 0,16$  – коефіцієнт тертя між деталлю і установочними затискними елементами пристосування;

$\alpha = 90^\circ$  - кут призми, тоді

$$W = \frac{2,5 \cdot 2850}{0,16 \cdot 0,70 + 0,16 \cdot 0,70 \frac{1}{\sin 45}} = 37109 \text{ Н.}$$

Зусилля буде розкладатися на дві сили  $W = 37109/2 = 18554 \text{ Н}$ , які будуть діяти з двох сторін заготовки. У свою чергу зусилля з кожного боку буде розкладений на дві,  $W = 18554/2 = 9277 \text{ Н}$ , спрямовані протилежно реакцій.

Так как зажим будет происходить через рычаг то необходимо учесть соотношение плечь.

$$Q = W \frac{l}{l_1},$$



$l=130$  мм,  $l_1 = 100$  мм, тоді

$$Q = 9277 \frac{130}{145} = 8317 \text{ Н.}$$

Розрахунок на міцність

Для розрахунку на міцність приймається деталь - прихват. Для неї розраховується на міцність при згині. Матеріал деталі - Сталь 45.

Умова міцності при вигині:

$$\sigma_{и \max} = M_{и \max} / W_x \leq [\sigma_{и}] \quad (2.28)$$

де  $M_{и \max}$  - максимальний згинальний момент, Нм

$W_x$  - осьовий момент опору перерізу, Нм

$[\sigma_{и}]$  - допустиме напруження, кН/см<sup>2</sup>

напряга, що допускається

$$[\sigma_{и}] = 350 \text{ МПа} = 35 \text{ кН/см}^2$$

Визначення максимального згинального моменту

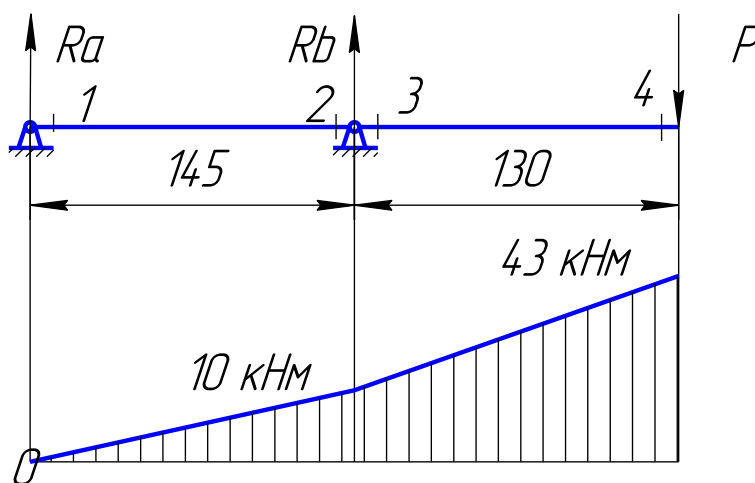


Рисунок 2.22 - Епюра згинальних моментів

Розрахунок реакцій опор:

$$\Sigma M_A = P \cdot 275 - R_B \cdot 145 = 0,$$

$$R_B = P \cdot 275 / 145 = 8317 \cdot 275 / 145 = 16634 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = R_A \cdot 145 - P \cdot 130 = 0,$$

$$R_A = P \cdot 130 / 145 = 7456 \text{ Н.}$$

Розраховується вигинає момент:

$$M_{из(1)} = 0;$$

$$M_{из(2)} = R_A \cdot 145 = 7456 \cdot 145 = 1081210 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{из(3)} = M_{из(2)} = 1081210 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{из(4)} = R_A \cdot 275 + R_B \cdot 145 = 8317 \cdot 275 + 16634 \cdot 145 = 4699105 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

За найбільшим значенням згинального моменту  $M_{из}$  вибирається небезпечно перетин. На епюрі згинальних моментів видно, що найбільший згинальний момент  $M_{i4max} = 4699 \text{ кН} \times \text{мм} = 469,9 \text{ кН} \times \text{см}$

Максимальна напруга при вигині:

$$\sigma_{и max} = M_{из max} / W_x \leq [\sigma_{и}]$$

Звідси:

$$W_x \geq M_{из max} / [\sigma_{и}]$$

$$W_x = 469,9 / 35 = 13 \text{ см}^3$$

Приймається поперечний переріз деталі - прямокутник,  $4 \times 4 = 16 \text{ см}^3$

Такий перетин прийнято з конструктивних міркувань.

Обґрунтування вибору приводу

Для реалізації розкріплення і закріплення заготовки при даній схемі раціонально вибрати пневмоциліндр одnobічної дії з діаметром поршня визначається за формулою [7 с. 238]:

$$D = \sqrt{\frac{4(Q + q)}{p\pi}},$$

де  $Q = 8317 \text{ Н}$  – вихідне зусилля, що розвивається пневмоциліндром, Н;

$p = 0,6$  МПа - тиск;

$q = 100$  Н - сила пружини сила.

$$D = \sqrt{\frac{4(8317+100)}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,136 \text{ м,}$$

приймаємо 140 мм.

Розрахуємо отримується зусилля на штоку.

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p - q \quad (2.24)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{4} 0,6 \cdot 10^6 - 100 = 9131 \text{ Н.}$$

Точнісні розрахунки пристосування

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначаються розрахункові параметри, тобто ті параметри, які в більшій мірі впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. В даному випадку до розрахункових параметрів належать точність взаємного розташування основних і допоміжних конструкторських баз пристосування.

Розглянемо похибка зміщення осей призм, а отже осі заготовки.

Похибка виготовлення за цим параметром визначається за такою формулою

$$E_{\text{пр}} \leq T_{31} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{\Pi}^2 + E_{\text{ИС}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{\text{поз}}^2}, \quad (2.25)$$

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

$K_{T1} = 0,85$  - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу допусків базових поверхонь;

$E_6 = 0$  мкм - похибка базування (див. пункт вище);

$E_3 = 500$  мкм - похибка закріплення [13];

$E_y = 70$  мкм - похибка установки пристосування на верстаті визначається за формулою:

$$E_y = \frac{L_D S}{l}, \quad (2.26)$$

$L_D = 2324$  мм – довжина оброблюваної деталі:

$S = 0,064$  мм – найбільший зазор між направляючої шпонкою пристосування і пазом столу верстата;

$l = 2070$  мм – відстань між шпонками;

$$E_y = \frac{2324 \cdot 0,064}{2070} = 0,07 \text{ мм.}$$

$E_{\Pi} = 0$  мкм - похибка перекосу інструменту (відсутні направляючі елементи пристосування);

$E_{\text{И}} = 3,2$  мкм - похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів [5]

$$E_{\text{И}} = \beta \cdot N = 0,002 \cdot 2070 = 4,1 \text{ мкм;}$$

$K_{T2} = 0,6$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 160$  мкм - середня економічна точність обробки [15];

$E_{\text{ПОЗ}} = 0$  мкм - похибка позиціонування інструменту [15].

Тоді похибка пристосування складе

$$E_{\text{пр}} = 340 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 500^2 + 70^2 + 0^2 + 4,1^2 + (0,6 \cdot 160)^2 + 0^2} = 340 - 77 = 263 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймається допуск на відхилення від зміщення осі заготовки щодо осі пристосування 250 мкм. Похибка в даних межах виникає як результат складання приватних похибок взаємного розташування окремих елементів пристосування.

## **2.10 Висновки**

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

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

Виконано аналіз схем базування та закруплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

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

## РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Теоретичні відомості про поверхнево-пластичне деформування

Зміцнення виконується з метою підвищення опору втоми і твердості поверхневого шару металу і формування в поверхневому шарі напруги стиснення, а також регламентованого мікрорельєфу.

Зміцнюючу обробку накаткою застосовують на фінішних операціях технологічного процесу після чорної абразивної обробки.

В результаті поверхнево-пластичне деформування ППД підвищуються характеристики опору металу деформації, такі як втомна міцність і поверхнева твердість, на ряду з цим знижується пластичність.

Обкатка виконується за допомогою вільно обертаються одного або декількох роликів, що приводяться в зіткнення з оброблюваної поверхнею під тиском. В результаті пластичної деформації відбувається наклеп поверхневого шару і, як результат цього, виникають залишкові напруги стиску, змінюється структура і збільшується твердість.

При обкатці роликом відбувається змінання виступів від предшествующей обробки і заповнення западин, що підвищує чистоту поверхні на два-три класи і зменшує діаметр заготовки на величину зім'ятих виступів.

Обкатка циліндричних поверхонь найбільш часто виконується на токарних і револьверних верстатах, а плоских - на стругальних. Застосовуються також спеціалізовані станки, наприклад, для обточування і обкатки колісних пар подвіжного складу.

Конструкція пристроїв для обробки залежить від конструкції верстата, розмірів і форми оброблюваної поверхні заготовки, а також розмірів, форми і кількості роликів. Кількість роликів вибирають в залежності від жорсткості оброблюваної заготовки і призначення обкатки. Обкатку одним роликом застосовують для заготовок жорсткої конструкції. При використанні однероликові накаток створюється значительное за величиною односторонне радіальне зусилля, визи-вающее

швидкий знос окремих вузлів верстата і деформацію заготовки, що знижує точність обробки. Двох-, трьох- і чотирьохролікові накатки не мають зазначених недоліків. Робочі поверхні роликів повинні мати твердість HRC 58-62 і більше. Вони виготовляються з сталей марок X12, X12M, ХВГ, 5ХНМ, У10, У12. Для підвищення зносостійкості на робочі поверхності роликів рекомендується наплавляти твердий сплав.

Істотний вплив на якість обробки надають форма і розміри роликів. Ролики, показані на рисунку, використовуються для проництва поверхонь з вільним виходом по довжині. Ширина циліндри-чеського паска при обробці невеликих деталей приймається рівною 2-5 мм, для великих деталей вона повинна бути 12-15 мм, але не менше подвоєною подачі.

Для створення постійних умов обкатки при прямому і зворотному ходах куту забірної частини а роблять однаковими,  $\sim 5^\circ$ . Перехід від циліндричного паска до конусу повинен бути плавним. Радіус профілю  $R = (0,5-0,75) D$ , де  $D$  - діаметр ролика, величина якого знаходиться в межах  $4 \sim 40$  мм.

Ролики, показані на рисунку застосовують для обробки галтелів і канавок. Робочі профілі їх визначаються формою оброблюваної поверхні. Ролики з комбінованим профілем (рисунок 3.1, г) призначені для обробки різних елементів деталей: профілем г обробляють перехідні радіуси, профілем в-циліндричні поверхні, профілем а - торцеві поверхні.

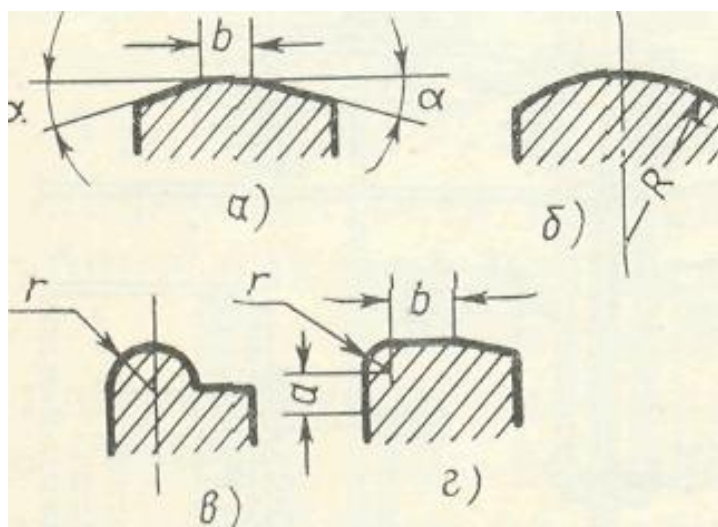


Рисунок 3.1 – Робочі профілі роликів

Діаметр і ширину роликів вибирають з конструктивних міркувань, однак при обробці деталей діаметром до 75 мм відношення діаметра ролика до діаметру оброблюваної деталі не рекомендується брати більше 4; чим більше діаметр деталі, тим менше повинно бути це ставлення.

Зміцнення металу в незагартованій сталі відбувається за рахунок структурних змін і змін структурних недосконалостей (щільності, якості та взаємодії дислокацій, кількості вакансій і ін.), Дробленням блоків і наведенням мікронапруг. При зміцненні загартованих сталей, крім цього, відбувається часткове перетворення залишкового аустеніту в мартенсит і виділення дисперсних карбідних частинок.

Поверхнева деформація призводить до утворення зрушень в зернах, пружного спотворення кристалічної решітки, зміни форми і розмірів зерен. Інтенсивність наклепу (зміцнення) тим вище, чим м'якше сталь. На незагартованих сталях збільшення твердості становить до 80%, на загартованих до 30%, при глибині зміцненого шару 1 ... 2 мм.

Встановлено, що обкатування зразків, навареними пружинної дротом 2 класу призводить до значного збільшення їх витривалості. Таким чином, технологія відновлення циклічно навантажених деталей повинна обов'язково включати операцію поверхнево-пластичного деформування. Підвищення втомної міцності можна пояснити за рахунок формування в поверхневому шарі деталі напружень стиску, що компенсують негативний вплив на витривалість зразків дефектів і структурної неоднорідності шару навареного металу.

Установка кріпиться на напрямних поперечної подачі супорта токарного верстата. Складається (див. Рисунок 10.2) з двох накатних роликів 2 і 4, закріплених на зварних кронштейнах 1 і 5. Лівий і правий кронштейни з'єднані з проміжними плитами 12, мають напрямні клини 11. Останні служать для кріплення установки на напрямних поперечної подачі супорта токарного верстата. Кронштейни пов'язані між собою двома тягами 10. Один їх кінець закріплений на лівому кронштейні, а інший з'єднаний через траверсу 9 з штоком гідроциліндра 8.



Гідроциліндр двосторонньої дії шарнірно віссю 7 з'єднаний з правим кронштейном. Пересуванням штока гідроциліндра здійснюється переміщення кронштейнів з роликками по напрямних поперечної подачі супорта токарного верстата. При цьому здійснюється підведення і притиснення роликків до оброблюваної поверхні або їх відведення.

Привід гідроциліндра здійснюється від індивідуальної гідростанції. Напрямок руху штока гідроциліндра регулюється ручкою управління золотника. Зусилля притиснення роликків встановлюється на гідростанції і контролюється по манометру 6, закріпленому на передній кришці гідроциліндра.

Оброблювану деталь 3 закріплюють на токарному верстаті. За допомогою рукоятки пересування установка підводиться до шийки осі. Включають механізм обертання деталі, а потім включають гідропривід. Відбувається обтиснення обертається осі роликками. Включають поздовжню передачу супорта і виробляють накатку на всій довжині шийки. Після закінчення операції відключають гідропривід, відводять роликки, відключають механізм обертання і знімають оброблювану деталь з верстата.

При накоєнні осі збільшується твердість і зменшується шорсткість її поверхні.

У вітчизняному машинобудуванні відбувається технологічна модернізація, спрямована на підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності продукції, що випускається. Освоєння прогресивних технологій забезпечується переважно за рахунок придбання імпортного обладнання та інструменту і, в меншій мірі, шляхом впровадження нових технологічних процесів, створених в нашій країні.

Можна відзначити ще одну особливість сучасного розвитку вітчизняного машинобудування: його акценти зміщені в бік вдосконалення високотехнологічних галузей, орієнтованих на дрібносерійне виробництво. Не менш важливим і актуальним завданням для економії країни і її престижу є увага до вироб-

ництва продукції, що випускається у великих обсягах, і якість якої зачіпає інтереси великої кількості споживачів.

І, нарешті, ще про одну тенденцію розвитку технологи машинобудування, в якій, поряд з уже традиційними вимогами постійного підвищення продуктивності, точності і якості обробки деталей, все більш активно висувається умова екологічності їх виготовлення. При цьому вимога екологічності виробництва в розширеному трактуванні зачіпає не тільки комфортність умов праці, а й зменшення матеріало- та енергоємності виробів, що безпосередньо впливає на їх економічність і конкурентоспроможність.

Стосовно до фінішних операціях обробки, наприклад, з використанням абразивного інструменту та примусового охолодження зони різання кращим з точки зору екології представляються процеси поверхневого пластичного деформування (ППД) і особливо ті, в яких не застосовуються мастильно-охолоджуючі технологічні середовища (ЗОР).

Для зазначених умов виробництва, зокрема, для автомобілебудування, ключовою проблемою впровадження нової технології стає її підвищена надійність і стабільність, тобто впевненість в безумовному виконанні всіх необхідних вимог до точності, якості надзвичайно швидкої обробки величезного - до 600 000 і більше деталей в рік тільки одного типу при їх безперервному виготовленні протягом декількох років. При відсутності впливу оператора на хід технологічного процесу виконання навіть відносно нескладних вимог по точності форми і розмірів оброблюваної поверхні, її шорсткості і інших регульованих характеристик якості поверхневого шару вимагає ретельної його науково-дослідницької підготовки.

Процеси зміцнюючої обробки безперервно розвиваються в якості методу фінішної обробки поверхонь деталей машин. Обробка методами поверхневого пластичного деформування (ППД) складається в силовому контактному впливі деформуючого інструменту на поверхню заготовки в умовах їх відносного руху.

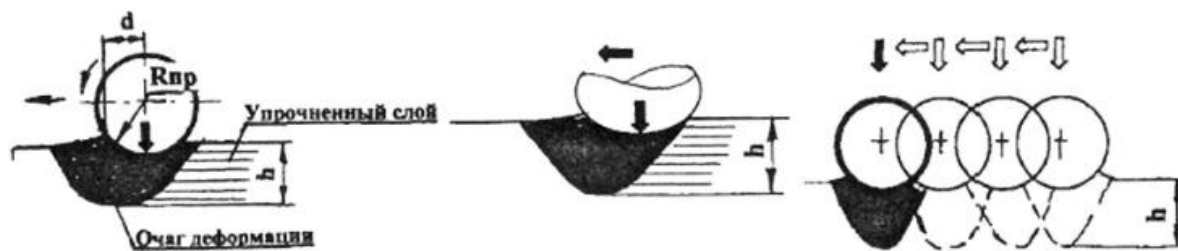


Рисунок 3.2 - Основні схеми взаємодії деформуючого елемента з оброблюваної поверхнею: а - кочення; б - ковзання; в - впровадження

Процес ППД здійснюється без зняття стружки шляхом деформування мікронерівностей і глибинних прилеглих до поверхні шарів матеріалу. В результаті відбувається значне зниження шорсткості, зміцнення поверхневого шару, в ньому виникають залишкові напруги стиснення. При цьому відбувається інтенсивне вигладжування поверхневих нерівностей заготовки, що супроводжується значним зміцненням поверхневих шарів (підвищенням мікротвердості і створенням сприятливих стискають напруг); виключається шаржування обробленої поверхні абразивними та іншими частинками; стає можливим утворення частково і повністю регулярних мікрорельєфів. Ці переваги в поєднанні з високою продуктивністю, надійністю і простотою здійснення визначили широке і безперервно розширюється застосування різних способів фінішної обробки тиском практично у всіх галузях промисловості з високими техніко-економічними показниками.

Дослідження, наведені в літературі, направляються головним чином на виявлення загальних і приватних закономірностей ППД при великій різноманітності засобів реалізації цього виду обробки.

Залежно від схеми силового впливу деформуючого елемента на поверхню оброблюваної деталі, відповідно до ГОСТ 18296-72, можна виділити вісім основних груп процесів ППД.

Найбільшого поширення набули статичні методи ППД, що включають дорнованіє, вигладжування і обкатування, при яких здійснюють безперервне контактне взаємодія інструменту із заготівлею в процесі їх взаємного переміщення. Статичні методи ППД отримали найбільш широке поширення внаслідок відносної

простоти їх реалізації і стабільності протікання процесу обробки.

Вигладжування є одним з найбільш простих способів поверхневого пластичного деформування. Його відрізняє висока продуктивність і стійкість інструменту. Вигладжуванням досягається шорсткість  $Ra = 0,32 \dots 0,1$  мкм, при обробці зростає мікротвердість, і в поверхневому шарі створюються стискають залишкові напруги. Процес алмазного вигладжування кинематически аналогічний точіння, тільки замість різця застосовується алмазний виглаживатель, який, пластично деформує поверхневий шар, вирівнює і зміцнює його.

Довговічність і надійність машин і конструкцій визначається експлуатаційними характеристиками найбільш навантажених деталей. Відомо, що на довговічність деталей машин впливають безліч факторів таких, як зносостійкість, поверхнева міцність, макро-геометрія, мікронерівності поверхні і ін.

Однак, незалежно від виду навантажень, найбільші навантаження відчувають поверхневі шари деталей - шари, найбільш інтенсивно піддаються впливу зовнішнього середовища. Експлуатаційні характеристики поверхневих шарів визначаються в основному технологією їх обробки. Поверхнево-пластичне деформування є найбільш виграшним методом зміцнення поверхневих шарів деталей машин.

При проведенні досліджень в роботі Одинцова Л.Г. виявилось, що після 43000 км пробігу знос поршневих пальців, оброблених алмазним вигладжуванням, був на 60-93% менше необроблених зразків.

В роботі Барац Я.І. запропоновано застосувати ППД з нанесенням регулярного мікрорельєфу, з метою підвищення експлуатаційних властивостей пари, що третяся поршень-корпус. При дослідно-промислової перевірці процесу проводилися дослідження впливу параметрів і режимів обробки на герметичність сполучення, прірабативаемость і зносостійкість контактируємих поверхонь. У свою чергу Шнейдером Ю.Г. було встановлено, що найбільш раціональним регулярним мікрорельєфом для даної деталі є частковий регулярний мікрорельєф з дотичними канавками.

В роботі Горохова В.А. [3] наводиться дослідження зносу і прірабативаємості зразків з технічного титану ВТ1-1, після обробки їх віброобкативанієм, обкативанієм, гострінням і шліфуванням. Результати дослідження показали, що на поверхнях, оброблених ППД, знос підробітки менше в 2 рази. Таким чином, можна вважати, що підвищення зносостійкості титанових сплавів збільшується на 55% внаслідок оптимізації геометричних, і на 45% внаслідок оптимізації фізичних параметрів оброблюваних методами ППД поверхонь.

Велике місце серед деталей, що працюють на тертя, займають резинOMETаллические пари, серед них найбільш характерними є шийки валів, що контактують з ущільнення валу. Для оцінки зносостійкості при різних методах обробки металевих поверхонь (шліфування, полірування, діамантове вигладжування) проведено випробування зразків зі сталі 40Х на машині тертя. Результати показали, що поверхні, оброблені алмазним вигладжуванням, в 1,5-2 рази менше зношуються, ніж після полірування, і в 5 разів менше, ніж після шліфувальної обробки [7]. Підвищення довговічності опор бурових доліт і різьбових з'єднань бурильних труб досягається застосуванням деформаційно-електрохімічної обробки поверхонь тертя, суміщеного з осадженням твердосмазочного композиційного електрохімічного покриття з ППД шару, що наноситься. При обробці мікротвердість підвищується в 1,5-2 рази, зменшується інтенсивність зношування на 33-53%, збільшується контактна витривалість на 54%. Також запропоновано новий спосіб підвищення довговічності пар тертя. Суть процесу полягає в нанесенні на попередньо оброблену, із заданим мікрорельєфом, поверхня, методом фрикційного переносу, антифрикційного композиту. Термостійкість такого покриття зберігається до температури 870 К. Дослідження на зносостійкість, в роботі [1] Бараца Я.І., на зразках зі сталей 40, 20Х, 40Х, 12ХН3А, 38ХН3МА показали, що оптимальним варіантом став - обробно-зміцнююча обробка незагартованого вала методом обкатки кулькою, для втулки - розточування з подальшою обробкою ППД роликів розточуванням (або розточування з подальшим утворенням РМР). Д.Д. Папшева в роботі [8] були проаналізовані отримані позитивні результати щодо

підвищення зносостійкості при обробці кулькою, ультразвуковим зміцненням і обробці обертаються механічними щітками з оптимальними режимами і відповідними умовами на загартованих, легованих сталях і титанових сплавах.

При зміцненні щітками титанових сплавів, наприклад сплаву ПТЗВ ( $\sigma_B = 650 \dots 900$  МПа), приріст твердості становить 15-30% при товщині зміцненого шару 0,1-0,3 мм. Дослідження показали, що обробка щітками призводить до зниження в 1,2-1,4 рази середнього арифметичного відхилення мікропрофілю шліфованих поверхонь. Мікротвердість поверхні досліджених загартованих сталей зростає на 10-30%. Знижується знос на 30-40% в порівнянні з шліфованими поверхнями, при цьому в 1,5-2,2 рази зменшується час підробітки, що сприятливо відбивається на збільшенні зносостійкості.

Підвищення довговічності і витривалості виробів досягається створенням оптимальних полів залишкових напружень в тілі деталей. Одним з таких методів є метод термопластического зміцнення. Завдання створення полів залишкових напружень вирішується в два етапи: спочатку визначається температурне поле, а потім розраховуються залишкові напруги і пластичні деформації.

У ЦНИИТМАШ була досліджена втомна міцність великих валів і східчастих валів, виготовлених із сталей 40Х, 40ХН, 40. За результатами випробувань видно, що наклеп привів до значного збільшення втомної міцності. У Санкт-Петербурзькому інженерно-економічному інституті було проведено дослідження якості поверхневого шару на міцність від втоми попередньо оброблених

### **3.2 Розробка конструкції прогресивного пристрою для поверхнево-пластичного деформування**

Як правило накатування або ще поверхнево-пластичне деформування виконують роликком або шариком за декілька проходів, тому у якості нововведення пропонується застосувати конструкцію накатної голівки (рис. 3.1).

Накатна головка складається з кульки, що закріплена у змінному корпусі та є підпружиненою з пружиною розрахованої сили, що розраховується виходячи з

глибини накатування та матеріалу деталі. Твердість накатної кульки складає 60...63HRC, а її матеріал швидкорізальна сталь Р6М5.

Кулька є так званою першою ступінню накатної голівки. Далі у корпусі розташований твердосплавний елемент зі сферичним кінцем, функцією якого є згладжування, чи так зване «виходжування» оброблюваної поверхні, що таким чином дозволить виконати замість двох проходів один та зменшити шорсткість поверхні, тобто зробити її більш якісною та підвищити її експлуатаційну надійність. Матеріал твердосплавного елемента – сплав ВК8, шорсткість сферичної поверхні Ra 0,1 мкм.

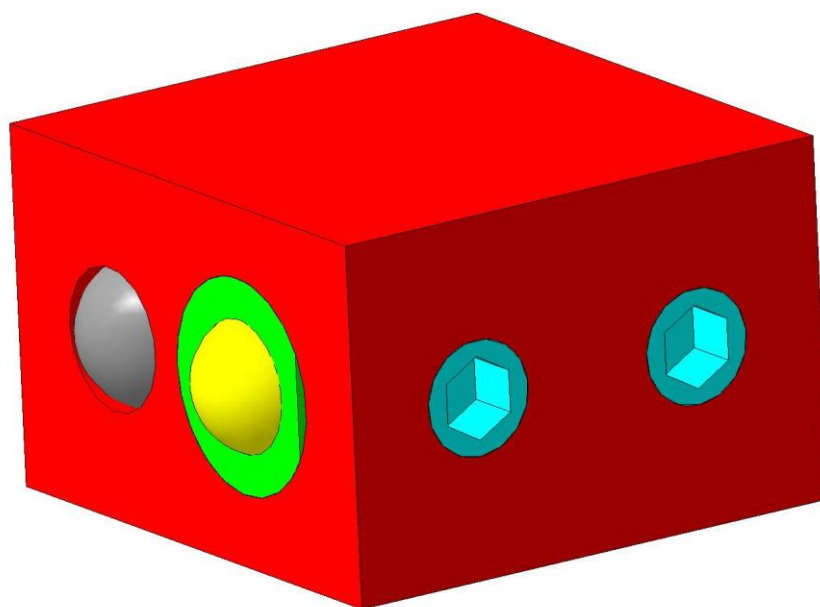


Рисунок 3.1 – Конструкція накатної голівки

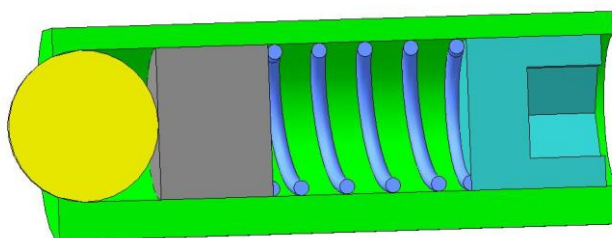


Рисунок 3.2 – Перша ступень накатника

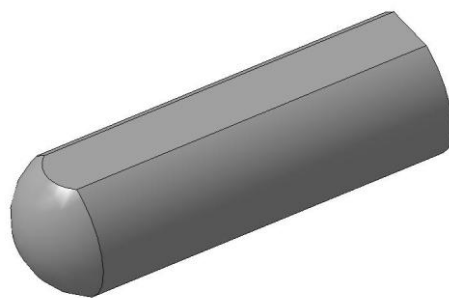


Рисунок 3.3 – Твердосплавний елемент

Таким чином для спроектованого інструменту необхідно виконати дослідження напружено-деформованого стану (НДС), тобто чи не перевищують напруження допустимих величин. Також дослідження НДС пристрою передбачає перевірку на міцність, виявлення концентраторів напружень та елементів, де напруження більші, ніж допустимі для конкретного матеріалу, та при їх наявності удосконалення конструкції.

У якості затискного принципу обрано затиск за зовнішню поверхню призматичного корпусу. Для цього за допомогою ANSYS [25, 26] отримані результати переміщень та напружень, що виникають у конкретних деталях та в місцях їх контакту. Ілюстрації з розрахунковими схемами навантажень, скінчено елементною сіткою та переміщеннями і напруженнями при обробці наведені на рис. 3.4 – 3.8.

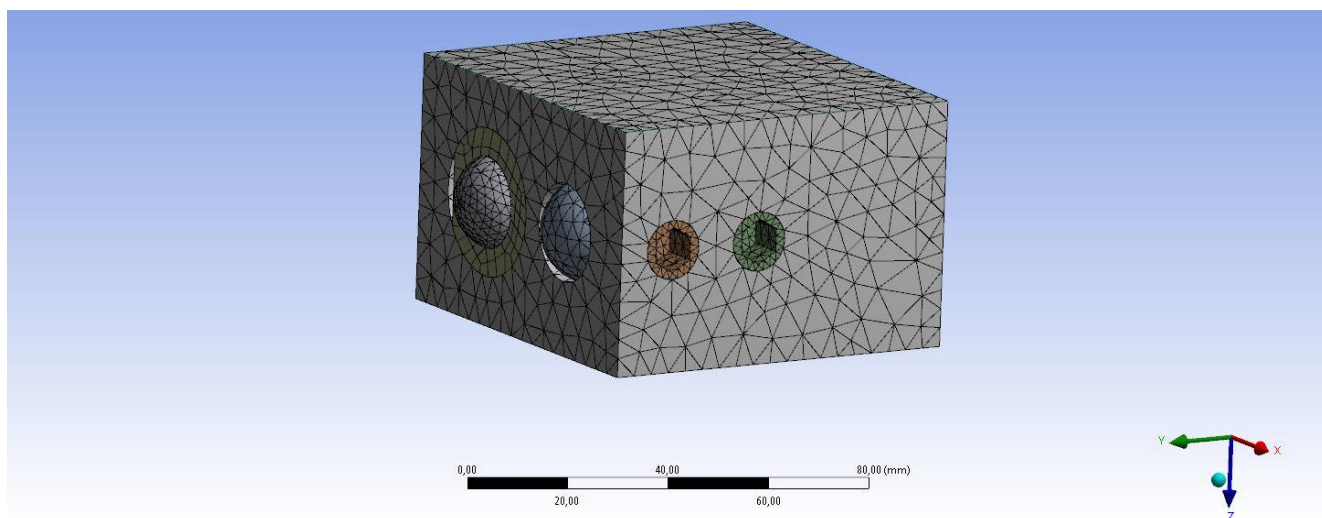


Рисунок 3.4 – Скінчено елементна сітка накатної головки



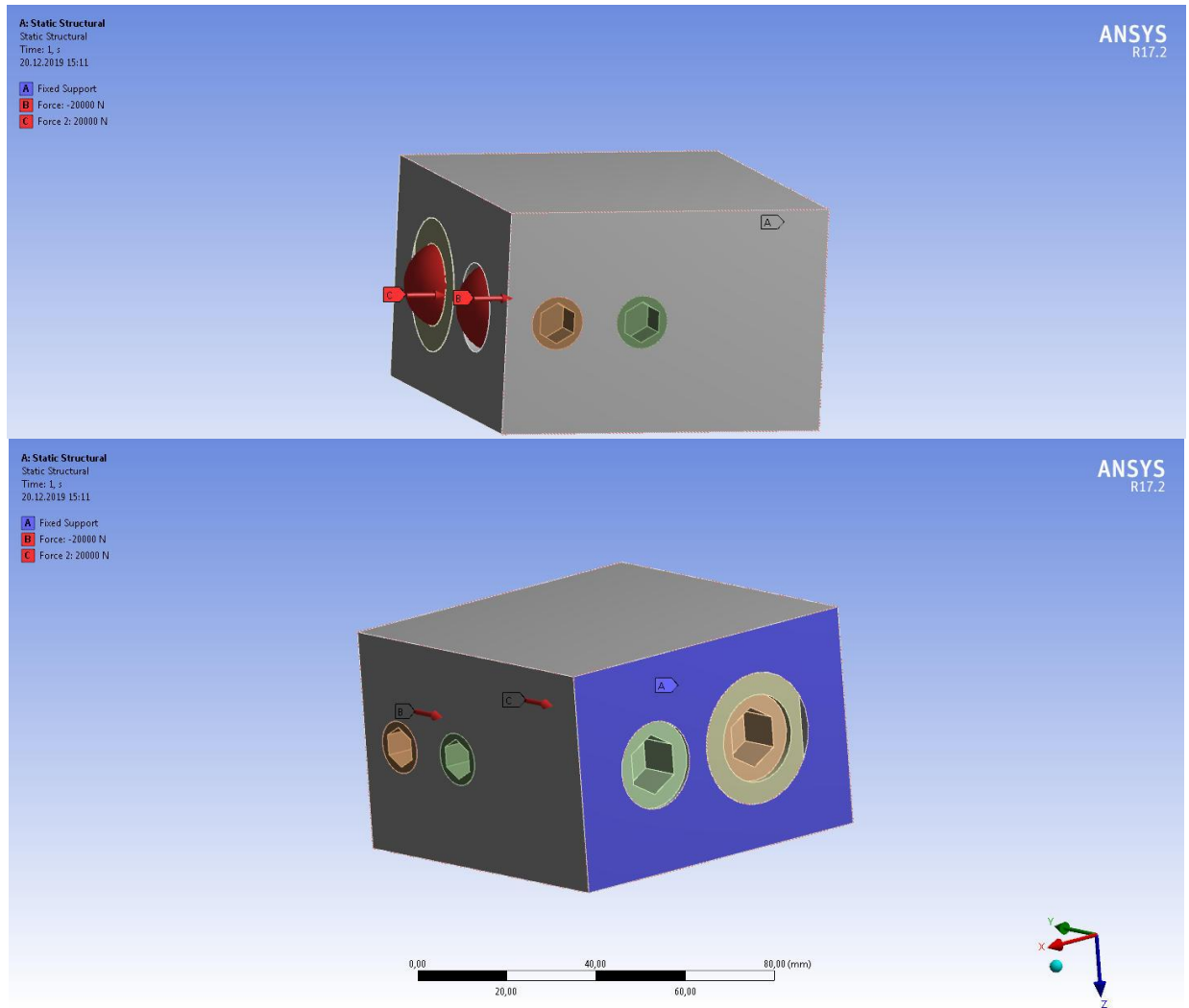


Рисунок 3.5 –Схема навантажень

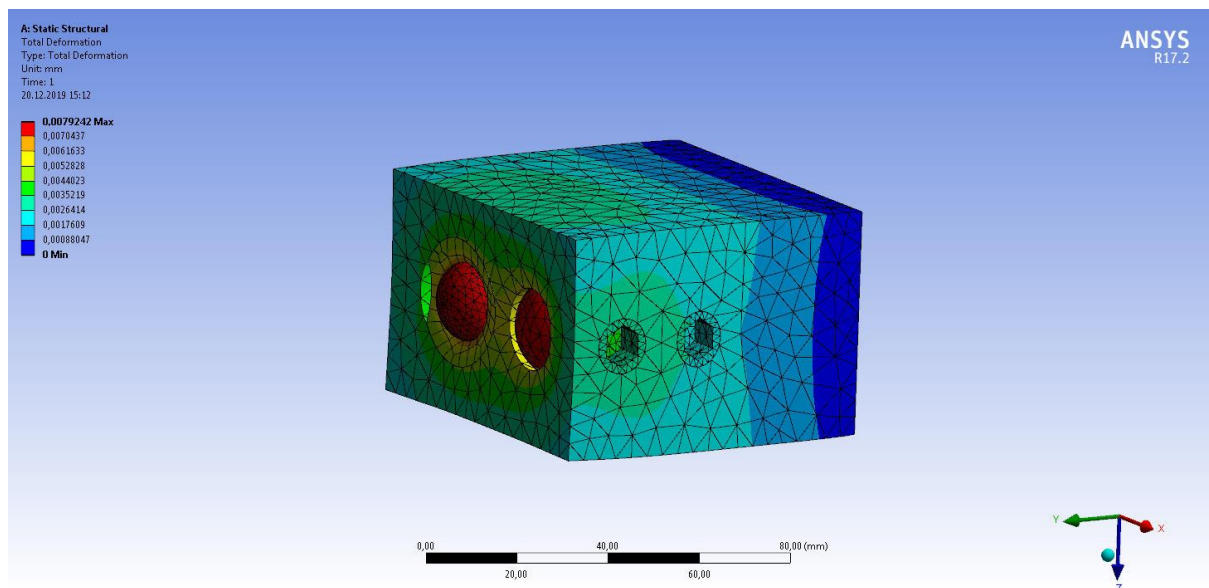


Рисунок 3.6 – Загальні переміщення елементів

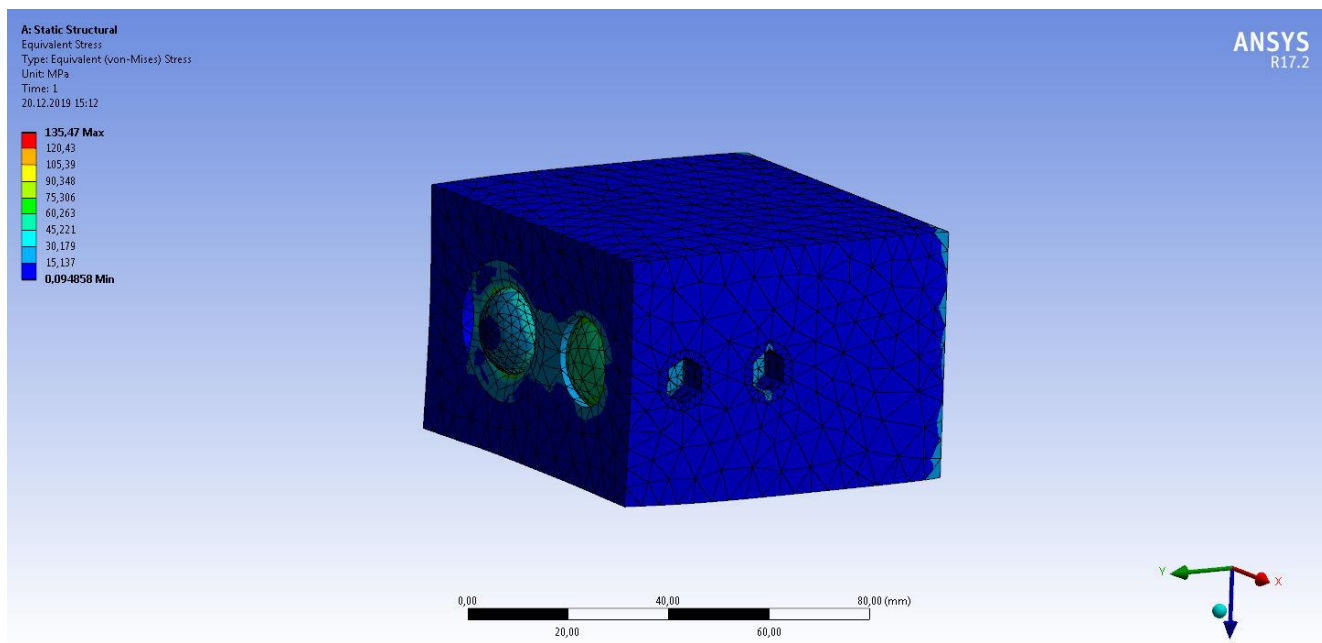


Рисунок 3.7 – Напруження елементів накатної оправки

Таким чином величини переміщень елементів оправки не перевищують 0,015мм, а напруження не перевищують 135 МПа, що є цілком допустимим для матеріалів деталей накатної оправки.

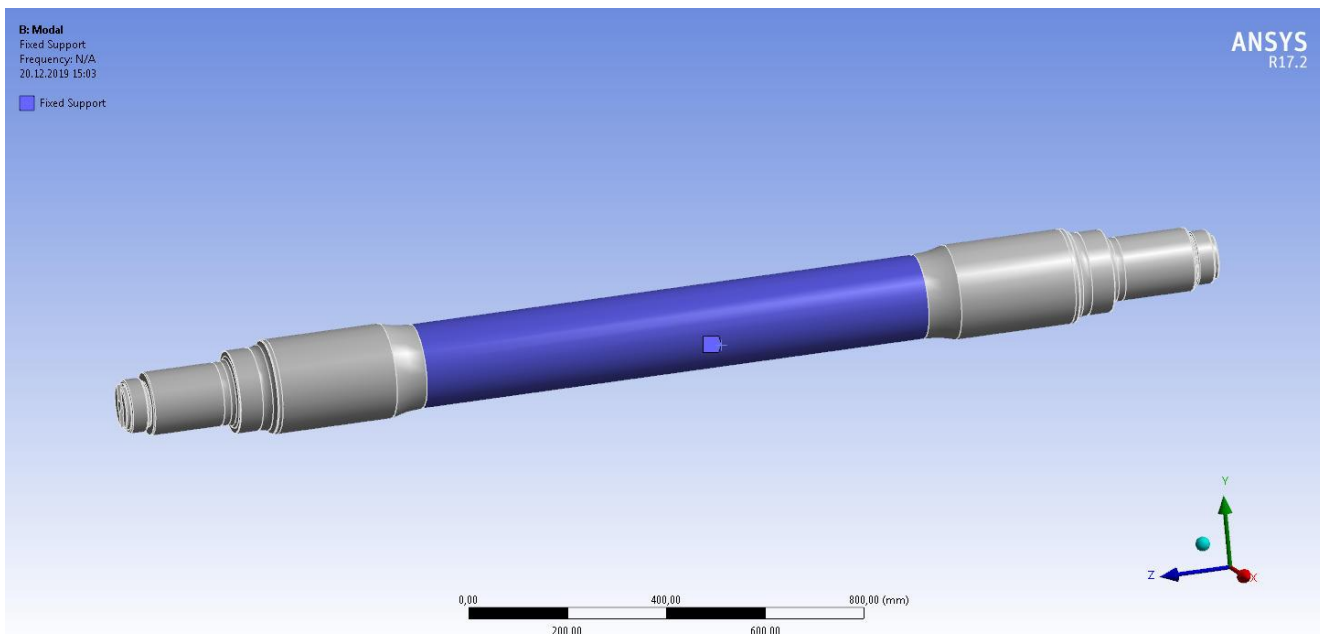
Отже оправка може бути застосована для накочування поверхонь деталі ось, та дозволить знизити основний та допоміжний час в два рази за рахунок обробки за один прохід.

### 3.3 Аналіз власних частот деталі

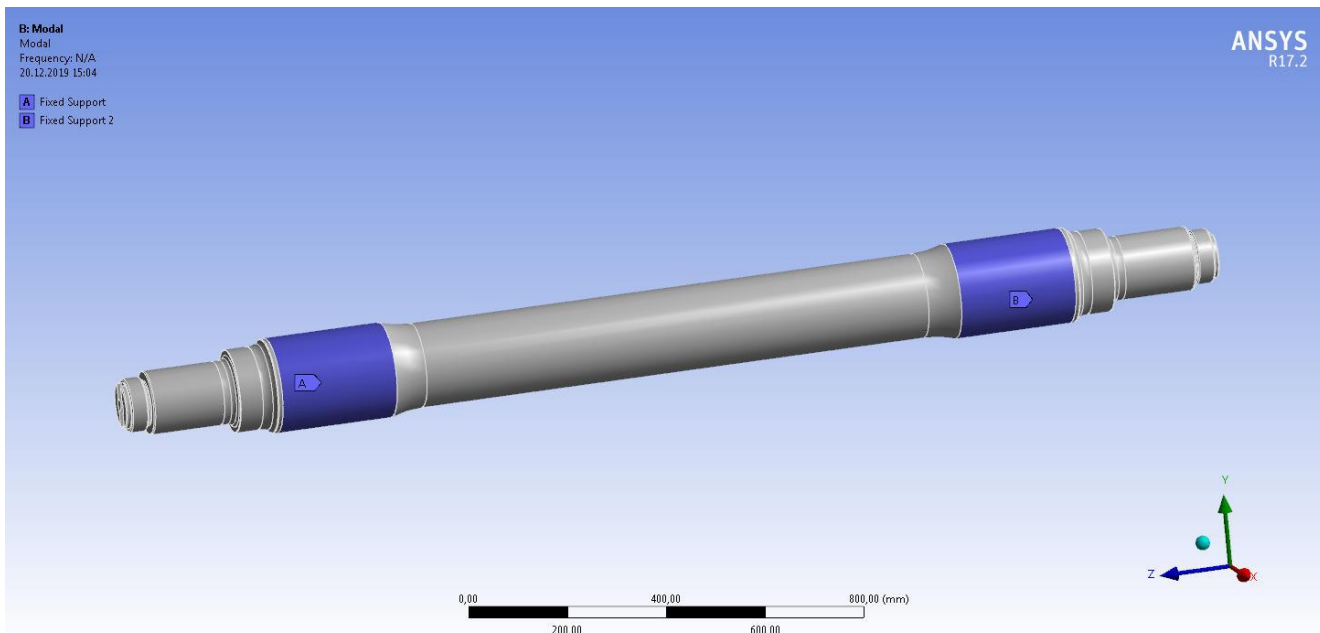
Так як деталь «Ось» має досить велике відношення довжини до діаметру, то вона сама по собі є не досить жорсткою, отже для запобігання виникнення явища резонансу в процесі накатування необхідно, щоб частоти власних коливань деталі і частота обертання не співпадали. Вирішення цієї проблеми полягає у призначенні іншої частоти обертів шпинделя верстата та осі відповідно. Для цього за допомогою вбудованого модуля Modal Analysis у розрахунковому комплексі ANSYS Workbench визначено частоти власних коливань осі, які порівняно з частотами її обертання при накатуванні.

Розглянемо при цьому два варіанта закріплення – один з допомогою одного люнету по центру, а другий за допомогою двох люнетів на шийках (буксах).

При цьому отримані частоти коливань (табл. 3.1 і рис. 3.10-3.12) для першої схеми і (табл. 3.2 і рис. 3.13-3.15) для другої схеми. Схеми закріплення приведені на рис. 3.8-3.9 відповідно.



З ОДИМ ЛЮНЕТОМ



З ДВОМА ЛЮНЕТАМИ

Рисунок 3.8 – Схема закріплення з одним та двома люнетами

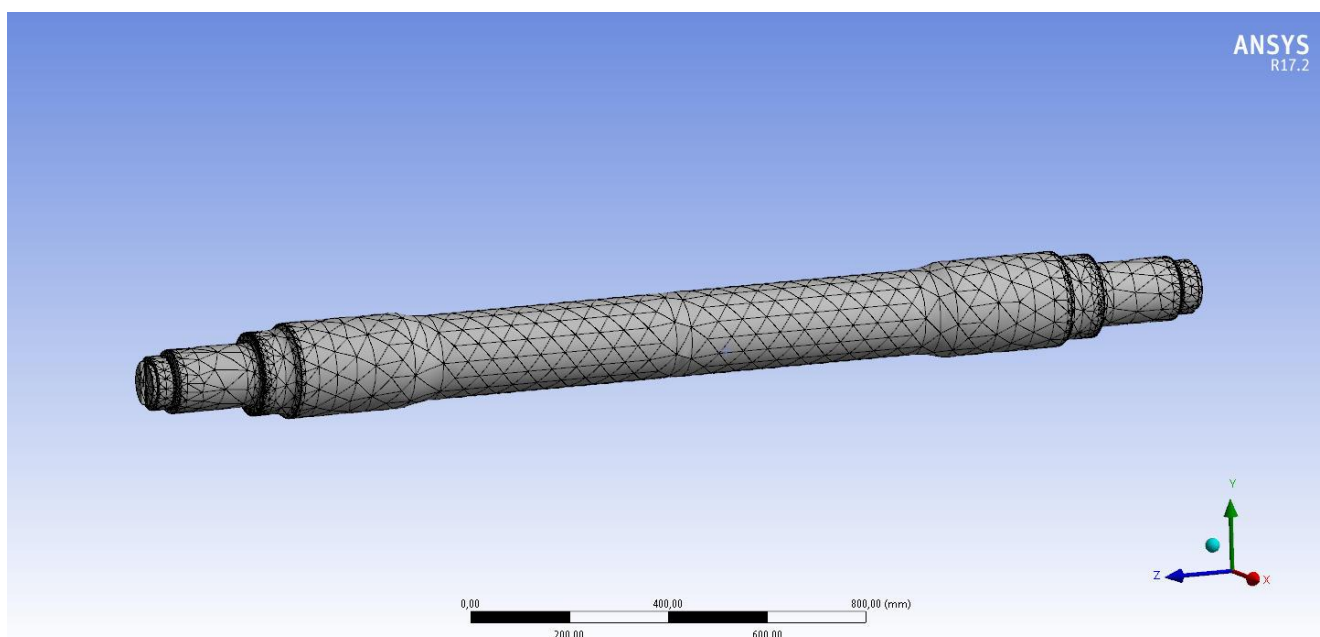


Рисунок 3.9 – Скінчноелементна сітка осі

Результати аналізу дозволяють за необхідності відлаштуватися від резонансу.

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця частот власних коливань (1-й варіант)

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота обертання деталі при накатуванні, Гц
439	440	441	20

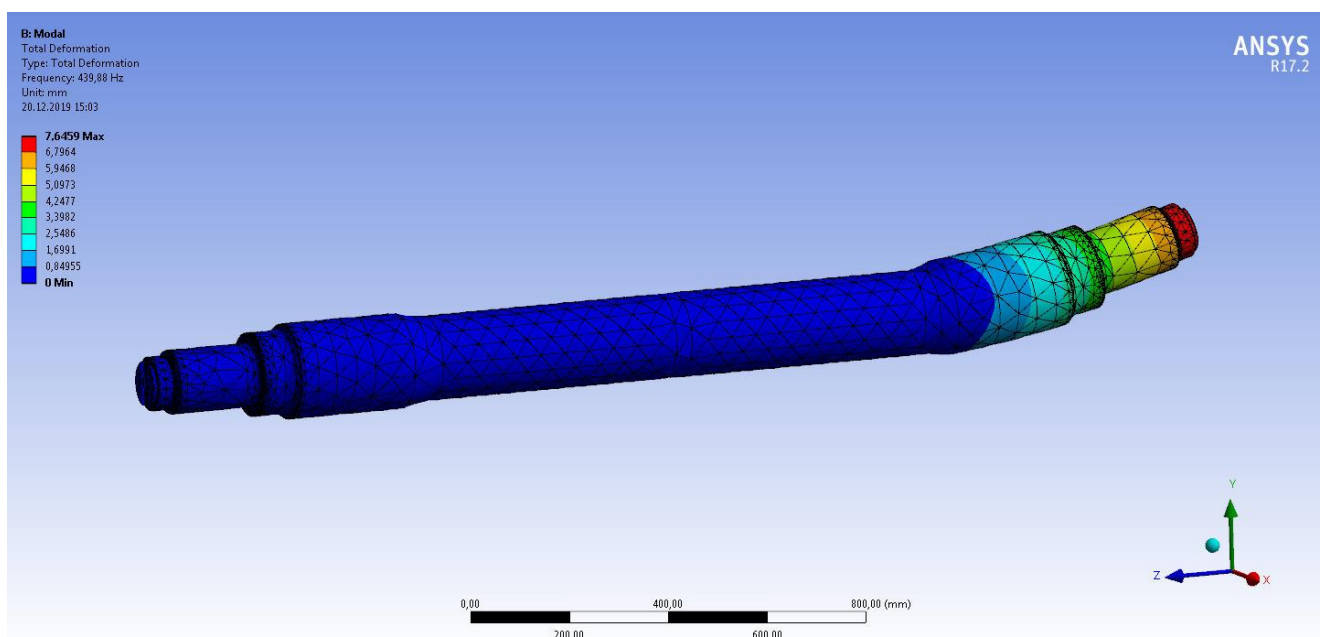


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 1-шої частоти (1-й варіант закріплення)

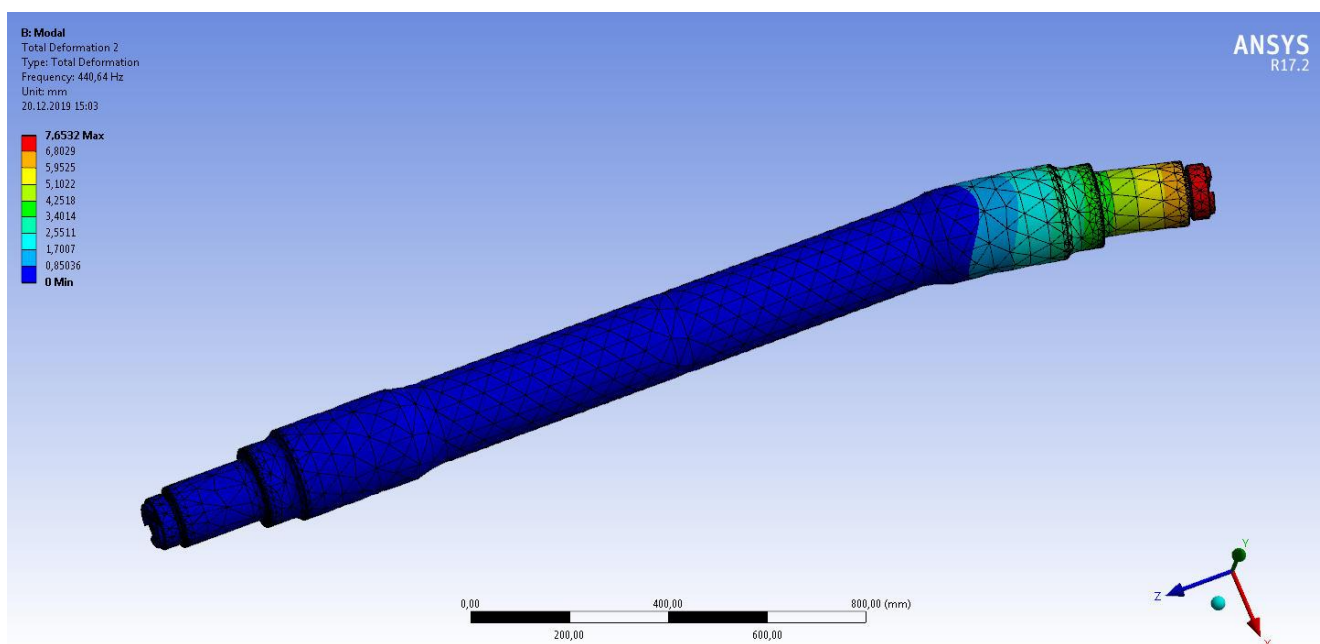


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 2-ї частоти (1-й варіант закріплення)

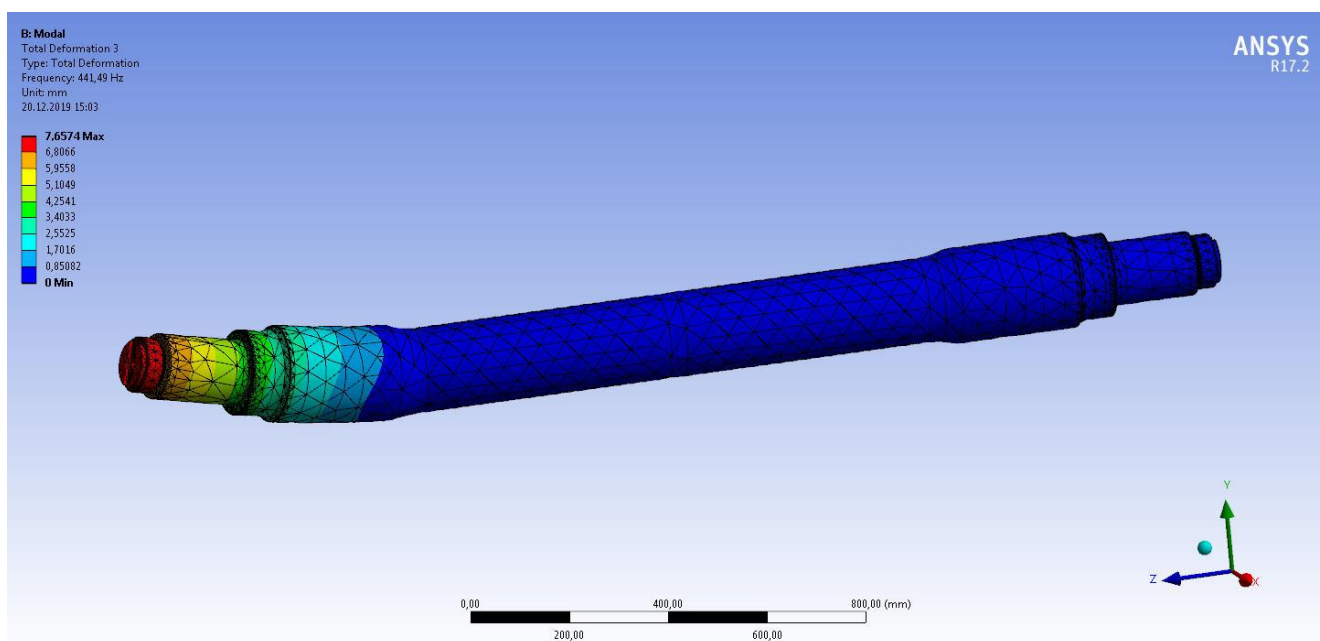


Рисунок 3.12 – Ілюстрація 3-ї частоти (1-й варіант закріплення)

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця частот власних коливань (2-й варіант)

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота Гц	Частота обертання деталі при накатуванні, Гц
506	506	1253	20

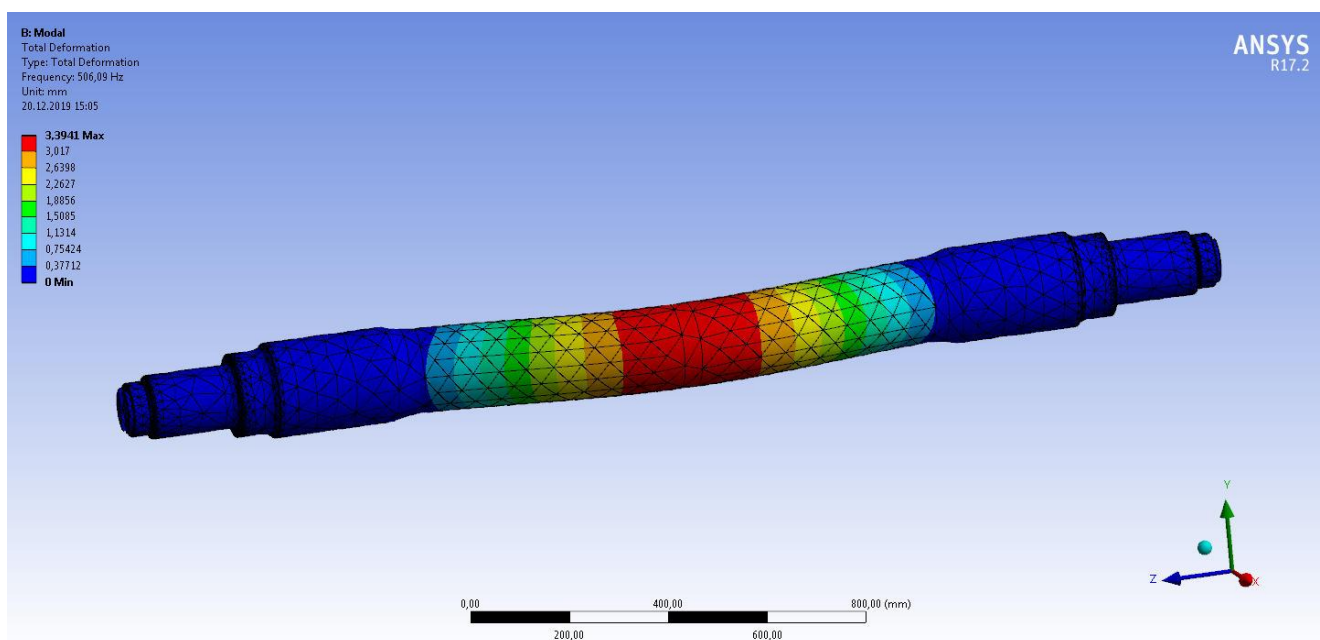


Рисунок 3.13 – Ілюстрація 1-шої частоти (2-й варіант закріплення)

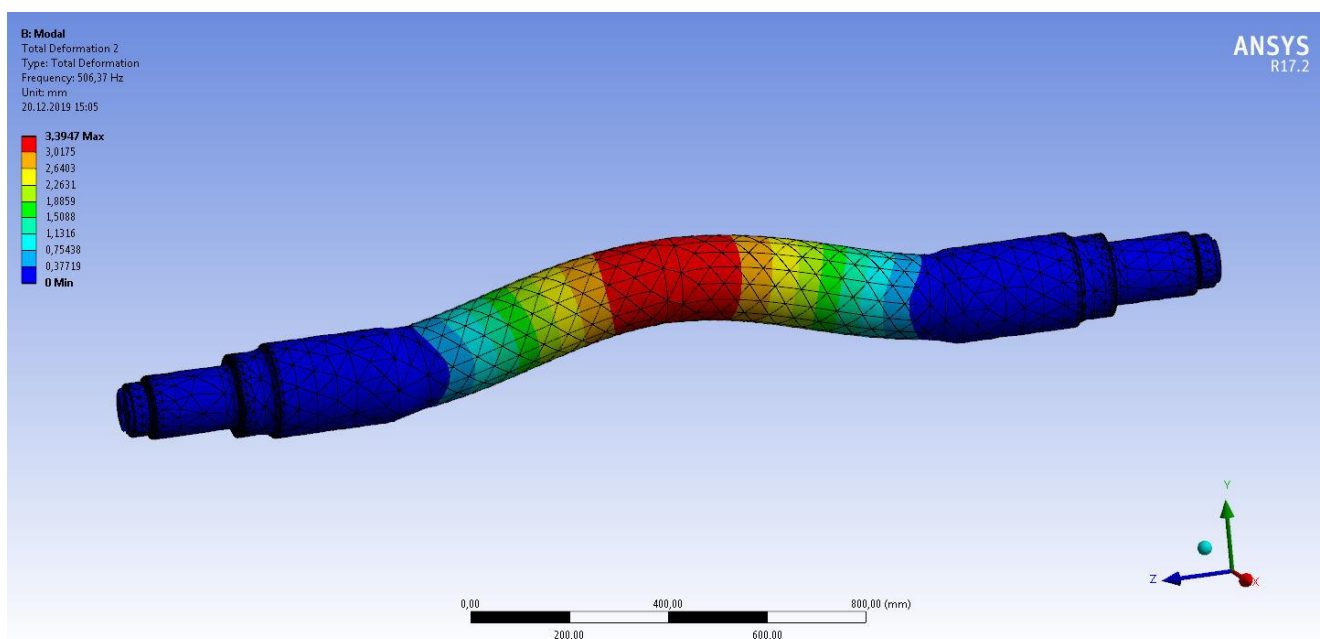


Рисунок 3.14 – Ілюстрація 2-ї частоти (2-й варіант закріплення)

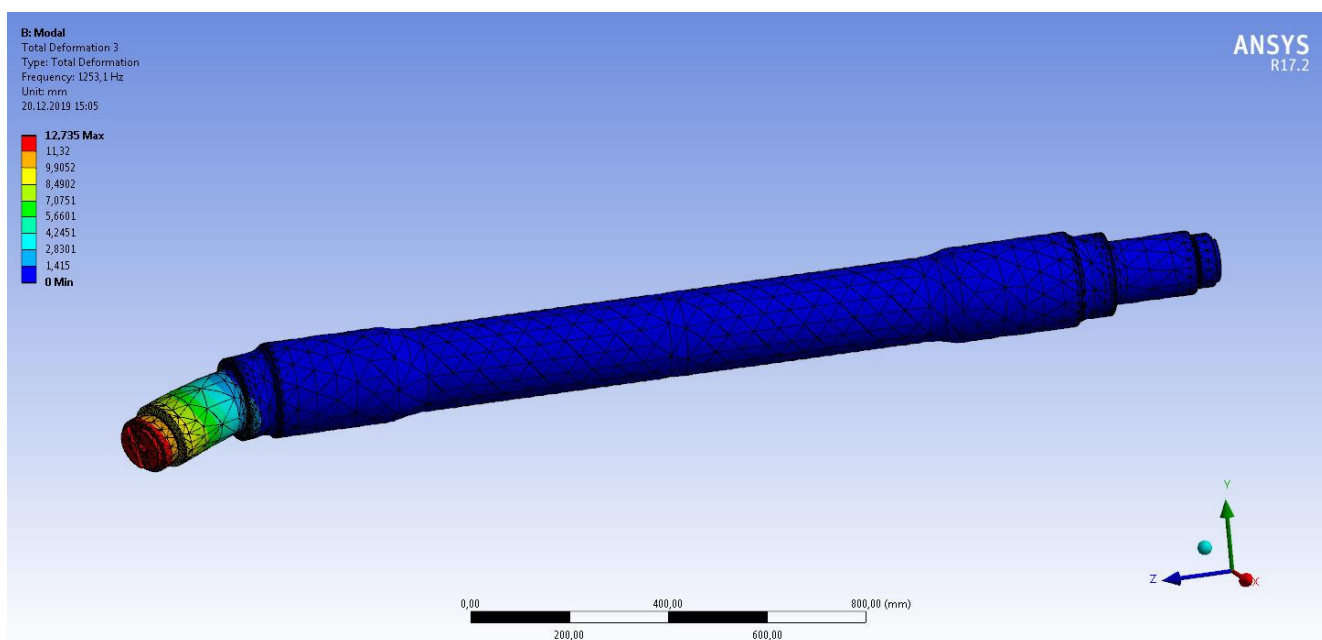


Рисунок 3.15 – Ілюстрація 3-ї частоти (2-й варіант закріплення)

Із табл.3.1 та 3.2 видно, що для осі з різними схемами закріплення резонансу не виникає, оскільки перші критичні частота власних коливань осі 439 Гц та 506 Гц відповідно суттєво вищі за максимальну частоту процесу накатування 20 Гц.

Отже жорсткість є достатньою для проведення накатування без виникнення резонансних режимів.

### 3.4 Висновки

1. Запропоновано нову конструкцію накатної головки, що дозволило виконати накатування за один прохід замість двох та скоротити основний та допоміжний і штучний час, а також зменшити кількість переустановлень.

2. Визначено максимальні величини переміщень та напружень у розробленій конструкції накатної головки, та встановлено можливість оброблення нею без ризику руйнування конструкції.

3. Виконаний модальний аналіз деталі ось та визначені критичні частоти коливань, які порівняні із частотою процесу накатування та встановлено, що при даних режимах оброблення резонанс не виникне.

## ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення осі 100.10.114-05 шляхом підвищення ефективності процесу поверхнево-пластичного деформування.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступний обсяг робіт.

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

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 0сВ, а також були проаналізували вимоги, пропонувані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і визначена партія запуску.

В якості заготовки була прийнята поковка кована на пресах, так як альтернативи даному способу в заданих виробничих умовах і при великих габаритах деталі немає.

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

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

Спроектований спеціальний верстатний пристрій на горизонтально-розточувальну із ЧПК операцію. До операцій токарна з ЧПК та круглошліфувальна розроблені карти операційного налагодження.

У розділі «науково-дослідна частина» визначено максимальні величини переміщень та напружень у розробленій конструкції накатної головки, та встанов-



лено можливість оброблення нею без ризику руйнування конструкції. Виконаний модальний аналіз деталі ось та визначені критичні частоти коливань, які порівняні із частотою процесу накатування та встановлено, що при даних режимах оброблення резонанс не виникне.

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

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. — 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.
11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., 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.

21. Егоров, М.Е. Технология машиностроения [Текст]: Учебник для вузов. / М.Е. Егоров и [др.]; худож. ред. Н.К. Гуторов; тех. ред. Э.М. Чижевский.– Изд. 2-е, доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 534с.: ил.

22. ГОСТ 21190-75. Люнеты роликовые и державки для токарно-револьверных автоматов.

23. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения [Текст]: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. / А.Н.Ковшов; худож. ред. И.К.Капралов; ; тех. ред. И.Н.Роченкова – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.

24. Колев К.С. Технология машиностроения [Текст]: учеб. пособие / К.С. Колев; худож. ред. Т.А. Дурасова; тех. ред. Э.М. Чижевский для вузов. – М.: Высшая школа, 1977. – 256 с. с ил.

25. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов [Текст]: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. / Г. И.Грановский и [др.]; худож. ред. Т.А. Дурасова; техн. ред. З.А.Муслимова. – М.: Высш. школа, 1985. – 304 с.

26. Драчев, О.И. Методы автоматического управления технологическими процессами изготовления высокоточных маложестких осесимметричных деталей [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук:05.13.07 / О. И. Драчев. – М., 1992. – 42 с.

27. Тараненко В.А. Повышение точности механической обработки деталей при использовании систем автоматического управления [Текст]: метод. пособ./В.А. Тараненко, Д.А. Каинов. – К.: Знание,1981. – 23 с.: ил. – 299 экз.

28. Маслов, Г.С. Расчеты колебаний валов [Текст]: Справочник /Г.С. Маслов; худож. ред. С.С. Водгиц; техн. ред. Т.С. Старых. – Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 151 с.: ил. – 21800 экз.

29. Драчев, О. И. Технология изготовления маложестких осесимметричных деталей [Текст] : монография / О. И. Драчев. – СПб. : Политехника, 2005. – 289 с. : ил. – Библиогр.: с. 285-289 (78 назв.). – 1000 экз. – ISBN 5-7325-0869-4 : Б. ц.

30. Кудинов, В.А. Динамика станков [Текст]: учеб. пособ. / В.А. Кудинов; техн. ред. Б.И. Модель. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.: ил. – 10000 экз.

31. Тараненко В.А. Моделирование технологических систем формообразования нежестких деталей. – М.:ВНИИТЭМР,1988 – 70 с.: ил.

32. Тараненко В.А. Технологические способы и средства повышения точности обработки нежестких валов. – М.: ВНИИТЭМР, 1987 – 64 с.: ил.

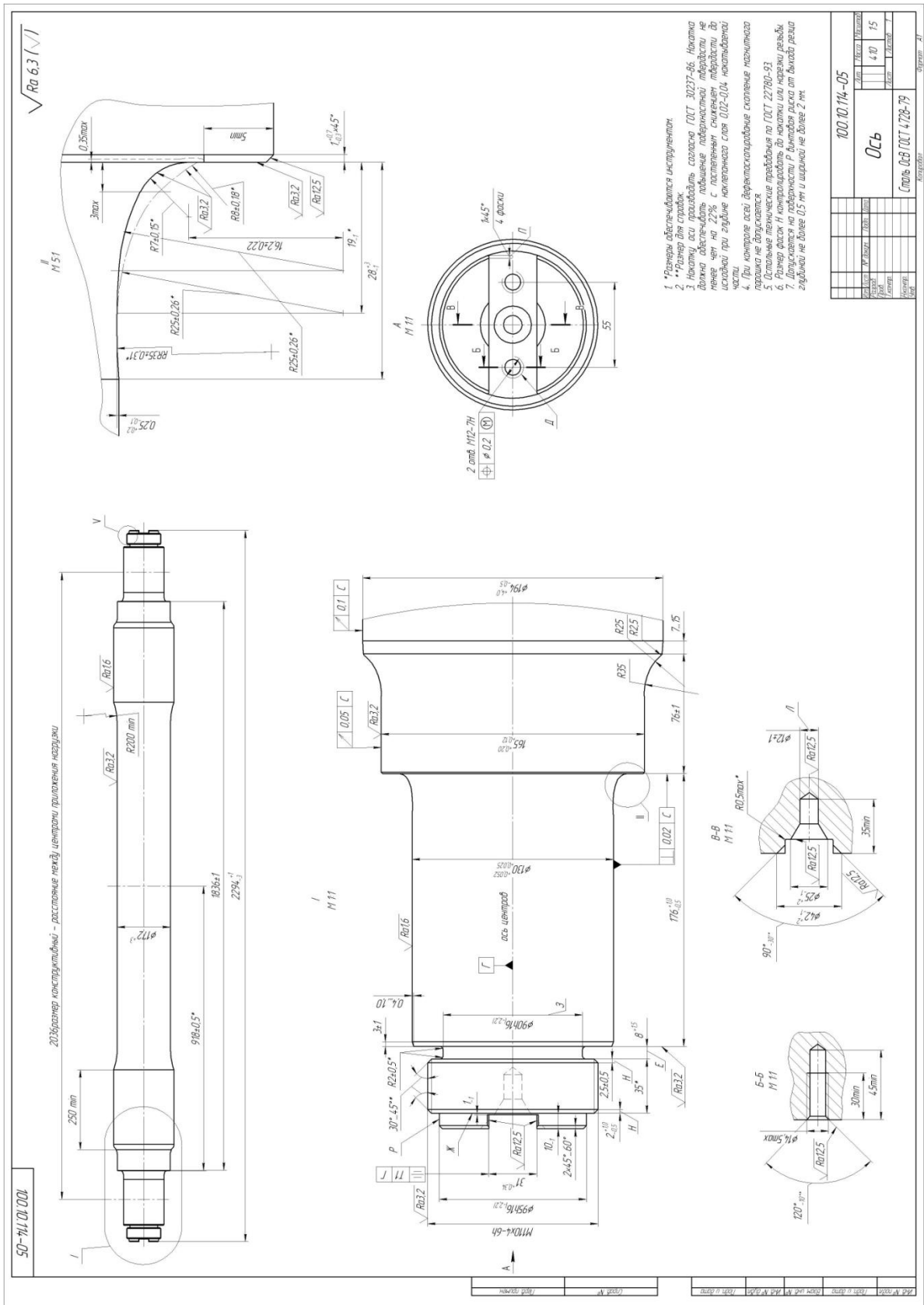
33. Яковенко И. Э. Оптимизация режимов резания при обработке инструментальными блоками / И. Э. Яковенко, А. А. Пермяков // Вісник НТУ "ХПІ" : – Харків : НТУ "ХПІ". – 2015. – № 4 (1113). – С. 89–92.

34. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. – Москва. : Мир, 1981. – 304 с.

35. Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике / О. К. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 420 с.

36. Тимошенко С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М. : Наука, 1975. – 576 с.

# ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ ОСЬ



## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ		
_	Имя программы - 'prip'	
_	Вычислительный центр инженерного факультета СумГУ	05.12.2019

Расчет выполнен Ульяновкин., группа - ТМ-82

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая поверхность ф 130+0.052  
+0.025

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Преде- льные откло- нения, мм	Элементы припуска, мкм					
			шерохо- ватость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир Еб (i)	закр Ез (i)	
Поковка ковкой на прессах	гр.точн. I	+2	300	300	2916	-	-	
	ГОСТ 7062-79	-2						
Точение черновое	квалитет 14	0	100	100	174	0	0	
		-1,000						
Точение п/ч	квалитет 10	0	50	50	146	0	0	
		-0.160						
Точение чистовое	квалитет 8	0	30	30	146	0	0	
		-0.063						
Шлифование	квалитет 6	+0.052	10	15	116	0	0	
		+0.025						

#### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчет- ный размер, мм	расчет- ный размер	номинальный размер с	пределными отклонениями	пределный размер		припуск, мкм			
					мини- мальный	макси- мальный	миним	расч.	макс	
-	-	145.032	146	144	+2.000	142	146	-	-	-
					-2.000					
7032	11032	133.508	134	134	0	133	134	8000	12000	13000
					-1.000					
748	1748	131.752	131.76	131.76	0	131.6	131.76	1240	2240	2400
					-0.160					
492	652	131.094	131.1	131.1	0	130.47	131.1	500	660	1290
					-0.046					
412	1042	130.052	130.052	130	+0.052	130.025	130.052	418	1048	1075
					+0.025					

К О Н Е Ц   Р А С Ч Е Т А

## ДОДАТОК В

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### **В.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Ось»**

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Ось».

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

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

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

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

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

Тип виробництва – багатомономенклатурний. Обладнання розставлено за групою ознакою.



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

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

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

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

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

нтаженнями гранично допустимих значень;

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

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

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

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

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

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

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;

– запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні ЗОР.

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

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

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

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

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

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

- для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповідних вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);
- для забезпечення безпечного руху наземного транспорту транспортні шляхи встановлюються відповідно до СНиП 2.05.02 і повинні відповідати вимогам;
- для запобігання падінню заготовки при установці і знятті її з верстата розробити схему стропування;
- при транспортуванні тари, розробити маршрут переміщення і розташувати його на видному місці;
- відповідно до в комплекті до верстатного обладнання передбачити запобіжні пристрої (запобіжні патрони, оправки), що захищають від перевантаження, здатної викликати поломку інструменту і травмування працюючих;
- відповідно до в комплекті до пристосування з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;
- для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);
- для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

- для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;
- для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;
- для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по вібраційній безпеці. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;
- для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря.

Таблиця В.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.) 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 важкості Пб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період	Середньої важкості П	27	29	15	15	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

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

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

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

Необхідно визначити ефективність природнього освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 400 м<sup>2</sup>. При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 50 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 5×2;

Кількість вікон - 12 шт.

Висота від підлоги до вікна – 1,5 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь  $p_{cp}$  – 0,4.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

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

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

де  $e_n^{\text{III}}$  - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

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

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

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

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

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

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

де  $S_o$  - площа усіх вікон у приміщенні,  $\text{м}^2$ ;

$$S_o = 2 \cdot 5 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2;$$

$S_n$  - площа підлоги в приміщенні,  $\text{м}^2$ ;

$$S_n = 50 \cdot 8 = 400 \text{ м}^2;$$

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

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

$n_o$  - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної:  $50/8=6,1$  та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної:  $8/5=1,75$  значення світлової характеристики  $n_o = 13$ .

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

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

Прийmemo середє  $K_3 = 1,4$ .

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 120 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{400 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,71\%$$

При порівнянні фактичного КПО  $e_{\phi} = 0,71\%$  з нормативним  $e_{\text{н}}^{\text{IV}} = 1,08\%$  приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 12.

Кількість ламп у світильнику – 1.

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

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_{\text{н}} \cdot N \cdot n} \quad (\text{B.3})$$

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

$$F_{\text{лmin}} = \frac{50 \cdot 400 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 12 \cdot 1} = 1380 (\text{лм})$$

де  $n_{\text{н}}$  – коефіцієнт використання світлового потоку;  $n_{\text{н}} = 0,4 \div 0,6$  (приймаємо середнє значення 0,5);

$N$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – число ламп у світильнику, шт.;

$S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ .  $S = 400 \text{ м}^2$ ;

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



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

Фактична освітленість визначається за формулою:

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

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

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 1}{400 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 59,4(\text{лк})$$

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

сторона квадрата:

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

де  $H_p$  – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(\text{м});$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(\text{м});$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (\text{B.6})$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(\text{м})$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення  $E_{\phi} = 59,4$  лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006  $E_{н}=50$  лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

### **В.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

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

За характером джерел виникнення НС діляться на:

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

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

Безпека в НС - стан захищеності населення.

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

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

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні

НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

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

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

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

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

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

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

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

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

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

#### **В.4 Висновки**

- Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Шток» та визначені шляхи щодо їх усунення.
- Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Шток», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.
- Визначено заходи в разі виникнення надзвичайних ситуацій.