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

**Форма № Н-9.02**

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

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

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

# Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*
(освітній рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу виготовлення плунжера 352.23.01.04*

Виконав: студент *V* курсу, групи *ТМз-51к*
напряму підготовки (спеціальності)
*6.05050201 – Інженерна механіка*
*(Технології машинобудування)*
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Цигикал Б.О.*
(прізвище та ініціали)

Керівник *Денисенко Ю.О.*
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(прізвище та ініціали)

Суми – 2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ В.О. Залога
«____» _____ 2020 р.

# ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛУНЖЕРА 352.23.01.04

Бакалаврська кваліфікаційна робота
Напрям підготовки 6.05050201 – Інженерна механіка
(Технології машинобудування)

Студент *Б.О. Цигикал*

Керівник *Ю.О. Денисенко*

Нормоконтроль *Ю.О. Денисенко*

Суми – 2020

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

**Форма № Н-9.01**

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

Інститут, факультет *ЦЗДВН*
Кафедра *технології машинобудування, верстатів та інструментів*
Освітній рівень *перший (бакалаврський)*
Напрям підготовки *6.050502 Інженерна механіка (Технології машинобудування)*
(шифр і назва)

Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Залога В. О.

«____» _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

*Цигикал Богдан Олександрович*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Проектування технологічного процесу виготовлення плунжера 352.23.01.04*

керівник проекту *Денисенко Юлія Олександрівна, канд. техн. наук, ст. викладач*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « *30* » *квітня 2020* року № *0548-III*

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « *01* » *червня 2020* року
3. Вихідні дані до проекту (роботи)
*креслення деталі «Плунжер 352.23.01.04»*
*річний обсяг випуску деталей – 1750 шт.*

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

*4.1 Аналіз призначення машини, деталі*
*4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі «Плунжер 352.23.01.04»*
*4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації*
*4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Плунжер»*
*4.5 Вибір способів отримання заготівки, розробка технічних вимог*
*4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Плунжер»*
*4.7 Проектування верстатного пристрою для токарної операції*
*4.8 Фактори, які визначають наслідки ураження людини електричним струмом*

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

6. Дата видачі завдання « 03 » січня 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|---|---|---|---|
| *1* | *Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «Плунжер 352.23.01.04». Опис конструктивних особливостей деталі «Плунжер»* | *03.02.20* | |
| *2* | *Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі «Плунжер»* | *12.02.20* | |
| *3* | *Визначення типу виробництв, форми його організації* | *17.02.20* | |
| *4* | *Аналіз технологічності конструкції «Плунжера»* | *20.02.20* | |
| *5* | *Вибір способів одержання заготівки та розроблення технічних вимог до неї* | *01.03.20* | |
| *6* | *Аналіз існуючого технологічного процесу* | *15.03.20* | |
| *7* | *Проектування пристрою для фрезерної операції* | *20.03.20* | |
| *8* | *Фактори, які визначають наслідки ураження людини електричним струмом* | *01.04.20* | |
| | *Креслення аркушу заготовки* | *08.04.20* | |
| | *Креслення аркушу маршруту обробки* | *15.04.20* | |
| | *Креслення аркушу операційного налагодження* | *21.04.20* | |
| | *Креслення аркушу токарного пристрою* | *26.05.20* | |
| | *Оформлення карт технологічної документації* | *30.05.20* | |

**Студент** _____ (підпис) *Б. О. Цигикал* (прізвище та ініціали)

**Керівник проекту (роботи)** _____ (підпис) *Ю. О. Денисенко* (прізвище та ініціали)

# ЗМІСТ


Вступ …….. 8

1 Аналіз службового призначення виробу «Агрегат АВЗ-20Д», деталі «Плунжер 352.23.01.04» ..... 9

2 Аналіз технічних вимог з виготовлення заданої деталі …… 15

3 Визначення типу виробництв і форм його організації …….. 16

4 Аналіз технологічності конструкцій плунжера …… 20

5 Вибір способів одержання заготівки з розробкою технічних вимог 22

6 Аналіз існуючого або типового технологічного процесу 26

6.1 Розрахунки припусків на механічні обробки ∅120Н8($^{+0.054}$) ….. 26

6.2 Обґрунтування і вибір схем базуваннь та закріпленнь заготовки …… 28

6.3 Вибір з обґрунтуванням металорізального верстата ..…… 33

6.4 Вибір з обґрунтуванням верстатних пристроїв, вимірювального та металорізального інструментів …… 35

6.5 Розрахунок та визначення режиму різання …… 38

6.6 Технічні нормування операцій …… 46

7 Проектування спеціального верстатного пристрою для токарної операції …….. 52

7.1 Обґрунтування вибору систем пристрою …… 52

7.2 Визначення якісного й кількісного результату заданої операції 52

7.3 З`ясування якісних й кількісних даних про заготівку, що надходитиме на задану операцію …… 53

7.4 Умови, де буде виготовлятись та експлуатуватись спеціальний пристрій, що проектується …… 54



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.5 Функції що реалізують в пристрої …… 55
7.6 Обґрунтування і розробка схем базування заготовки …… 56
7.7 Побудова функціональних структур верстатного пристрою …. 59
7.8 Обґрунтування схем закріплення заготовки …… 59
7.9 Точнісний розрахунок пристрою …… 61
7.10 Конструкція проектованого пристрою з принципом дії …..… 62
Висновки …….. 64
Перелік джерел посилання ……. 65
ДОДАТОК А – Креслення деталі «Плунжер 352.23.01.04» …… 67
ДОДАТОК Б – Розрахунок припусків …….. 68
ДОДАТОК В – Специфікація ……. 69
ДОДАТОК Г – Розрахунки сил закріплення ……. 71
ДОДАТОК Д – Розрахунки привода ……. 72
ДОДАТОК Е – Охорона праці …… 73

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

# РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 77 с., 13 рис., 11 табл., 17 джерел.

Метою роботи є проектування технологічного процесу виготовлення плунжера 352.23.01.04.

Об'єкт розробки – технологічний процес виготовлення деталі «Плунжер 352.23.01.04».

Предмет розробки – деталь «Плунжер 352.23.01.04», що входить до складу виробу «Агрегат АВЗ-20Д».

В даній кваліфікаційній роботі бакалаврів проаналізували службове призначення виробу «Агрегат АВЗ-20Д» і деталі, крім того розглянуті технічні вимоги із якісними показниками технологічності конструкції деталі. Були розраховані припуски з обробки $\varnothing 120H8(^{+0.054})$ і обгрунтувано метод отримання вихідної литвом.

Для двух операцій 095 (фрезерної) і 020 (токарної) проаналізовано та обгрунтовано можливі схеми базування заданої деталі. Проведено обгрунтування вибраного металорізального устаткування. Розглянуто запропоновані верстатні пристрої, вимірювальні і різальні інструменти. Розрахунково-аналітичним способом розраховані режими різання. Пронормовані розглянуті дві операції. Для фрезерної операції було розроблено спеціального верстатного пристрою.

Для технологічного процесу обробки «Плунжера 352.23.01.04» було оформлено альбом технологічної документації.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ДОПУСК, ТЕХНОЛОГІЯ, ЗАГОТІВКА, ЯКІСНА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ПРИПУСКИ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, НОРМУВАННЯ, РІЗАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ПЛУНЖЕР 352.23.01.04

# ВСТУП

Останні досягненя техніки та науки грають важливу роль в розвитку машинобудування країни. Покращувати учікуваний рівень життя населення держави можна лише впровадженням у виробництво передових досягнеь технології машинобудування, що здійснює всебічне зростання виробництва промисловості, підвищує ефективність праці. Це дозволяє також подальше зростання ролі промисловості та машинобудування в піднятті матеріальної бази економіки країни. Напрямки розвитку сучасної науки є найбільш важливими для зростання технології машинобудування як фундамента розробки оптимальних техпроцесів складання та процесів механічної обробки.

Найбільший вплив на подальше розвинення різних галузей машинобудування має його основний фундамент– насособудування. Розглядаєма деталь «Плунжер» використовується в цій галузі, при цьому до деталей такого типу пред'являються нибільш високі вимоги за якістю обробки та шорсткістю робочих поверхонь. Тому застосування сучасних технологічних методів підвищення експлуатаційної якості виробу, що виготовлюється нашою промисловістю, в значній мірі ґрунтується на останніх досягненнях фундаментальних наук та обчислювальної техніки, на високому рівні знань випускників технічних університетів. Відомо, що при проектуванні технологічних процесів обробки та складання виробів для виконання вищеназваних вимог ніяк не можна обійтися без застосовування сучасних високоефективних верстатів з ЧПК та промислових роботів, електронних обчислювальних машин з багатоядерними процесорами, автоматизації промислового виробництва.

Господарство, що існуює на теперішній час, вимагає підвищення якості виробів з найменшою собівартістю виготовленої продукції, всебічної залежності від науково-технічного прогресу людства.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ДЕТАЛІ, ВУЗЛА. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Виріб, куди входить задана деталь «Плунжер 352.23.01.04», називається вакуумним золотниковим агрегатом типу АВЗ-20Д. Ця машина призначена для збільшення найбільшого вхідного тиску в насосі до атмосферного і підвищення здатності по відкачці парів води, а також в складі установок сушіння виробів з деревини і електротехнічних виробів в приміщенні з температурою навколишнього середовища +12 до +33°С (280-306К). Дані агрегати не працюють з матеріалами, що вступають в реакцію з мастилом та роз'їдають чорні метали. Також вони непридатні для відкачування середовищ, що є отруйними або вибухонебезпечними, а також для перекачувань середовищ з одної ємності в іншу. Випускають агрегати в УХЛ кліматичному виконанні, з категорією розміщення 4.2 по ГОСТ 15153-91. Агрегат «АВЗ-20Д» в умовних позначеннях означає наступне:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Д – двуступеневий, що має послідовну дію двух ступенів;

А – означає агрегат;

З – означає золотниковий;

В – означає вакуумний;

20 – означає швидкість дії агрегату, л/с;

АВЗ-20Д складається із насосу (див. рис. 1.1) та із двигуна, що змонтований на основі з маслобаком. Вузлом, куди входить деталь-плунжер, є насос (див. рис. 1.2). За допомогою клиноременних передач здійснюють передавання обертальних рухів від двигуна насоса до агрегата. Натяжними гвинтами натяг ремнів насоса забезпечують при настроювання. Огорожею закривають як самі шківи насосу, так і двигуна після їх установлення с закріпленням. Вхідний патрубок насосу з вихідним патрубком маслоохладителя закривають заглушками.

Приведемо в табл. 1.1 технічні характеристики насоса типу АВЗ-20Д.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики агрегату АВЗ-20Д

| Параметри | Значення |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Залишковий тиск граничний, к Па (мм. рт. ст.) | $1{,}36 \cdot 10^{-5}$ |
| Швидкість дії (діапазон тиску від атмосферн. до 0,26 кПа (3,2 мм. рт. ст.), л / с | 24 |
| Тиск парів води найбільший, кПа (мм. рт. ст.) | 3,3 ( 26 ) |
| Вхідний тиск найбільший, кПа (мм. рт. ст.) | 22 ( 154 ) |
| Робочий тиск найбільший, кПа (мм. рт. ст.) | 23 ( 155 ) |
| Потужність, кВт | 2,5 |
| Температура найбільша робочої рідини, у Кельвін (°С) | 354 (84) |
| Питома потужність, $\frac{кВт \cdot с}{л}$, | 0,14 |
| Робочою рідиною є | ВМ-1 ГОСТ 36.03402-91 (вакуум.масло) |
| Охолодження | На повітрі |
| Масла на заправлення л, | 3,5 |
| Передача | Клиноременна |
| Пас | А |
| Питома маса, кг/л·с | 8,76 |
| Маса агрегата, кг | 171 |
| Напрацювання на відмови, год. | 1485 |
| Термін зберігання, роки | 1,8 |
| Безвідмовне напрацювання, годин | 580 |
| Середній ресурс до ремонту, годин | 10000 |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Як правило насос складається з деталей із наступними складальними одиницями: плунжерів 9 та 10, корпусу 1, ексцентриків 5 та 6, передньої та задньої кришки 2 та 3, кришок 16 та 18, вала 4, напрямних 7 і 8, клапанів 12 і 13, маслоохладителя 15, маховика (шківа) 11, зазору 14, манжет 17 та 20, підшипника 19, трубки забірної 21, пробок 24 і 27, ущільнювачів 22 і 26, шайби шківа 25, вікна оглядового 23, маслопроводу 29, болта 28. На корпусі насосу зверху встановлюють масловідділювач 7. Роторний механізм знаходиться в корпусі насоса, що розділений перегородкою дві камери.

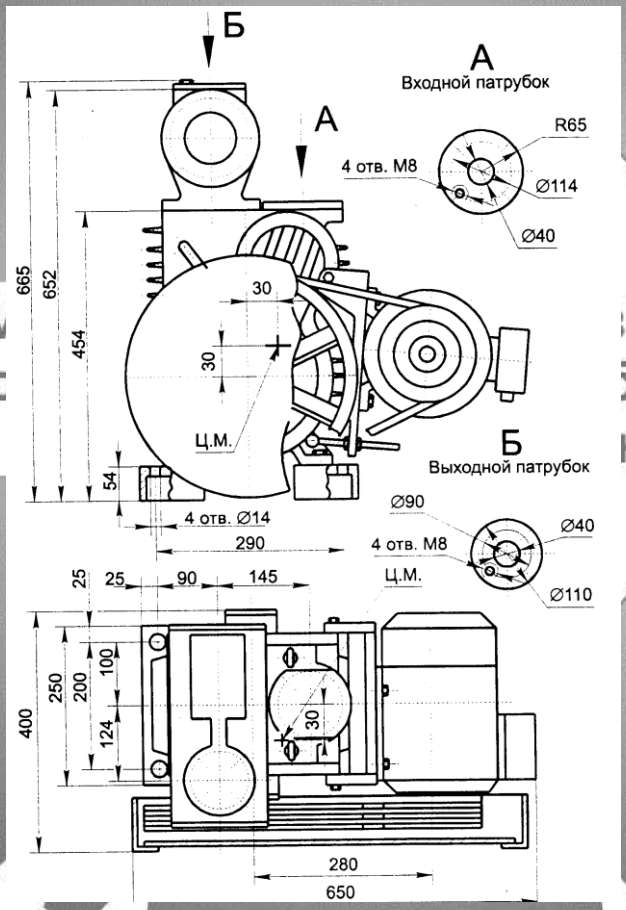


Рисунок 1.1 – Виріб типу «агрегат АВЗ-20Д»

«Плунжер 352.23.01.04», що є заданою деталлю (див. поз. 9 на рис. 1.2), є складовою частиною насоса. Необхідний цикл відкачування середовища за допомогою плунжера за один оборот вала полягає в наступному. Плунжер

стискає середу, що знаходиться в камері ротору, з боку клапанів з обертанням ексцентрика від двигуна. Через клапанну камеру та масловідділювачі ередовище, що стиснене, та відкриває випускні клапани, далі воно виходить в трубопроводи є ще далі - до атмосфери. В розріджений простір в цей час з іншого боку плунжера надходить середа через через вікна і вхідні камери в хвостовій частині плунжеру виробу. Такий же робочий цикл відбувається і в другій роторної камері насоса, але з відставанням або випередженням з на 180 градусів.

До складу плунжера входить хвостовик насоса та циліндрична частина, що надягається на ексцентрик. Частина плунжера прямокутна може здійснювати дуже складний рух відносно своєї власної осі. Циліндрична частина плунжера насоса при обертанні ексцентрика здійснює планетарний рух. Плунжер не торкається стінок роторних камер насоса при цьому, а проходить з необхідним невеликим зазором біля них.

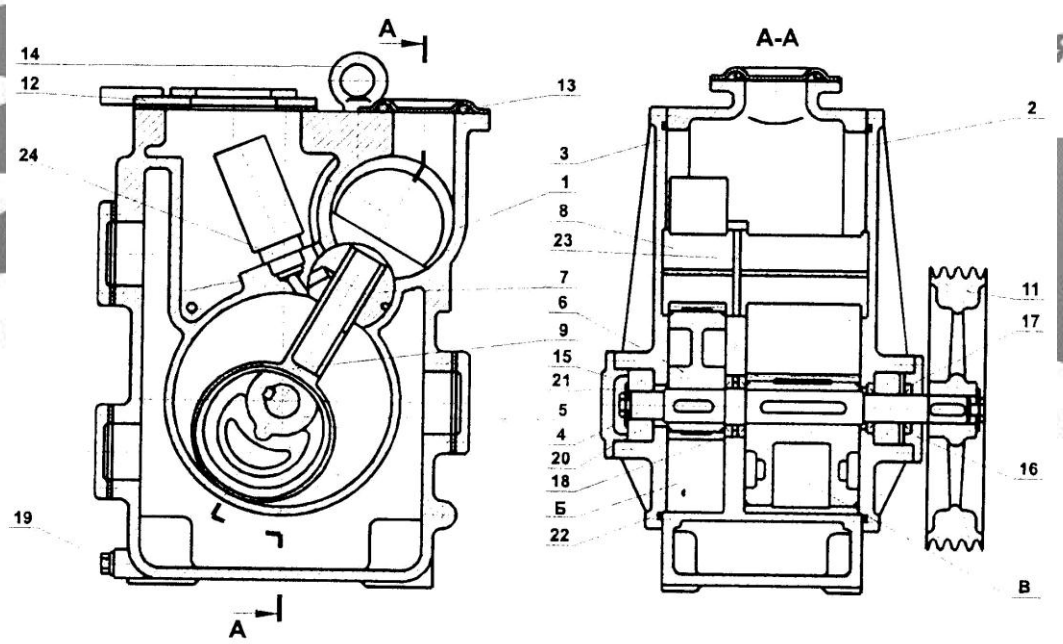


Рисунок 1.2 – Розріз вузла

Циліндр насоса з прямокутними вікнами являє собою так звану напрямну, куди прямокутна частина плунжера заходить із зазаром. Напрямні, що

відокремлюють вхідні порожнини насосу від роторних камер, забезпечують необхідне направлення прямокутної частини плунжеру.

На наведеному рисунці 1.3 показано поверхні, що належать деталі «Плунжер 352.23.01.04».

Поверхні 1, 3, 2, 4, що утворюють прямокутну частину (хвостовик) плунжера насоса, слугують основними конструкторськими базами. Вони встановлюються в отвір прямокутний циліндричних напрямних. При цьому позбавляється п'ять степенів волі, залишається лише уздовж поздовжньої осі хвостовика одне можливе переміщення.

Пверхня, яка позбавляє заготовку шостої ступені волі - переміщення уздовж власної осі хвостовика - це поверхня отвору циліндричного 6, за допомогою якої плунжер встановлюється на ексцентрик насосу. Відповідно до службового призначення зовнішня циліндрична поверхня 5 зовсім не торкається стінок камери роторної насоса, а проходить біля них із проміжком 0,3 мм. Цю поверхню називають опорною базою. Маємо таким чином, що деталь у вузлі насоса позбавлено шести ступенів волі.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Зазначені поверхні №№ 1, 3, 2, 4, 6 і 5 відповідно до класифікації баз, називають основними конструкторськими базами, бо за ними деталь встановлено у вузлі насоса.

Поверхні отворів ∅5 (7 та 8) можна віднести до так званих допоміжних конструкторських баз, що призначено для приєднання допоміжних деталей вузла. За допомогою поверхонь 9, 10, 6, 5 деталь «Плунжер» реалізує своє службове призначення, тому це - виконавчі поверхні.

Вільними поверхнями є поверхні 22, 14, 27, 26, 11, 25, 12, 24, 13, 23, 16, 15, 17, 21, 19, 18, 20, оскільки вони не контактують з іншими деталями у вузлі насоса.

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків представлені у таблицях 1.2 та 1.3 при базуванні заготовки в вузлі насоса.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності при базуванні у вузлі

| Зв'язки | Ступінь свобод | |
|---|---|---|
| 2, 1, 3 | IV, II, VI | Установлювальна Б |
| 4, 5 | V, I | Напрямна Б |
| 6 | III | Опорна Б |

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків при базуванні у вузлі

| | X | Y | Z | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | | Установча база |
| α | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | Напрямна база |
| α | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Опорна база |
| α | 0 | 0 | 0 | |

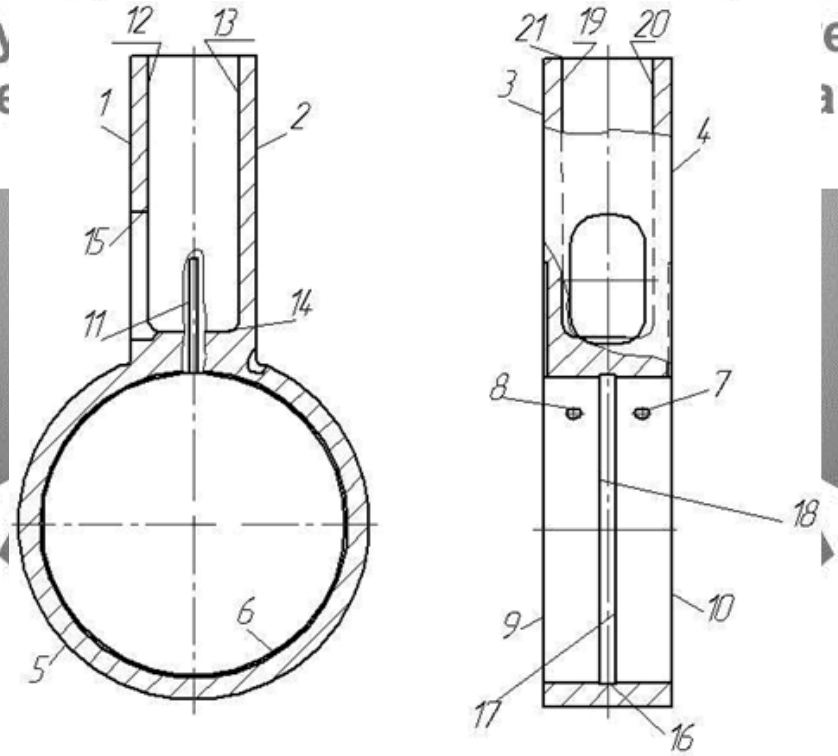


Рисунок 1.3 – Пронумеровані поверхні плунжера 352.23.01.04

# 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Деталь «Плунжер 352.23.01.04» не призначена для роботи з хімічними агресивними середами, як і з речовинами, які роз'їдають чорний метал, цілком виправдане в якості матеріалу плунжера чавуну СЧ20 ГОСТ1412-85.

Виходячи з тієї інформації, що наявна на кресленні деталі, зробимо наступні висновки. Для плунжера представлени достатня кількість виносних елементів, видів та розрізів. Але не всі розміри враховують кращого ряду чисел (73, 76, 63, 256) хоч і представлені в необхідній і достатній кількості.

Допуск - перпендикулярності (Т = 50 мкм) - що наведений на кресленні плунжера, відповідає значенню згідно ГОСТ 24647-89. Але, заданий на кресленні допуск форми - паралельності 50 мкм до розміру 50 мм згідно з ГОСТ 24644-89 є неправильним, бо найближчим меньшим значенням є 42 мкм, найближче ж більше – 60 мкм. Допуск розташування - симетричності 300 мкм ГОСТ24644-89, 250 мкм або 400 мкм - теж вказано не стандартниим.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

На кресленні плунжера кілька розмірів задани з високою точністю, що обумовлено їх функціональним призначенням: $50f9\left(^{-0.025}_{-0.087}\right)$і $50f7\left(^{-0,025}_{-0,050}\right)$ є розміри прямокутної частини хвостовиків плунжера, що встановлюються в напрямні вузла (необхідний мінімально гарантований зазор); також діаметр $\varnothing 120H7(^{+0,054})$ – плунжер встановлюється по цій поверхні на ексцентрик насоса.

Кілька допусків лінійних розмірів, що проставлені на кресленні плунжера, теж не відповідають стандартним значенням: наприклад, розмір $63_{-0,5}$ містить допуск нестандартний - 500 мкм (ГОСТ 25346-89, допуск 465 мкм); а для розміру $\varnothing 120^{+0,07}$ замість допуска 70 мкм потрібно брати допуск 54 мкм (бо наступне значення - 88 мкм). Майже ж те саме – де вказано допуск для розміру $\varnothing 139{,}1_{-0,15}$ (потрібно - стандартні значення допусків 100 мкм або 180 мкм, а не допуск 150 мкм).

# 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВ ТА ФОРМ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Як відомо, шуканий тип виробництва на підприємстві та його відповідні форми організацій робіт мають визначати саме характер технологічних процесів та їх побудову.

Тому тип виробництва на підприємстві будемо визначати розрахунковим шляхом, використовуючи формули посилання [1], а результати заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Дані для розрахунків типа виробництв

| Номер, найменування операції | $T_{шт.}$, хв. | $m_p$ | p | $\eta_{зф}$ | O |
|---|---|---|---|---|---|
| 010 Слюсарна | 2.81 | 0.02478 | 1 | 0.02478 | 33 |
| 010 Вертикально-фрезерна | 3.36 | 0.02976 | 1 | 0.02976 | 30 |
| 020 Токарна | 6.81 | 0.05998 | 1 | 0.05998 | 14 |
| 030 Стругальна | 5.61 | 0.04958 | 1 | 0.04958 | 15 |
| 040 Слюсарна | 3.71 | 0.03263 | 1 | 0.03263 | 25 |
| 045 Вертикально-фрезерна | 3.71 | 0.05029 | 1 | 0.05029 | 16 |
| 050 Фрезерна | 4.31 | 0.03892 | 1 | 0.03892 | 21 |
| 055 Стругальна | 5.31 | 0.03674 | 1 | 0.03674 | 15 |
| 060 Токарно-гвинторізна | 5.48 | 0.04934 | 1 | 0.04934 | 18 |
| 065 Горизонтально-фрезерна | 3.11 | 0.02643 | 1 | 0.02643 | 28 |
| 075 Горизонтально-розточна | 4.21 | 0.03604 | 1 | 0.03604 | 23 |
| 080 Стругальна | 5.11 | 0.04498 | 1 | 0.04498 | 18 |
| 085 Свердлильна | 4.42 | 0.03872 | 1 | 0.03872 | 21 |
| 090 Стругальна | 5.31 | 0.04575 | 1 | 0.04575 | 17 |
| 095 Плоскошліфувальна | 2.80 | 0.02458 | 1 | 0.02458 | 33 |
| 100 Фрезерна | 3.21 | 0.02632 | 1 | 0.02632 | 30 |
| 105 Горизонтально-фрезерна | 6.50 | 0.05732 | 1 | 0.05732 | 14 |
| Сума | 68.07 | | 18 | | 369 |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування
верстатів та інструментів

Тип виробництва по ГОСТ 3.1109-76 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що показує відношення кількості технологічних операцій в цеху, які виконувані протягом одного місяця, до кількості місць робочих.

Даними для розрахунків будуть:

- задана річна програма випуску плунжерів - 1750 шт.;
- фонд часу дійсний річний - 4015 годин;
- режим праці на підприємстві з випуску плунжерів - 2 зміни.

Послідовість розрахунків коефіцієнта $К_{з.о}$ така.

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.}}{60 \cdot Ф_д \cdot \eta_{зн.ср.}}, \quad (3.1)$$

Спочатку визначимо розрахункову кількість устаткування, коли знатимемо штучний час, витрачений на кожну операцію:

В наведеній формулі (3.1):

Фд – розмір дійсного річного фонду часу, годин,

$Т_{шт.}$ – величина штучного часу, хв.,

N – величина річної програми, шт.,

$\eta_{зн.ср.}$ = 0,8 – усереднена величина значення нормативного коефіцієнта завантажень.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Приймаємо округленням отриманого значення $m_p$ до найближчого цілого числа кількість робочих місць $p$.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочих місць визначаємо по [1]:

$$\eta_{зф} = \frac{m_p}{p} \quad (3.2)$$

Кількість операцій, що виконані на одному місці, визначаємо по [1]:

$$O = \frac{\eta_{зн.ср.}}{\eta_{зф}} \quad (3.3)$$

Тоді коефіцієнт $К_{з.о}$ закріплення операцій буде дорівнювати:

$$К_{зо} = \frac{\sum O}{\sum p} \quad (3.4)$$

Оскільки $К_{зо}$ = 369/18 = 21,5, то

Будемо мати тип виробництва - дрібносерійний ($20 < К_{зо} < 40$) відповідно до ГОСТу 14.004-85 і ГОСТ 3.1109-76.

$$N_{сут.} = \frac{N}{258} = \frac{1700}{258} = 6.6 \approx 7 \quad \text{(шт.)},$$

де $N_{сут}$ - це обова кількість випуску деталей;

258 – кількість у поточному році робочих днів.

Маємо добову продуктивність при завантаженні на шістдесят відсотків поточної лінії:

$$Q_c = \frac{F_{сут.}}{T_{ср.}} \cdot 0.6 = \frac{933}{4.06} \cdot 0.6 = 138,4$$

$F_{сут} = 60\Phi_д / 258 = 935$ (хв.) – це фонд часу добовий робочого обладнання в цехах;

$T_{ср.} = \Sigma T_{шт.}/n_{оп.} = 68,07/18 = 4,02$ (хвилин) – трудомісткість середня механічних операцій в цеху,

$n_{оп.}$ – кількість в цеху механічних операцій.

На потоковій лінії знаходимо такт випуску деталей:

$$\tau_в = \frac{F_д^e \cdot 60}{N}, \text{ хвилин} \tag{3.5}$$

Маємо $\tau_в = \frac{4015 \cdot 60}{1750} = 200,8$ хвилин

Знаходимо розмір партії деталей:

$$N_{партрозмір} = N_{сут.} \cdot a, \tag{3.6}$$

де a = 21 день – це періодичність запуску виробів.

$$N_{партрозмір} = 2 \cdot 21 = 42 \text{ (штук)}$$

При визначенні кількості змін, потрібних на обробку партії усіх деталей, зробимо корегування партії плунжерів:

$$З = \frac{N_{партрозмір} \cdot T_{ср} \cdot}{F_{з.} \cdot \eta_{з.н.}}, \tag{3.7}$$

де $F_з = \frac{F_{доб}}{в}$ - це величина фонду змінного часу на роботу верстатів, хвил.

в – це число в добі змін, в = 2;

$\eta_{з.н.}$ = 0,75 - величина нормативного коефіцієнта завантаження обладнань

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$$F_з = \frac{948}{2} = 476 \text{ (хв.)}$$

$$C = \frac{24 \cdot 42}{476 \cdot 0{,}75} = 1{,}65.$$

Округляємо кількість реальних змін $C_{пр.}$ до двох.

Маємо тоді в партії деталей:

$$N_{пар.} = \frac{C_{пр} \cdot F_з \cdot \eta_{з.н.}}{T_{ср.}} \tag{3.8}$$

$$N_{парт.} = \frac{476 \cdot C_{пр.}}{T_{ср.}} = \frac{476 \cdot 2}{4.06} = 234 \text{ (шт.)}$$

Наведемо найбільш характерні параметри дрібносерійного типу виробництва:

а) Технологічні процеси як зазвичай розроблено у вигляді маршрутно-операційних карт;

б) Для операцій, близьких по технологічному характеру, робочі місця є спеціалізованими;

в) Рівень кваліфікації робітників не є високим;

г) Верстати використовується і універсальні, і спеціальні.

Використовують спеціальний вимірювальний інструмент, також калібри. Собівартість продукції як правило середня. Верстати настроюють на автоматичне одержання необхідних розмірів. Для великих та складних деталей часто розмітку застосовують на слюсарних операціях.

Обладнання розташовують за ходом тех. процеса для декількох або однієї деталі Як правило, це потребує однакових порядків обробки з дотриманням принципу взаємозамінності.

Для зменшення трудомісткості та здешевлення виробництва велика частина верстатів складається з універсального устаткування, що оснащене універсально-складальними і спеціальними з пристроями.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ ПЛУНЖЕР

Оцінемо за якісними показниками технологічність.

Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85 є матеріалом деталі, механічні властивості його наведено в таблиці 4.1.

«Плунжер 352.23.01.04» являє собою за конфігурацією тіло дещо складної форми, що близька до коробчастої та містить циліндричну ділянку, яка в свою чергу переходитиме в подовжену хвостову частину прямокутного перетину. Ця ділянка в довжину має 50 мм, товщина стінки близька до 6 мм. Стінка утворюєтьс поверхнями ∅139,1мм і ∅120 мм. Заготовку отримують литтям, при цьому конфігурації зовнішніх і внутрішніх контурів не викликає значних труднощів. Хвостова частин виконана у виді взаємно перпендикулярних пар поверхонь, які в поперечному перерізі утворюють прямокутник із сторонами 50 на 50 мм та понад 120 мм довжини.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Наведемо механічні властивості чавуну СЧ 20 в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Механічні параметри чавуну СЧ 20 по ГОСТ 1412-86

| Найменування, одиниця виміру | | Значення |
|---|---|---|
| Межа міцності, МПа | $\sigma_и$ | 421 |
| | $\sigma_в$ | 211 |
| | $\tau_в$ | 291 |
| Коефіцієнт Пуасона | | 0,21-0,25 |
| Вдарна в'язкість, х 10, Д ж / мм$^2$ | | 0,8 |
| Модуль пружностей Е, х10$^5$ , М Па | | 0,83 |
| Твердість по Бринелю, М Па | | 1911-2064 |
| Питомна вага, х 10$^{-4}$, Н / м$^3$ | | 7,2-7,4 |
| Коефіцієнт з лінійхни розширень, х 10$^7$, град$^{-1}$ | | 10-14 |

У плунжері присутні деякі нетехнологічні елементи, що ускладнюють тенологію її виготовлення. Зокрема такими нетехнологічними елементами є:

а) циліндрична поверхня ∅139,1 (зовнішня), що не суцільна, а переривчаста на ділянці переходу в хвостову частину; це не дозволяє здійснювати точіння з високою продуктивністю даної поверхні, і також вимагає обробки на верстаті стругальної групи. Це знижує точність обробки, її продуктивність і якість;

б) два малих діаметрів отвори ∅5, що розташовані під кутами $40^0$ до осі хвостової частини та знаходяться в близькості безпосередньо від нього. Це безумовно ускладнює доступ свердла до оброблюваних поверхонь плунжера.

в) глуха проточка ∅122, що знаходиться в середині ∅120 - циліндричного отвору. Це не дозволяє ріжучому інструменту технологічно працювати напрохід.

Матеріал, що використано для плунжерів, обробці піддається добре. І це дозволяє застосовати найбільш ефективні методи обробки, наприклад, торцеве фрезерування інструментом із надтвердим матеріалом при обробці площини торця плунжера. В цьому деталь є досить технологічною.

В процесі плунжера роботи, зважаючи на наявність значних динамічних навантажень на поверхні деталі, а також з метою збереження її жорсткості, недоцільною є заміна конструкції плунжера на зварену, збірну, армовану. В цілому ж більшість поверхонь плунжера є відкритими та доступними для обробки, тобто є технологічними.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

# 5 ВИБІР СПОСОБІВ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТІВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Вибір способів одержання заготівки будемо робити шляхом порівняння вартості двох альтернативних варіантів розрахунковим методом.

Наближення форми і точності заготовки якнайбільше до форми готової деталі - це стратегічна умова раціональної технології виготовлення. Як результат аналізування матеріалу деталі, її креслення, маси, габаритів, річної програми випуску, маємо майбутній пропонований вид заготовки.

Для вибору способів одержання заготівки вихідні дані такі:

- форма готової деталі (корпусная деталь);
- маса плунжера - 2,3 кг;
- матеріал – це сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85;
- річна програма випуску плунжерів -1750 штук;
- група складності - 3 группа складності;
- розмір найбільший плунжера - 256 мм;
- мінімальна товщина - 7-8 мм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Можливі такі методи одержання заготовки плунжера:

- лиття в піщані форми з машинним формуванням заготовки;
- кокільне лиття заготовки.

На відміну від лиття в піщані форми кокільне лиття є більш дорогим, оскільки при цьому використовується спеціальна багаторазова форма з металу - кокіль. В кокілях одержують виливки з точними і стабільними розмірами (до 11-12 квалітетів), з параметрами шорсткості Rz=40-20 мкм. Лиття в кокілі доцільно застосовувати при одержанні з кожної форми не менш 400...600 виливків за рік в умовах серійного виробництва.Також у зв'язку з дуже великою теплопровідністю матеріалу чавуну цих форм існує дуже велика швидкість кристалізації при затвердінні. Тому кокільне лиття є вельми затратним хоча й високопродуктивним.

Інший спосіб – це лиття в піщані форми. Це є найпоширенішим способом лиття, з найменшою собівартістю робіт. Найбільш часто такий спосіб застосовують в серійному або одиничному виробництвах, особливо - в дрібносерійному виробництві заготовок. При цьому отримувана заготівка характеризується не дуже високою точністю, більш грубою шорсткістю та значними припусками на механічну обробку деталі. Тому литво у піщані форми вимагає найбільших витрат металу та великих витрат на обробку.

Вартість отримання заготовки плунжера знайдемо розрахунковим методом за двома варіантами.

Оскільки «Плунжер 352.23.01.04» має складну геометричну форму, в деякій мірі тонкі стінки, то цю загітовку зазвичай можна отримувати литтям, що відповідає дрібносерійному типу виробництв. Можна порівняти два способи отримання заготовки: перший- литтям в піщані форми змашинним формуванням, другий - литво в кокіль з металу.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Вартість заоготовки будемо визначати по двум варіантам за наступною формулою (5.1):

$$S_{загот} = \left(\frac{C_{i1}}{1000} K_c Q K_m K_в K_п K_м\right) - (Q-q)\frac{S_{відходів}}{1000} \quad , \qquad (5.1)$$

де $C_{i1}$ - це є базова вартість 1 тони заготівок плунжерів, грн;

$K_c$ , $K_м$, $K_m$, $K_п$ , $K_в$ - це коефіцієнти, що залежать від груп складності та класів точності заготовки, від марки матеріала, обсягів виробництва заготовок та маси заготовки. Дані для розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Визначимо вартість заготовки:

$$S_{çàã.1} = \left(\frac{11000}{1000} \cdot 4,8 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,52\right) - (4,8-2,3)\frac{868}{1000} = 215,2 \text{ (грн.)}$$

$$S_{çàã.2} = \left(\frac{11000}{1000} \cdot 4,8 \cdot 1,04 \cdot 1,05 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,52\right) - (4,8-2,3)\frac{868}{1000} = 243,6 \text{ (грн.)}$$

Порівнвши дві вартості, бачимо, що 215,2 грн. менше ніж 243,6 грн., тому отримуємо те, що перший варіант є більш дешевим за ціною. Це відомо згідно з джерелом [4], де йдеться, що виливки 2-3 класів точності забезпечуються або машинним формуванням з координатними плитами, або простим ручним

формуванням. Тобто цей спосіб є найбільш оптимальним для відливків будь-якої складності дрібносерійного та одиничного виробництв заготовок.

Таблиця 5.1 – Дані для розрахунків вартості заготовки за двома варіантами

| Найменування параметра | Литво в форми піщані | Литво в форми кокільні |
|---|---|---|
| Різновид, тип заготовки | Виливки | Виливки |
| Вартість 1тони заготовок $C_{i1}$ , грн. | 11200 | 11200 |
| Клас точності заготовки [1, с.116] | 3 | 2 |
| Група складності заготовки [1, с.33] | 3 | 2 |
| Група серійності [1, с.34] | 2 | 2 |
| Вартість 1т стружки $S_{отх.}$, грн. | 1268 | 1268 |
| Маса заготовки $Q$ , кг | 4,8 | 4,8 |
| Значення величин коефіцієнтів: | | |
| $K_м$ [1,с.32] | 1,03 | 1,01 |
| $K_m$ [1,с.32] | 1,00 | 1,06 |
| $K_c$ [1,с.33] | 1 | 1 |
| $K_п$ [1,с.33] | 0,52 | 0,52 |
| $K_в$ [1,с.33] | 0,91 | 0,91 |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Згідно [2] знайдемо економічний ефект при зіставленні двох способів отримання заготовок:

$$Э_з = ( S_{заг.02} - S_{заг.01})N_{річн}; \quad (5.2)$$

$$Э_з = (243,6 – 215,2)1750= 49700 \text{ (грн.)}$$

Для інтервала номінальних мас менших ніж 2,5 кг (у нас масса 2,3 кг) згідно [12, с. 8] маємо верхнє граничне відхилення маси не більше 12,1%.

Припуски на обробку згідно [12, с. 9] будемо призначати виходячи з допусків розмірів литва. Тоді проставимо їх на кресленні плунжера (див. рис. 5.1). По ГОСТ [12] здійснюємо позначення точності литва:

<Клас точності розміру> - <клас точності мас> <степінь викривлень> - <ряд припуска>. Позначення: «Точність виливка 11Т-11Т-5-3 ГОСТ 26645-86» [12]. Згідно з ГОСТ 26645-86, визначимо припуски, допуски розмірів та маси на обробку [12]. Маючи найбільші розміри габаритів від 100 до 650 мм (а у нас - 256 мм), для литва у піщані форми та у кокіль сірого чавуну, з типом виробництва -

дрібносерійний, будемо мати рекомендований ряд припусків №3 та клас точності розмірів й мас 11Т.

Таблиця 5.1 – Знайдені розміри заготовки плунжера

| Розміри деталі, мм | Розміри лиття, мм | Допуск, мм | Припуск, мм |
|---|---|---|---|
| 30 | 30 | 2,6 | - |
| 8 | 13 | 2,1 | 3,2 |
| 50f9 | 57 | 3,3 | 7 |
| 50f7 | 56 | 3,2 | 8 |
| 48 | 48 | 3,3 | - |
| 52 | 52 | 3,2 | 4 |
| 76 | 76 | 3,6 | - |
| ∅139,1 | ∅147 | 4,1 | 8 |
| 256 | 266 | 5,0 | 11 |
| ∅120 | ∅111 | 4,1 | 11 |

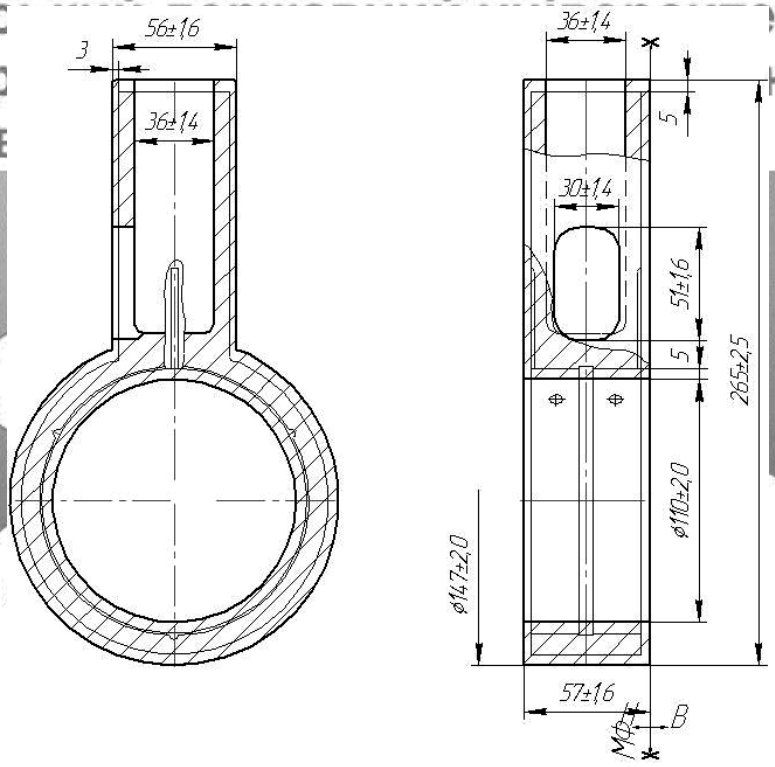


Рисунок 5.1 –Заготовка плунжера

# 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО АБО ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

## 6.1 Розрахунки припусків на механічні обробки ∅120Н8($^{+0.054}$)

Необхідний розрахунок допусків та припусків на діаметральні розміри ми робимо для одного з найбільш точних діаметрів, що взято з креслення «Плунжера» - ∅120Н8($^{+0.054}$) мм. Необхідний розрахунок здійснюємо за компьютерною програмою під назвою «Rozrahunok pripuskiv».

Автором використовуваного методу розрахунків на компьютері є професор В.М.Кован. Шукані параметри поверхонь після кількох механічних обробок знаходимо за допомогою підказок програми.

Вихідні дані розрахунків:

– маршрут обробки заданої поверхні:

чорнове розточування (ІТ 12, Ra 12,5);

напівчистове розточування (ІТ 10, Ra 3,2);

чистове розточування (ІТ 8, Ra 2,5);

– параметри розглядаємої поверхні (для відливки класу точності 10Т: Rz = 320 мкм, Т = 580 мкм; після першого розточування м шорсткість Rz = 40 мкм, дефектний шар буде Т = 40 мкм; після другого розточування буде Rz = 20 мкм, дефектний шар буде 30 мкм; після чистового розточування буде шорсткість 5 мкм, дефектний шар буде 10 мкм;

– відхилення форми просторове маємо для литва:

$$\rho = \sqrt{\rho_{змі}^2 + \rho_{короб}^2} \qquad (6.1)$$

Маємо похибки зміщень $\rho_{змі}$= 1,90 мм, $\rho_{короб}$=1,0 (мкм/мм)·255(мм) = 256 мкм = = 0,256 мм.

$$\rho_{загот} = \sqrt{1{,}90^2 + 0{,}256^2} = 1{,}623(мм) = 1623 мкм$$

Відхилення просторові, що є залишковими за виконаним переходом знайдемо згідно [1, с.73]:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$$\rho_{зал} = K_{ут} \cdot \rho_{\cdot загот} \qquad (6.2)$$

При цьому $K_{ут}$ – це коефіцієнт уточнення,

$\rho_{загот}$ – значення кривизни самої заготовки.

Після чорнових розточувань маємо просторову кривизну:

$\rho_{1ч}=0{,}06\cdot\rho_{загот}=0{,}06\cdot 1{,}623=0{,}09723$ (мм) = 97,23 (мкм);

Після напівчистових розточувань маємо просторову кривизну:

$\rho_{2н/ч}=0{,}02\cdot\rho_{загот}=0{,}02\cdot 1{,}623=0{,}00476$ (мм) = 5,00 (мкм).

При установленні в пристрої з напівчисто обробленими базовими поверхнямию, при розточуванні чистовому будемо мати $\varepsilon_{б2ч}$=132 мкм, крім того маємо похибки закріплень що дорівнює нулю $\varepsilon_{з3}$ = 0 згідно [1, с.72].

Похибки закріплення і базування входитимуть до похибок установки. Для виливки погрішність $\varepsilon_{б1в}$=213 мкм, погрішність $\varepsilon з_{1в}$=213 мкм.

З розточуванням напівчистовим $\varepsilon_{з2н/ч}$= 121 мкм і $\varepsilon_{б2н/ч}$=131 мкм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування

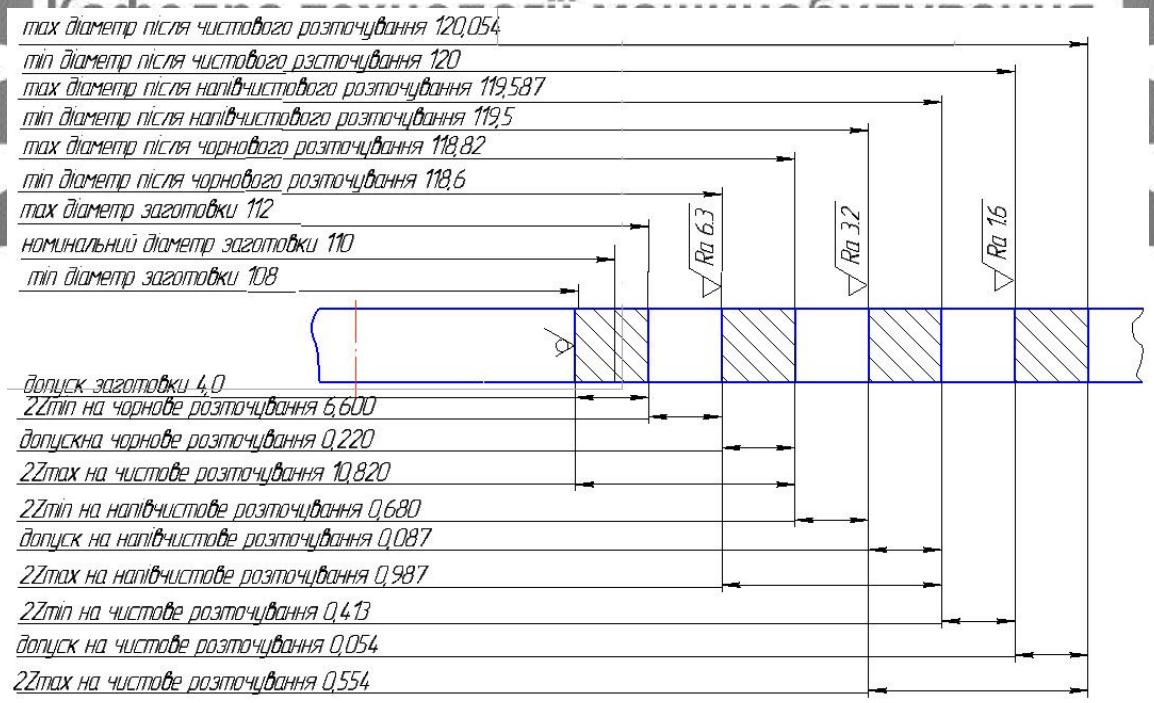


Рисунок 6.1 – Схема розміщення допусків з припусками при обробці діаметрального розміру ∅120H8($^{+0.054}$) плунжера

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базуваннь та закріпленнь заготовки

При базуванні необхідно поєднувати технологічні та вимірювальні бази - це принцип суміщення баз. При виборі схем базування беремо до уваги те, що в якості базових слід застосувати такі поверхні, що досить широкі за площиною - так звані «розвинені» поверхні, та які мають достатню точність. Це дозволяє використати принципи сталості базових поверхонь, а також дозволяє здійснювати надійне закріплення плунжера з можливістю оброблення за одну установку максимальної кількості поверхонь.

Вибір і обгрунтування схем базування і закріплення плунжера здійснемо для двух операцій технології обробки – 095 фрезерної та 020 токарно-гвинторізної.

В якості допоміжних базових поверхонь 4,5 (див. рисунок 6.2) на операції 020 виступає циліндрична зовнішня поверхня ∅149, встановлювана у двох коротких призмах. Заготовку при цьому лишено двох степенів свободи, а саме двох переміщень. Центрування здійснюють призми базуючі, що дозволяють поєднувати вісь обертання шпинделю верстата шляхом регулювання з віссю циліндричної частини плунжера, а також забезпечується точна рівностінність розточувальних отворів.

В якості головної базової поверхні на операції 020 є торець плунжера ∅147. Дана поверхня позбавляє заготовку трьох ступенів волі, є установчою базовою поверхнею, полишає одного переміщення уздовж осі циліндричного отвору заготовки плунжера та двох обертань, що показано на рисунку 6.2. Також ця поверхня має достатню площу, крім того вона є добре розвиненою, зовсім не має літників, напливів та інших дефектів лиття. Витримуються при цьому вимоги, що чорнова перша база буде використовуватися тільки одного разу, а на подальших інших операціях - буде в якості бази використано інший торець плунжера, а саме той торець ∅147, що на даній операції оброблюється.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності при базуванні на 020 операції

| Зв'язки | Ступінь свобод | |
|---|---|---|
| 3, 2, 1 | V, I, VI | Уст. Б |
| 4, 5 | III, II | Подв. Оп. Б |
| 6 | IV | Оп. Б |

Таблиця 6.2 – Матриці зв'язків при базуванні на 020 операції

| | X | Y | Z | |
|---|---|---|---|---|
| l | 1 | 0 | 0 | Уст. Б |
| α | 0 | 1 | 1 | |
| l | 0 | 1 | 1 | Подв. Оп. Б |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| l | 0 | 0 | 0 | Оп. Б |
| α | 1 | 0 | 0 | |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

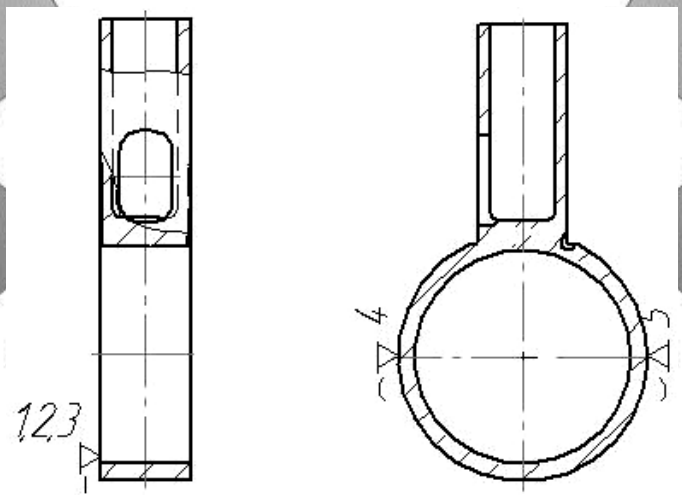


Рисунок 6.2 – Схема базування на операції 020

Оскільки процес базування проводимемо за зовнішньою поверхнею плунжера ∅148, а оброблювана - це поверхня ∅117 плунжера, то зміщення плунжера залежатиме од допуску на зовнішні поверхні ∅148, тобто від величини Т = 4,4 мм. При цьому похибки базувань будемо визначати для положення вісі обертань циліндричної поверхні плунжера.

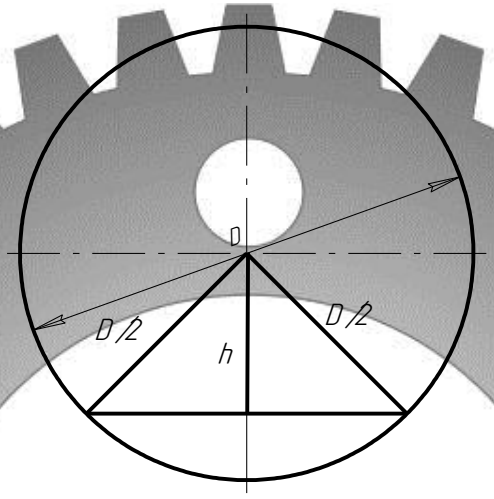


Рисунок 6.3 – Схема до розрахунків похибок базувань

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Згідно наведеної схеми, маємо:

$$h = (D / 2)\cdot\cos 45 \qquad (6.3)$$

Маємо: $h_{1б}$=(148/2)cos45 = 52,7 (мм); $h_{2б}$=(148/2)cos45 = 51,97 (мм).

Тоді $\varepsilon_б = h_{1б} - h_{2б}$ = 52,6 - 51,97 = 0,73 (мм).

У таблицях 6.1, 6.2 представлено відповідності та таблиця-матриця зв'язку для варіанта базування згідно до малюнку 6.2.

Похибки базування при коливанні діаметра від ∅145 до величини ∅149 та куті $\alpha=90^0$ призми дорівнюватиме різниці висот h двух діаметрів - дивись малюнок 6.3.

На даній операції альтернативного варіанту базування немає, можна лише запропонувати варіант, що розглянуто на малюнку 6.4.

В даному випадку похибки базувань положення осі ∅147 дорівнюватиме допуску 3,4 мм на розмір заготовки57, тобто що значно більше $\varepsilon_б$ , що розраховане раніше.

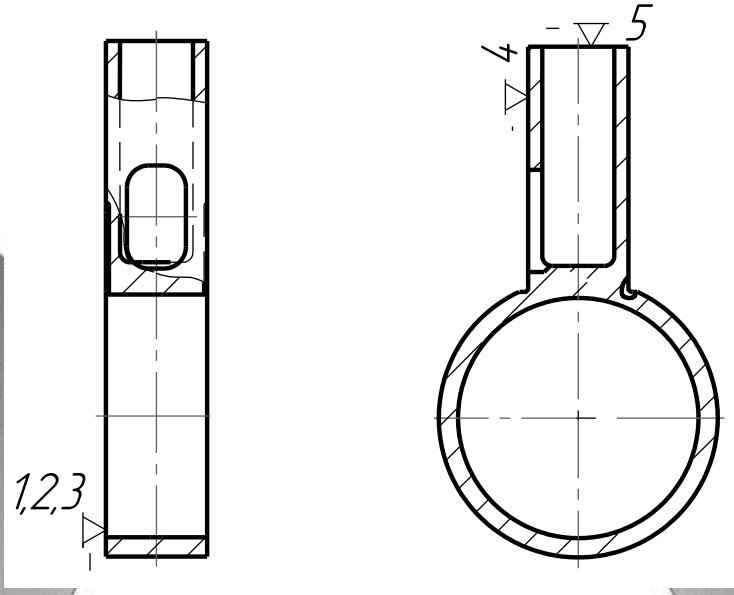


Рисунок 6.4 – Схема базування альтернативна на операції 020

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

При другому варіанту базування ускладнюється закріплення заготовки, він є малопридатним для практичного використання, бо не дозволяє здійснити центрування циліндричної частини заготовки. Також збільшується ймовірність появи при обробці коливань та вібрацій зважаючи на зниження жорсткостей місця кріплень заготовки, а саме місця обробки є віддаленими від місць базування і закріплення плунжера.

Плунжер на фрезерній операції 095 встановлюється на попередньо оброблені площини торців на установі А. Вона слугує встановчою базою, позбавлятиме заготовку 3-ох ступенів волі. При цьому проводиться одночасно фрезерування торцеве площин 5 плунжерів. Оскільки на попередніх токарних операціях зазначені торці оброблялися з одного установу разом з отвором ∅120, то таким чином забезпечується на операції 095 перпендикулярність осі отвору ∅120 і оброблюваної площини торця. До речі, це є заданим в якості вимоги $T_{\perp}$ = 0,05на кресленні. Плунжер на установі Б перевстановлюють заново на установчу

базу попередньо обробленої площини торця деталі, що також лишає заготовку трьох ступенів волі.

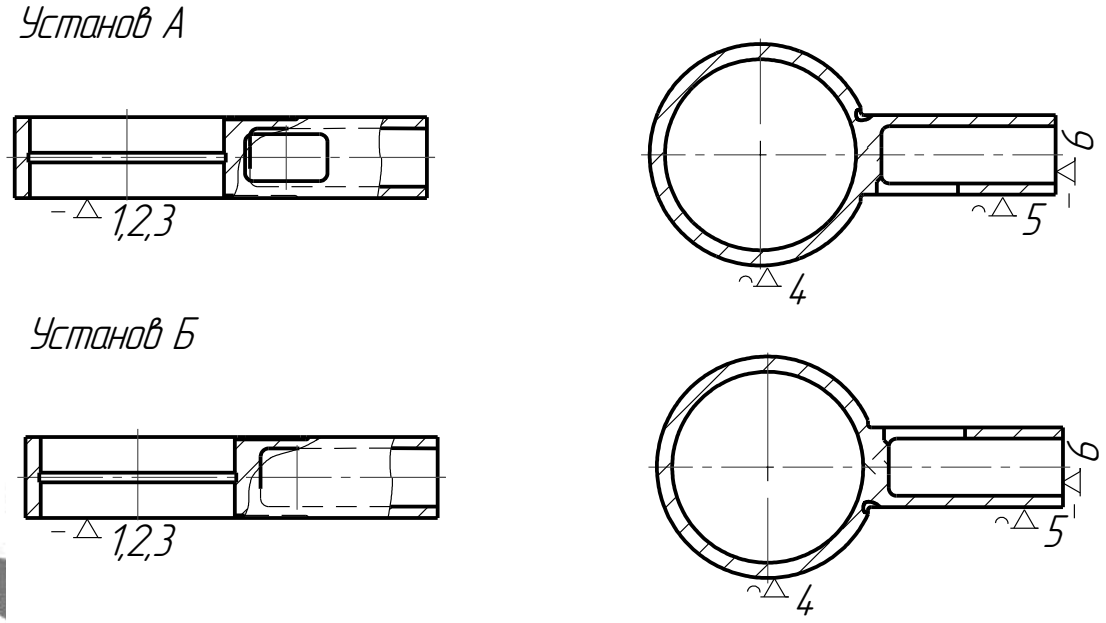


Рисунок 6.5 – Схема базування на операції 095

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Базування зовнішнього ряду встановлюваних на магнітному столі в радіальних напрямках плунжеров роблять по зовнішньому обмежувальному кільцю, тоді як внутрішні ряди плунжеров базують по боковим поверхням сусідніх плунжерів. Ці поверхні виступають в якості напрямної бази для плунжерів, що позбавляє заготовку двох ступенів волі.

Використовують і спеціальні опори для запобігання осьових переміщень плунжерів на магнітному столі. Вони позбавлюють заготівку останнього 6-го ступеня волі. Наведемо дані по позбавленим степінями волі і у таблицях 6.3 та 6.4, а також зв'язки при даному варіанті базування плунжера.

Похибка базування за даним варіантом базування буде дорівнювати нулю, бо дотримуємо принцип суміщення баз – при цьому збігаються вимірювальна і технологічна бази:

$$\varepsilon_{б2} = 0.$$

Оцінюючи конструктивні особливості плунжера бачимо, що інших варіантів базування немає для застосовуваного методу обробки на операції фрезерування.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

| Зв'язки | Ступінь свобод | |
|---|---|---|
| 3, 1,2 | IV, III, V | Уст. Б |
| 5, 4 | II, VI | Напр. Б |
| 6 | I | Оп. Б |

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

| | X | Y | Z | |
|---|---|---|---|---|
| l | 0 | 0 | 1 | Уст. Б |
| α | 1 | 1 | 0 | Напр. Б |
| l | 0 | 1 | 0 | Оп. Б |
| α | 0 | 0 | 1 | Уст. Б |
| l | 1 | 0 | 0 | Напр. Б |
| α | 0 | 0 | 0 | |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

## 6.3 Обґрунтування і вибір металорізальних верстатів

Застосування на операції 095 верстата моделі 3Е756 модернізованого, що є плоскошліфувальним верстатом з круглим столом, обґрунтовується наступним чином. Оскільки на даній операції торцевого фрезерування використовують ріжучий інструмент, що оснащено надтвердим матеріалом, то тоді обладнання для такого інструмента має мати високі жорсткість та вібростійкість, відповідати інщим певним вимогам, а саме швидкохідності шпиндельного вузла, можливості

забезпечень подач в межах близько 2,1 м/хв. Плоскошліфувальний верстат, що працює торцем кола, відповідає цим вимогам, та найбільшою мірою - з круглим столом плоскошліфувальні верстати та з вертикальним шпинделем. Обладнання вимагає зробити модернізацію механізма подач. Тільки після цього привід механізму подач модернізований зможе забезпечити колову подачу в діапазоні 0,56 – 4,0 м/хв. Тоді цикл обробки плунжерів, що встановлені на столі верстату, буде складатися з таких рухів:

- кругова подача стола;
- підведення швидке стола подачею поздовжньою до налаштованої на необхідний розмір фрези, що обертається на шпинделі;
- швидке відведення на вихідні позиції стола.

Цикл обробки деталей, таким чином, здійсниться всього за один оберт столу. Сектор, тобто частина площі столу, для можливості розміщень фрези над столом верстата, не заповнюється деталями при швидкому підведенні. Ручне завантаження а вивантаження деталей передбачається напівавтоматичнии циклом роботи верстата мод. 3Е756. Підготовка спеціальних оправок та установка спеціальних захисних пристроїв для установлення фрез передбачає переоснащення також обладнання. Приєднувальні розміри фрез виконано за ГОСТом 13043-85.

Плунжер має власну висоту порядку 53 мм, що є меншим припустимого значення, бо згідно [5] верстат мод. 3Е756 дозволить оброблення заготівок з найбільшою висотою 355 мм. 558 мм – це найбільше поздовжнє переміщення стола. Сумарна маса оброблюваної заготовки не повинна бути більшою за 200 кг: ми маємо значення мас оброблюваних плунжерів: 15,6 кг х6 шт.= 93,6 кг, що є значно меншим за допустимі значення. 1250 об/хв – це частоти обертань інструмента. Потужність приводу головного руху (електродвигуну) – 34 кВт. Габаритиз приставним обладнанням: висота – 2568 мм, довжина – 2847 мм, ширина – 2538 мм. Загальна маса разом із приставним обладнанням повинна складатине не більше 10320 кг.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Верстат токарно-гвинторізний моделі 1М63Б застосовуємо на операції 020. Тут здійснюють підрізання торцю ∅117 та розточка отвора ∅117. Даний верстат задовольняє цим вимогам, оскільки згідно джерела [5] 460 мм є найбільшим діаметром оброблюваної деталі на верстаті моделі 1М63Б. Даний верстат може забезпечувати довжину обробки не менше 1415 мм, тобто і ця умова теж виконується бо довжина оброблюваного отвору є 114 мм.

Державка різця на верстаті з перетином буде 32х20 мм. Розміри габаритів верстата, мм: довжина – 3565 мм, ширина – 1795 мм, висота – 1483 мм. Потужність електродвигуна – не більше 18,5 кВт. Маса верстата – 3825 кг.

У зазначеного верстата є також наступні параметри: внутрішній конус по 8 М ГОСТ12591-88, 75 мм - діаметр отвора шпинделя.

Частоти шпинделя обертання, що допустимі: 12,6 - 1655 об / хв. Значення поздовжніх подач на верстаті: 1– ряд – 0,07 ... 1,1 мм / об., 2 – ряд – 0,085 ... 1,6 мм / об; величина поперечної подачі: 1.– ряд – 0,026 ... 0,37 мм / об., 2 – ряд – 0,035... 0,517 мм / об; для салазок: 1 – ряд – 0,019 ... 0,38 мм / об., 2 – ряд – 0,028...0,435 мм / об.

Отвір в пінолі верстата має конус Морзе №5.

Точністні вимоги, що забезпечуються верстатом, відзначимо наступні: сталість в поперечному перетині діаметрів зразків – 12 мкм, будь-яких перетинах – 33 мкм; відхилення площинності від торцевої поверхні зразків - 23 мкм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

6.4 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, металорізальних та вимірювальних інструментів

Операція 095 (фрезерна): використовують магнітний стіл П9-268 як верстатний пристрій, що включається від пульту верстата або за циклом роботи. Стіл дозволяє встановлюватися 6 плунжерів одночасно для обробки, величина діаметру стола 1100 мм. Для захисту від можливого відриву плунжера в процесі

обробкидля підвищення надійності установки, поліпшення базування, встановлюються змінні упори П5-1209 за периметром столу та спеціальне обмежувальне кільце.

На відміну від шліфування, чим можуть бути досягнуті зазначені за якістю параметри, фрезерування має ряд переваг: низька теплонапруженість процесу обробки, більш висока продуктивність, висока розмірна стійкість фрези. Тому в якості ріжучого інструмента на даній операції є фреза ∅315 мм торцева насадна ступінчаста, що оснащена різальними вставками з ельбору-Р. Позначення заводське фрези - П5-1148-06. Завдяки наявності зачистних фасок на ріжучих вставках досягається досить висока чистота поверхні. Маємо можливість точним регулюванням величини вильоту вставок встановлення торцевого биття зачистних фасок до 0,008 мм. Дані фрези дозволяють мати такі вимоги до якості обробки: допуск площинності 0,02 / 300 мм та шорсткість Ra = до 0,63 мкм, а також здійснювати високопродуктивні обробки відкритих площин деталей з сірого чавуну. Фреза містить шість вставок в кожному ряду та в сумі 48 ріжучих вставок, встановлених у 8 рядів. Загальний припуск обробки: 0,2 мм на кожен ряд або 0,2х8 = 1,6 мм. Завдяки цьому реалізована ступінчаста схема розбивка припуску.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Щільність прилягання на магнітному столі настановної площини плунжера перевіряють за допомогою щупів №2-100 за ГОСТом 886-79. Контролюютьчистоту оброблювання торців за допомогою зразка шорсткостей ГОСТ 9379-77. На установі А застосовують штангенциркуль ШЦ-І-250 0,1 по ГОСТ166-88 для вимірювання величини попереднього одержуваного розміру, а на даній операції на установі Б для контроля величини остаточного розміру використовують скобу $50f7\left(^{-0,025}_{-0,050}\right)$ (заводське позначення – СТП 962-79-09). І для вимірювання оброблюваних на цій операції перпендикулярностей площин торців, а також циліндричної поверхні отвору діаметром 120 застосовують уголок УПЛ- 0-180 по ГОСТ 3748-78.

На операції 020 токарно-гвинторізній використовують пристрій спеціальний П1-1249 в якості верстатного пристрою, що розроблено та виготовлено на базовому підприємстві. Даний пристрій являє собою корпус з плоскою встановлювальною поверхнею, його встановлюють на шпинделі верстата мод.1М63Д по поверхні, де заготовка встановлюється своїм торцем. Маємо також дві призми симетрично розташовані з кутом 90°. Заготовки встановлюються зовнішньою циліндричною поверхнею ∅147 саме по даним двом призмам. Пристрій є немеханізованим, переміщення призм із закріпленням заготовки через призми є гвинтовим, що відповідає дрібносерійному типу виробництва. При цьому досягнено так звану рівностінність заготовки, тобто приблизну однакову товщину стінок кільцевої поверхні ∅147 (∅117. Регулювання радіального положення циліндричних частин плунжерів здійснюється незалежністю переміщення кожної окремої призми.

На операції ріжучим інструментом використовують різець 2140-0018 ГОСТ 18883-75. Це є різець для оброблення наскрізних отворів - токарний розточний з матеріалом ВК8 різальної частини з твердого сплаву. Марка твердих сплавів відповідає матеріалу обробки заготовки - сірому чавуну. Різець має перетин h x в = 21 x 21 мм, виконання №2, із загальною довжиною L = 258 мм, довжиною частини головної *l* = 195 мм, d = 13 мм з пластиною із твердих сплавів типу 01 по ГОСТ 2208-88 [5].

Довжина 258 мм різця забезпечує можливість безперешкодного розточування заданих отворів довжиною 192 мм.

Розроблена в конструкторському бюро підприємства оправка П5-282 установлена для розточувального інструмента.

Використовується пробка «ПР - НЕ» D118 H11 СТП978.79.00.05 в якості вимірювального інструмента на даній операції. Даний метод контролю використовують часто у великосерійному та масовому типах виробництва. Пояснити застосування в дрібносерійному виробництві зазначеної мірної пробки можна лише тим, що вона на складі підприємства є просто в наявності, і тому її можна використовувати навіть при контролюванні відносно невеликих партій

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

плунжерів. Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 по ГОСТ 166-89 з діапазоном вимірювання від 0 до 125 мм застосовується для контролювання товщин стін кільцевої поверхні ∅148 / ∅119.

В оправці П3-283 кріпиться розточний різець, який дозволяє здійснити також і радіальні переміщення різців, чим забезпечуюєтсяь обробка торцевих поверхонь ∅148. Цим забезпечується також отримання взаємно перпендикулярних поверхонь отворів ∅119 з торцями ∅148, бо це є необхідним при базуванні за цією поверхнею на наступних операціях обробки плунжерів. Для захисту працюючих робітників від відлітаючої у процесі обробки стружки використовують спеціальні огородження типу Е4-264.

## 6.5 Визначення режиму різання

Розрахунок режимів різання для операції 020 токарної-гвинторізної робимо для 1 переходу точіння отвора в розмір 117 H11 ($^{+0,220}$).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Вихідними даними є:

матеріал обробки – сірий чавун СЧ20 по ГОСТ 1412-89;

верстат токарно-гвинторізний мод. 1М63Б;

межі міцності матеріалу $\sigma_в$ = 213 МПа;

діаметр отвора заготовки плунжера – 110 мм;

заготівля плунжера – виливки;

довжина отворів обробки - 57 мм;

шорсткість обробки по Ra = 12,5;

діаметр розточування одержуваний – d = 117 мм;

Паспортні дані обладнання:

найбільша довжина обробки на верстаті – 1550 мм;

висота на верстаті розташування центрів – 325 мм;

обороти на верстаті шпинделя: 12,5-1850 об / хв;

Поздовжні подачи на верстаті:

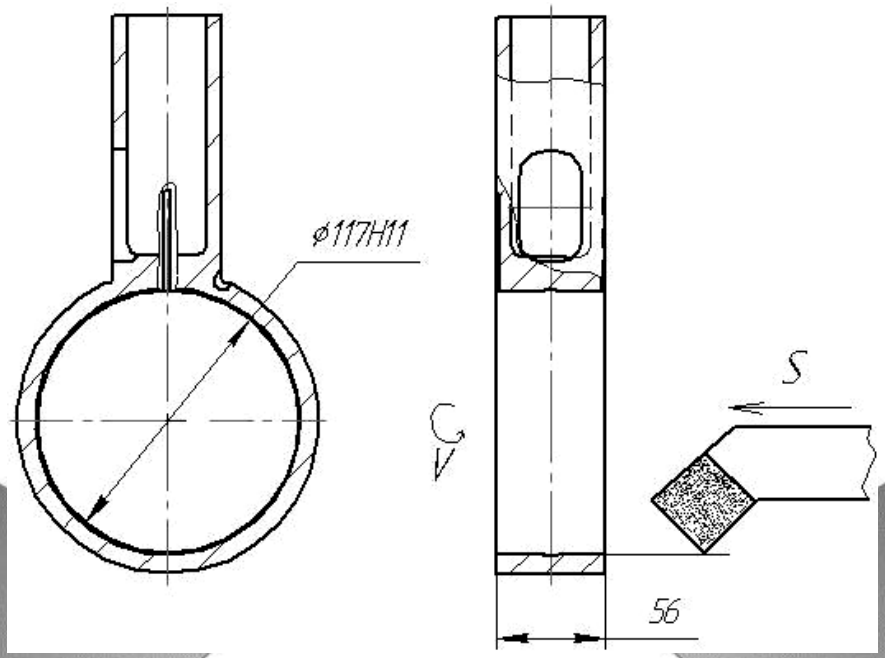


Рисунок 6.6 – Ескіз для операції 020 токарної-гвинторізної

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

2 ряд - 0,087 ... 1,6 мм / об;

1 ряд - 0,05 ... 1,3 мм / об;

$\eta$ = 0,85 - К.К.Д. верстату;

Потужність на верстаті електродвигуна – 18,5 кВт.

Призначимо глибину різання:

припуски на бік дорівнюють: $\Delta = \frac{|D-d|}{2} = \frac{117-110}{2} = 3.5$ (мм).

Призначаємо $\Delta$ =3,50 мм виходячи з наявних вимог до деталі ($R_a$ 12,5 і IT 11);

Встановлюємо геометричні параметри вибраного різця.

Токарний розточний різець по ГОСТ 18883-75 згідно [5], як ми визначили, оснащено пластинами з твердого сплаву марки ВК8 з кутом у плані $\varphi$ = 60° та $\varphi_1$ = 32°, радіусами при вершині R = 1,2 мм. Також його оснащено ріжучою пластиною 2 типу по ГОСТ 2208-85. Позначення різця – 2143-0063. Задній кут $\alpha$

= 7,5°, передній кут γ = 0°. Кут нахилів головної різальної кромки λ = 0…2. Паяння припоєм латунним Л63 є способом кріплення пластини твердосплавної.

Величина подачі при чорновій обробці при призначенні її параметра обмежується міцністю ріжучої пластини, а також міцністю державки різця.

Розглянемо подачу, що допускається міцністю державки різця:

$$[S_o]_{держав} = \sqrt[y_{pz}]{\frac{B \cdot \sigma_u \cdot H^2}{60 \cdot t^{x_{pz}} \cdot K_{pz} \cdot l \cdot C_{pz}}}, \text{ (мм/об.)} \qquad (6.4)$$

де ширина різцевої державки $B$ = 42 мм,

висота різцевої державки $H$ = 20 мм,

допустимі напруги вигинів матеріалу державки різця для сталі 45:

$$\sigma_{B3} = 746 \text{ МПа}, \ \sigma_u = 0{,}42;$$

вильот різця $l$ =193 мм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Маємо $[S_o]_{держав.} = \sqrt[0.75]{\frac{40 \cdot 32^2 \cdot 750}{60 \cdot 92 \cdot 2.5^{1.0} \cdot 1.01 \cdot 182}} \approx 2.9$ (мм/оберт)

Подача, яку допущено міцністю пластинки:

$$[S_o]_{пл} = \sqrt[y_{pz}]{\frac{30{,}2 \cdot a^{1.46}}{C_{pz} \cdot K_{pz} \cdot t^{X_{pz}-0.78} (\sin\varphi)^{0.81}}} \text{ мм/оберт}, \qquad (6.5)$$

де товщина пластини $a$ = 2,45 мм,

$x_{pz}$ = 1,21; $C_{pz}$ = 92 – коефіцієнт [5, с. 273]; $y_{pz}$ = 0,77 – це є показники ступенів [5, с. 274]; $K_{pz}$ = $K\gamma_{pz} \cdot K\varphi_{мр} \cdot Kr_{pz} \cdot K\lambda_{pz}$ поправковий коефіцієнт, де $K_{мр} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{193}{190}\right)^{0.40} = (1{,}048)^{0.40} \approx 1.05$ - коефіцієнт поправковий на матеріал заготовки плунжера, приймемо згідно [5, с.262].

Вибиремо згідно [5, с. 276] поправкві коефіцієнти на геометричний параметр різця: $K\gamma_{pz}$=1,1; $K\varphi_{pz}$= 0,91; $Kr_{pz}$ =0,93; $K\lambda_{pz}$ =1,11.

$$K_{pz} = 1{,}04 \cdot 0{,}91 \cdot 1{,}11 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}93 = 1{,}05.$$

Тоді $[S_o]^{0.75} = \sqrt[0.75]{\dfrac{30{,}4 \cdot 2{,}5^{1.33}}{2.5^{(1.0-0.74)} \cdot 1.03 \cdot 91 \cdot (\sin 60^0)^{0.80}}} = \approx 1.03($ (мм/об.)

При роботі різцем з перетином 32 мм, звильотом близько 182 мм та з чорновим розточуванням чавуну при глибині різання t = 3,2мм, рекомендоване значення S = 0,25 – 0,35 мм/об.

Приймемо S = 0,35 мм / оберт.

Отримані значення S, що дорівнюють 1,03 и 2,90 мм / оберт, є високими у порівнянні з [5, с.268], що є рекомендованими значеннями.

Знайдемо швидкість різання

$$V_{расч1} = \frac{C_v}{S_o^{yv} \cdot T^m \cdot t^{xv}} \cdot K_{nv} \cdot K_{мv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv} \cdot K_{\varphi v}, \qquad (6.6)$$

де $T$ = 53 хв. – середнє значення стойкості інструмента [5, с.265];

$C_v$ = 292 – коефіцієнт [5, с. 271];

показники ступенів по [5, с.271] $м$ = 0,22; $x_v$ = 0,14; $y_v$ = 0,22

поправочний коефіцієнт за матеріалом [5, с.262] $K_{мv} = \left(\dfrac{190}{HB}\right)^{nv} = \left(\dfrac{190}{190}\right)^{nv} = 1.0$;

$K_{uv}$ = 0,85 – поправковий коефіцієнт по інструментальному матеріалу [5, с.261];

$K_{nv}$ = 0,83 – поправковий коефіцієнт станом поверхні заготовки [5, с. 263];

$K_{\varphi v}$ = 0,91– поправковий коефіцієнт за кутом $\varphi$ [5, с.271];

$K_{rv}$ = 1,10 – поправковий коефіцієнт з радіусу при вершині різця [5, с. 270] ;

$K_{\varphi 1v}$ = 0,95 – поправковий коефіцієнт за кутом $\varphi_1$ [5, с.272].

Тоді маємо

$$V_{расч2} = \frac{291}{50^{0,22} \cdot 2{,}5^{0,14} \cdot 0{,}34^{0,21}} \cdot 1{,}10 \cdot 0{,}83 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}91 \cdot 1 = 82{,}8(\text{м/хвил}).$$

Маємо частоту обертань шпинделя:

$$n_{расч2} = \frac{1000 \cdot V_{расч}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82{,}8}{3{,}14 \cdot 112} = 241(\text{ооб/мин}.$$

n = 220 об/хвилину - коригування за паспортом верстату;

Уточнення величини швидкості зробимо перерахунком:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 112 \cdot 241}{1000} = 110{,}9(\text{мм/мх}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Визначимо силу та потужність різання на операції.

Складові сили різання осьова $P_x$ , тангенціальна $P_z$, та радіальна $P_y$ визначаються за такою формулою:

$$P_{y,z,x} = 10 \cdot C_p \cdot S_o^y \cdot t^x \cdot K_{rp} \cdot V^n \cdot K_{mp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p}, \qquad (6.7)$$

де $y$ = 0,86; $x$ = 1,1; $n$ = 0 [5, с.275];

$C_{pz}$ = 92 [5, с.275];

$K\varphi_p$= 0,93; $Kr_p$ =0,95 $K\gamma_p$=1,1; $K\lambda_p$ =1,10; [5, с.273].

$K_{мр} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^n = 1.0$ [5, с.265];

Тоді $P_z$ =10 · 92 · 121,8$^0$· 2,52$^{1,0}$ · 0,3$^{0,85}$ · 1,12 · 0,92 · 0,93· 1,2 · 1,1 =908,2(Н).

Потужність двигуна: $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{908{,}2 \cdot 122.9}{1020 \cdot 60} = 1.8$ (кВт).

З отриманими режимами 1,80 кВт, що отримані нами розрахунковим методом, значення менше 15 кВт, що має верстат.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Операція 095 фрезерна, на установі Б, розмір $50f7\left(^{-0,025}_{-0,050}\right)$, що отримано торцевим фрезеруванням.

Вибираємо діаметр торцевої фрези. Відповідно з [13, с. 9] рекомендуємо діаметри фрез Д=315 мм для ширини фрезерування 215 мм.

Глибина різання: t = 50,30 - 50 = 0,30 (мм).

Вибіремо конструкцію фрези. Відповідно до [13, с. 7] при обробці великої площини при t< 0,5 мм; Ra = 0,63 ... 1,25 мкм рекомендовано фрези торцеві із різальними вставними ножами та з регулюванням в осьових напрямах ножів з биттям не більше 0,02 мм.

Згідно до [5] обіраємо марки надтвердих композитів: бачимо, що для напівчистової і чистової обробки сірих чавунів НВ 145 ... 345 рекомендується марка композита 01. Визначаємо типорозмір торцевої фрези. Для фрези діаметром 315 мм відповідно до [13, с. 12] маємо z = 48 - рекомендоване загальне число ножів. Маємо в одной ступіні – 16 штук, усього є 3 ступені у фрезі.

Загальна кількість ступенів у фрезі буде вісім і це доцільно при великих припусках на обробку поверхні. Кількість же ножів в одному ряду при цьому можна брати 16.

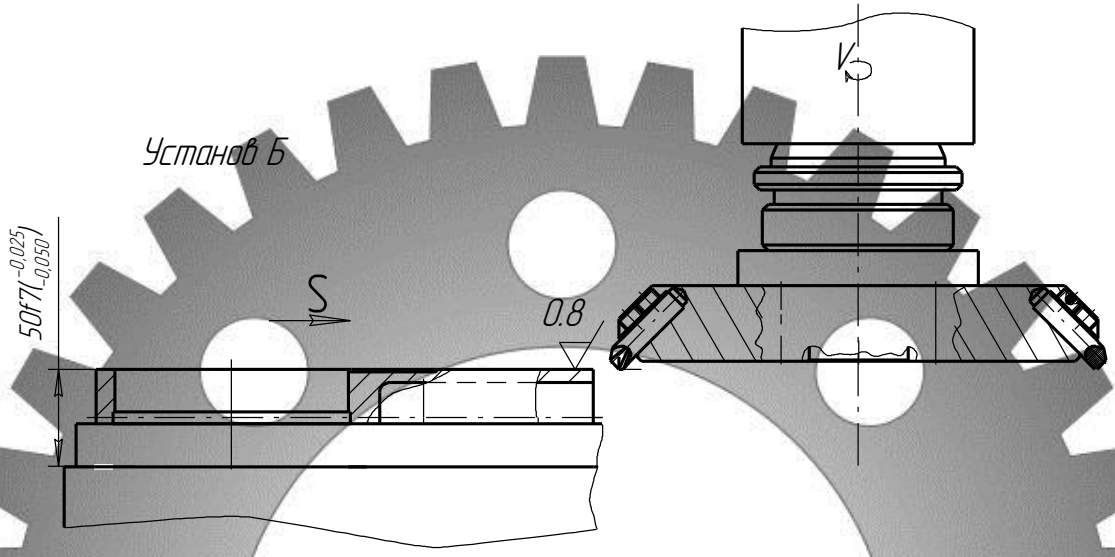


Рисунок 6.7 – Ескіз до розрахунку режимів різання операції 095

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Відповідно [13, с. 11], визначимо геометричні параметри різальної частини торцевих фрез. Шукані різальні вставки для обробки чавуну сірого НВ 140 ... 360, відповідно до креслень різальної вставки фрез, повинні мати такі геометричні параметри: $\alpha_1 = 11^0$ ; $\gamma = -13^0$ ; $\alpha = 11^0$ $\varphi = 46^0$ ; $\lambda = 12^0$ ;$\varphi_1 = 13^0$.

Відповідно до [13, с. 12] визначимо критерій затуплення торцевих фрез. Для тонкої фінішної обробки для даного інструмента обиремо величину допустимих зносів: $h_з$ = 0,25-0,33 мм.

Відповідно до [13, с. 12] визначемо подачу на один зуб. Для торцевих регульованих зі вставками фрез для обробок сірих чавунів НВ 150...325 з перехідною різальною кромкою та із головним кутом у плані $\varphi = 46^0$ , маючи шорсткість обробки Ra 0,25 - 0,63 мкм, будемо тоді мати $S_z$ = 0,11 мм / зуб. - значення подачі на один зуб.

Визначаємо відповідно до [13, с. 51] швидкість різання. Для цього скористуємося формулою швидкості різання:

$$V_T = \frac{C_V}{t^{x_V} T^m S^y} \text{(м/хвил)} \qquad (6.8)$$

де m, $y_v$ , $x_v$ , $C_v$ , - це постійні показники та коефіцієнти що, залежать від інструментального матеріалу,

$$V = V_{T1} \cdot K_{\left(\frac{B}{D}\right)} \cdot K_{T_{V1}} \cdot K_{HRCe} \cdot K_{\left(\frac{B_0}{D}\right)} \text{ (м/хв.)} \qquad (6.9)$$

Відповідно до [13, с.16] поправочний коефіцієнт при обробці сірого чавуну НВ 156 на швидкість різання: $K_{HRCv}$= 1,1.

Відповідно до 15 [13, с. 27] поправочний коефіцієнт на швидкість різання визначаємо поправковий коефіцієнт в залежності від періоду стійкості інструменту: маємо $K_{Tv}$ = 1,4 для Т = 242 хв. при обробці сірого чавуну. Поправковий коефіцієнт для ширини фрезерування і діаметра фрези на швидкість різання: відповідно до 15 [13, с. 29] маємо: для обробки чавуну з шириною фрезерування 215 мм та діаметром фрези 315 мм маємо $K_{\left(\frac{B}{D}\right)_V}$ = 1,05 .

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Відповідно до [13, с. 28] знаходимо поправковий коефіцієнт швидкості різання для відносних зміщень торцевої фрези і заготовки: оскільки маємо симетричне фрезерування, то $K_{\left(\frac{B_0}{D}\right)_V}$ = 1,2.

Відповідно до [13, с. 51] з обробкою сірих чавунів НВ 157 фрезами із композита 01 знайдемо наступні величини коефіцієнтів:

m = 1,13; $C_v = 203 \cdot 10^3$; $x_v$ = 0,13; $y_v$ = 0,39.

Швидкість тоді різання $V_T$ дорівнюватиме значенню

$$V_{\grave{O}} = \frac{207 \cdot 10^3}{240^{1,12} \cdot 0,2^{0,16} \cdot 0,1^{0,37}} = 1263 \text{ (м /хвил.)}$$

Знайдемо розрахункові величини швидкостей різання:

$V$ = 1263·1,10·1,32·1,04·1,2 = 1865 (м/ хв)

Розрахунков частота обертів фрези торцевої:

$$n_{расч.} = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 1865}{3{,}14 \cdot 315} = 1886 \text{ (м/хв)}$$

Будемо мати швидкість різання за умови обертання шпинделя з частотою $n_{пр.}$ = 1800 об/хв:

$$V_{факт.} = \frac{\pi D n_{пр.}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 315 \cdot 1800}{1000} = 1585 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо сили різання і потужність.

Знайдемо тангенціальну силу згідно до [13, с. 52]:

$$P_Z = m \cdot P_Z^{*}, \tag{6.10}$$

$$P_Z^{*} = t^{x_P} \cdot C_P \cdot S^{y_{P1}} \cdot V^{z_{P1}} \tag{6.11}$$

де $m$ – кількість працюючих одночасно зубців інструменту, шт.

Знаходимо з симетричної схеми обробки торцевим фрезеруванням:

$$m = \frac{\arcsin \frac{B}{D} \cdot z}{180^0} = \frac{\arcsin \frac{256}{315} \cdot 46}{180^0} = 4$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

При обробці чавуну сірого відповідно до [13, с. 53] знайдемо:

$z_{Pz}$ = -0,40; $C_P$ = 1413; $x_{Pz}$ = 1,03; $y_{Pz}$ = 0,86.

Тоді $P_Z^{*}$ = 1412·0,2$^{0,85}$·1480$^{-0,41}$ 0,3$^{1,01}$·= 2,96 (кгс) = 29,63 (Н).

Далі знаходимо значення тангенціальної сили $P_Z$ = 29,63·4 = 115,2 (Н).

Величина ефективної потужності за [13, с. 51]:

$$N_э = \frac{P_Z \cdot V}{6120} = \frac{115{,}2 \cdot 1486}{6120} = 21{,}9 (кВт)$$

Оскільки величина потужності різання менше ніж допустима потужність двигуна приводу головного руху 35 кВт, то проектна потужність може бути реалізованою.

6.6 Технічні нормування операцій

Нормування технологічної операції 020.

Розточуємо при обробці плунжера отвір напрохід з 110 мм до 117 мм; торцуємо поверхню з 117 мм до 147 мм.

Основний час згідно [11] для переходів розточування напрохід при обробці плунжера маємо розрахункові формули:

$$L = l_1 + l_2 + l_3, \tag{6.12}$$

де а $L$ – довжина хода різця, $l_1$ і $l_2$ – це величина врізання та величина перебегу інструменту.

Значення врізання з глибиною різання до 3 мм та φ = 50°, $l_1$ = 7 мм;

$l_2$ = 4 мм - перебег.

Тоді $L$ =53 + 7 + 4 = 64 (мм).

Згідно [6, с.512] маємо основний час:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_o} \cdot i = \frac{65}{220 \cdot 0.35} \cdot 2 = 1.68 \text{ .(хв.)}$$

для переходу – торцювання 117 / 47 (мм), причому

$i$ = 1 – кількість проходів при обробці плунжера.

∅117 мм – менший діаметр для розточування,

де ∅ 147 мм – більший діаметр розточування,

$l_1$ = 5 мм; $l_2$ = 4 мм – врізання та перебіг інструмента,

$$\text{Тоді } T_o = \frac{74}{220 \cdot 0.35} \cdot 1 = 0,96, \text{ (хв.)}$$

Згідно [6] допоміжний час при обробці плунжера, який ми визначимо:

$$T_{в1} = T_{з.о1.} + T_{у.с.1} + T_{уп.1} + T_{вим1} \tag{6.13}$$

. $T_{зо1.}$ – час відкріплення плунжерів,

$T_{уп.1}$ – це час з прийомів керування,

$T_{ус1}$ – час установлення та зняття заготовки,

$T_{вим1}$ – це час виміряння заготовки.

Наведені в додатку 5 [2, с.196] використаємо нормативи, з коефіцієнтом для серійного типу виробництва К = 1,86.

При масі деталі менше 13 кг час на установлення і зняття деталі вручну з кріпленням ключем в трикулачковому патроні $T_{у.с.}$= 0,40 хв.

Відповідно [2, с. 203] час на закріплення деталі при обробці плунжера в спеціальному пристрої $T_{зо.}$ = 0,32 хв.

Згідно [2, с.203] будемо мати час на керування верстата:

- вимкнути, ввімкнути верстат $t_{в1}$ = 0,012 (хв.);
- відвести-підвести різець до деталі два рази з обробкою;

$t_{в1}$=0,035·2 = 0,07 (хв);

- відкрити і закрити два рази огорожу від відлітаючих стружок $t_{в}$= 0,03·2 = 0,06 (хв).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Маємо тоді разом час $T_{упр.1}$ = 0,012+0,07+0,06=0,042 (хв.).

Згідно [2, с.207] час на вимірювання деталі гладкою калібр-пробкою з точністю вимірювань IT10: $t_{вим1}$ = 0,06 хв., універсальним штангенциркулем-інструментом з точністю вимірювань 0,11 мм - $t_{вим}$ = 0,13 хв.

Разом: $T_{вим1}$ =0,06 + 0,13 = 0,19 (хв.).

Час на операцію при обробці плунжера, що є сумарний допоміжний:

$$T_{в.1} = 1{,}85\cdot(0{,}042+0{,}2+0{,}13+0{,}19)=1{,}89 \text{ (хв.)}.$$

Розрахунок штучно-калькуляційного часу при обробці плунжера.

$$T_{шт-к1} = T_{шт1} + \frac{T_{п.-з1}}{m} \qquad (6.14)$$

- згідно [11].

$$T_{штучн1} = T_{осн1} + T_{обс1} + T_{доп1} + T_{відп1} \qquad (6.15)$$

- це начення часу штучного часу.

Час перерв на особисті потреби з відпочинком:

$$T_{îò.} = \frac{4}{100} \cdot \left(Ò_î + Ò_â\right) = \frac{4}{100} \cdot 6,09 = 0,24($$ (хв).

Знаходимо час при обробці плунжера обслуговування робочих місць

$$T_{îá.} = \frac{2,5}{100} \cdot \left(Ò_î + Ò_â\right) = \frac{2,5}{100}\left(2,6 + 1,44 + 2,05\right) = 0,15$$ (хв.)

З урахуванням n = 234 шт деталей в партії знайдемо штучно-калькуляційний час та підготовчо-заключний час $T_{підг-.закл.1}$ = 9,00 хв:

$$T_{øò.-ê.} = \frac{9}{234} + 4,33 + 0,11 + 0,17 = 4,65$$ (хв.)

Приймаємо $T_{штучн-кальк1}$ = 4,7 хвилин згідно [11].

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Нормування технологічної операції 095.

Фрезеруємо торці деталі в розмір 50,3 ; потім ми переустановлюємо і обробляємо деталь в розмір $50 f7\left(^{-0,025}_{-0,050}\right)$ мм.

Норму штучно-калькуляційного часу при обробці плунжера знайдемо по [11]:

$$T_{шт-кальк2} = T_{шт2} + \frac{T_{п-закл2}}{m} \quad (6.16)$$

$$T_{шт2} = T_{о2} + T_{обсл2} + T_{допом2} + T_{відпоч2} \quad (6.17)$$

Визначимо величину основного часу при обробці плунжера:

$$T_{o2} = \frac{l_{роб_ходу2}}{S_{хв.2}}, \quad (6.18)$$

де $S_{хв.2}$ – величина при обробці плунжера хвилинної подачі у мм / хв.

$l_{роб.ходу2}$ – робочий ход у міліметрах.

Знаходимо розрахункові значення хвилинних подач:

$$S_{хв.1} = n \cdot S_z \cdot z = 1650 \cdot 0,12 \cdot 46 = 7365 \text{ (мм/хв.)}.$$

При забезпеченні магнітного столу модернізованого верстата мод. 3Е756З знайдемо величину фактичну хвилинної подачі:

$S_{хв.}$ = 1150 мм/хв.

Згідно з [11, с.51], будемо мати

$$l_{робоч.ходу1} = l + y, \text{ мм} \qquad (6.19)$$

$y$ – величина довжини підведень. За табл. 25 [11, с.51] та з діаметром торцевої фрези 315 мм при ширині обробки фрезеруванням 286 мм :

$$y = 63 \text{ мм.}$$

Знайдемо шлях довжини l, що здійснюється фрезою за оберт столу верстата мод. 3Е756 при обробці плунжера: з урахуванням радіуса столу верстата маємо

$R_{столу} = D_{стол1} / 2 - D_{фр1} / 2 = 1200 / 2 – 315 / 2 = 353$ (мм);

Маємо $D_{стол1} = 2 \cdot R = 706$ (мм)

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Дуга кола, що проходитиме фреза при фрезеруванні плунжера за один оберт столу верстата буде дорівнювати $l$:

тобто:

$l = \pi D = 3{,}14 \cdot 706 = 2217$ (мм).

Тоді $l_{р.х.1} = 2217 + 67 = 2284$ (мм).

Знайдемо основний час із виразу, наведеного нижче:

$T_о = 2284 / 1200 = 1{,}91$ (хв)

З виразу знайдемо величину допоміжного часу:

$$T_{в2} = T_{з.о.2} + T_{у.с.2} + T_{вим2} + T_{уп2.}, \qquad (6.20)$$

Час установки із зняттям деталі при обробці площин плунжера фрезами, встановлених на розмір, при масі заготовок до 21 кг, маємо $T_{ус1} = 0{,}080$ хв.

Тоді при встановленні 6 плунжерів, матимемо

$T_{ус2} = 0{,}08 \cdot 6 = 0{,}48$ (хв.)

Знайдемо час закріплень-відкріплень плунжерів на магнітному столі верстата мод. 3Е756 буде дорівнювати:

$T_{з.о.}$ = 0,06 хв.

При обробці плунжера стіл здійснюватиме повернення у вихідну позицію за такий час:

$T_{уп.1}$ = 0,16 хвилин.

Для столу верстата довжиною 1850 мм шукаємо часи прийома керування при обробці плунжера

$T_{уп.2.}$ = 0,02 хв.

При обробці плунжерів з вихідної позиції до робочої по [11, с. 204] знайдемо час на переміщення стола верстата:

$T_{уп.\ 3.}$ = 0,18 хвилин.

Маємо суму загального часу при обробці плунжера на керування:

$T_{уп} = T_{уп1} + T_{уп2.} + T_{уп3.}$ = 0,02 + 0,16 + 0,18 = 0,38 (хв)

Необхідний час обслуговувань місць роботи:

для фрезерування при обробці плунжерів це є 5 % від оперативного часу. Звідки маємо:

$T_{обслуг.2}$ = 0,05·(2,02 + 1,82) = 0,192 (хв.).

Знаходимо час особистих потреб з відпочинком: 4% од оперативного часу. Тоді маємо час особистих потреб:

$T_{от.2}$ = 0,04·(2,02 + 1,82) = 0,17 (хв.).

Для квалитета IT7 знайдемо час вимірювань при обробці плунжера:

$T_{вимір2}$ = 0,13 хв

Тоді маємо загальний допоміжний час при обробці плунжера:

$T_{доп2}$ = 0,35 + 0,97+ 0,192 + 0,17 + 0,15 = 1,942 (хв.).

Як результат будемо мати

$T_{шт.2}$ = 2,08 + 1,95 + 0,192 + 0,18 = 4,332 (хв.).

При обробці плунжера шуканий підготовчо-заключний час на налагодження верстату і установлення фрез:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$T_{п.-з.2}$ = 16,8 + 4,332 = 20,942(хв.).

З кількістю деталей в одній партії n = 234 шт.

$T_{ш-к.}$ = 4,25 + 20,942/234 = 4,25 (хв.).

Оскільки маємо ідентичний другий установ з однаковим змістом робіт, то ми подвоюєм всі складові $T_{ш-к}$ , що знаходилися при нормування при обробці плунжера на всій фрезерній операції.

Таблиця 6.5 – Результати розрахунків нормування

| № з назвою операцій | $T_о$ | $T_{допом.}$ | | | $T_{оп.}$ | $T_{об.}$ | $т_{відп.}$ | $T_{шт.}$ | $T_{підг.-з.}$ | n | $T_{штуч-к.}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_{уст.}+T_{зо}$ | $T_{упр.}$ | $T_{вим.}$ | | | | | | | |
| 020 токарно-гвинто-різна | 4,32 | 0,6 | 0,13 | 0,19 | 3,46 | 0,15 | 0,24 | 3,8 | 9,3 | 234 | 4,68 |
| | | 2,04 | | | | | | | | | |
| 095 фрезер-на | 4,06 | 2,45 | 0,75 | 0,32 | 7,68 | 0,38 | 0,34 | 8,38 | 41,5 | 234 | 8,50 |
| | | 3,64 | | | | | | | | | |

У таблицю 6.5 ми занесли результати розрахунків нормування.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

# 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

7.1 Обґрунтування вибору систем пристроїв

Проектуємо верстатний спеціальний пристрій для токарної операції обробки деталі «Плунжер 352.23.01.04». В базовому тех. процесі обробка здійснювалася на токарно-гвинторізному універсальному обладнанні.

Згідно із завданнямна проектуваняя приймаємо систему пристроїв – НСП (нерозбірних спеціальних пристроїв). Використання такого верстатного пристрою допоможе скоротити час на установку, закріплення і базування заготовки, що значно скоротить допоміжний час, та буде зменшено як результат собівартість обробки.

7.2 Визначення якісних й кількісних результатів виконаннь заданої операції

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

На цій операції повинен формуватися один з діаметральних розмірів Ø117, який обробляється з точністю IT11:

$T_{Ø117}$ = 225 мкм по ГОСТ 25348-85.

Точність форми оброблюваних поверхонь.

Допуск форми поверхні циліндричної Ø117H11 характеризується відхиленням від цилиндричности і круглості, нормується по ГОСТ 24643-85. Відповідно до нього допуск цилиндричности і круглості з рівнем відносної геометричної точності А приймається по 10 ступені точності й становить 62 мкм.

Точність розташування поверхонь оброблюваних поверхонь.

По рівню А та 10 ступені точності допуск радіального биття становить 160 мкм. По рівню А та 10 ступені точності допуск перпендикулярності отвору відносно торця деталі становить значення 62 мкм.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Задана шорсткість отвору Ø117 – Ra = 6,3 мкм, що є меншим ніж максимальна шорсткість поверхні в залежності від допусків форми і розмірів (12,8 мкм).

7.3 З`ясування якісних й кількісних даних про заготівку, що надходитиме на задану операцію

На дану токарну операцію заготовка надходитиме майже не обробленою, одержуваний Ø110 мм (діаметральний розмір заготовки) раніш також ще не оброблявся. Припуски на обробку на сторону складають 3,6 мм. Маса заготовки плунжера дорівнює 4,8 кг. Матеріал деталі – чавун СЧ20 ГОСТ 1412-86.

Конструкція плунжера складається із прямокутної і циліндричної частин, цілком досить міцна. Присутні досить розвинені поверхні у неї, вони можуть бути прийнятими базовими. До них відносять як зовнішню поверхню Ø149 мм циліндричної частини, так і торець заготовки, а також площини хвостовика та його торці.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Точність размірів базових поверхонь.

Торцевий розмір дорівнює $54{,}6_{-0{,}994}$ мм, це відповідає IT13, $T_{54,6}$=0,992 мм.

Ø148±2мм – це діаметр зовнішньої циліндричної поверхні, відповідає IT17, TØ148 = 4 мм. Довжина цієї поверхні дорівнює 54,5 мм, а відношення l/d≈1/3, яке свідчить про можливість використання її подвійною опорною базою.

Площина хвостової частини має розмір 56±1,4 мм: IT17, $T_{56}$=2,8мм.

Розмір торця хвостовика дорівнює 265±2,6 мм: IT17, $T_{265}$=5,2 мм.

Точність форми базових поверхонь.

На кресленні не задано допуск площинності торців деталі. Згідно з рівнем А геометричної точності, а також ступені точності 12 величина 0,12 мм.

На кресленні не задано допуск круглості та циліндричності для Ø149. Згідно з 16 ступенем точності та рівнем А його величина дорівнює 1,22 мм.

На кресленні не задано допуск площинності хвостовика. Згідно з 16 ступенем точності та рівнем А допуск площинностей хвостовика дорівнює Т=0,65 мм.

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не задано допуск радіального биття поверхні Ø149. Згідно з 16 ступенем точності та рівнем А він дорівнюватиме 3 мм.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхонь така:

- площини хвостовика має Rz 20 мкм;
- діаметр Ø149мм має Rz 20 мкм;
- торців хвостовика має Rz 20 мкм;
- торців заготовки має Ra 20 мкм.

Адаптивні властивості також установлювальних елементів верстатного пристроя повинні перебувати в межі допусків лише зазначених розмірів.

Також у верстатному пристрої заплановано оброблювати плунжери з базовими поверхнями таких конкретних розмірів і тільки по зазначеним точнісним параметрам.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.4 Умови, де буде виготовлятись та експлуатуватись верстатний пристрій, що проектується

Річний обсяг випуску деталей визначено розміром в 1750 шт., до того ж маємо дрібносерійний тип виробництва. Інтенсивність робочого використання пристроя планується невисокою. Тому при заданому терміні виробництва в один рік ш напристрій повинен буде здійснити 1750 циклів.

Плунжер буде оброблятися на токарному обладнанні моделі 1М63Б. Основними параметрами верстата є:

- якнайбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм: 368;
- частоти обертання шпинделя, об/хвилин 12,6-1820;

- значення поздовжньої подачі, мм/об: I – ряд – 0,04…1,3 ,

II – ряд – 00,081…1,4;

- значення поперечної подачі: I – ряд – 0,024…0,365 ,

II – ряд – 0,031…0,514 мм/об;

- значення подачі різцевих полозків: I – ряд – 0,016…0,34,

II – ряд – 0,025…0,431;

- діаметр отвора шпинделя верстата, мм: 75;
- маса вертата m, кг 39012;
- значення потужності електродвигуна, кВт 16,5;
- значення габаритних розмірів 3555×1785×1475.

Верстат моделі 1М63Б як правило обладнано системою охолодження. Проектований верстатний пристрій обслуговується токарем розряду III. При цьому бробку на ньому здійснюють одним різцем. Маса всього пристрою 44,3 кг, тому його потрібно встановлювати на верстаті за допомогою кран-балки. Також кожух, що містить екран на верстаті, не дозволяє рідині та стружці попадати на робітників цеху.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.5 Функції що реалізують в пристрої

- 0. Створення найнабезпечних умов праці
- 1. Переміщення та попередня орієнтація плунжера
- 2. Закріплення плунжера
- 3. Базування плунжера
- 4. Керування стисненим повітрям (енергоносієм)
- 5. Підведення та відвід стисненого повітря - енергоносія
- 6.Закріплення пристроя на верстаті
- 7. Створення вихідної сили для закріплення
- 8. Базування пристрою на верстаті
- 9. Обробка токарна поверхонь плунжера

7.6 Обґрунтування і розробка схем базувань заготовки

На головну базову поверхню з усіх поверхонь, що утворюють заготовку, претендують саме торці плунжера. Дана поверхня плунжера добре розвинена, тому вона забезпечує найсталіше положення плунжера. Застосовування цієї поверхні в якості базової не перешкоджає доступа до оброблюваних поверхонь інструментом. База позбавляє заготовку трьох степенів волі, тобто є встановлювальною технологічною базою.

Розглянемо два варіанта при виборі схеми базувань:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Рисунок 7.1 – Схема базування по першому варіанту

Плунжер позбавлений 5 ступенів волі. Відносно верстата плунжер має можливість обертатися, а відносно пристроя він втрачає шість ступенів волі. Тому ми бачимо три технологічні бази: установлювальна (позбавляє 3 степенів волі), напрямна (позбавляє заготовку двох степенів волі), та опорна (позбавляє однієї степені волі.

Розглянемо вертикальний та горизонтальний напрямки. Похибки базування дорівнюють:

$\varepsilon_{\delta 1} = T_{58} = 3{,}21$ мм; $\varepsilon_{\delta 2} = T_{258} = 5{,}1$ мм;

Сумарна похибка дорівнює:

$$\varepsilon_{\delta_1} = \sqrt{\varepsilon_{\delta 1}^2 + \varepsilon_{\delta 2}^2} = \sqrt{3{,}21^2 + 5{,}1^2} = 6{,}1 мм$$

Заготовку відносно пристрою за другим варіантом позбавлено шести степенів свободи, а відносно устаткування плунжер буде позбавлятися 5 степенів волі, т.е. він має можливість обертатися. Тут мають місце такі технологічні бази: подвійна опорна, позбавляюча двох степенів свободи, встановлювальна, позбавляюча трьох степенів свободи і опорна, позбавляюча однієї степені свободи.

Визначаємо похибки базування плунжера по другому варіанту.

Поверхня з розміром Ø149,5±2,

максимальний розмір: $d_{max1} = 151{,}5$ мм,

мінімальний розмір: $d_{min2} = 147{,}5$ мм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

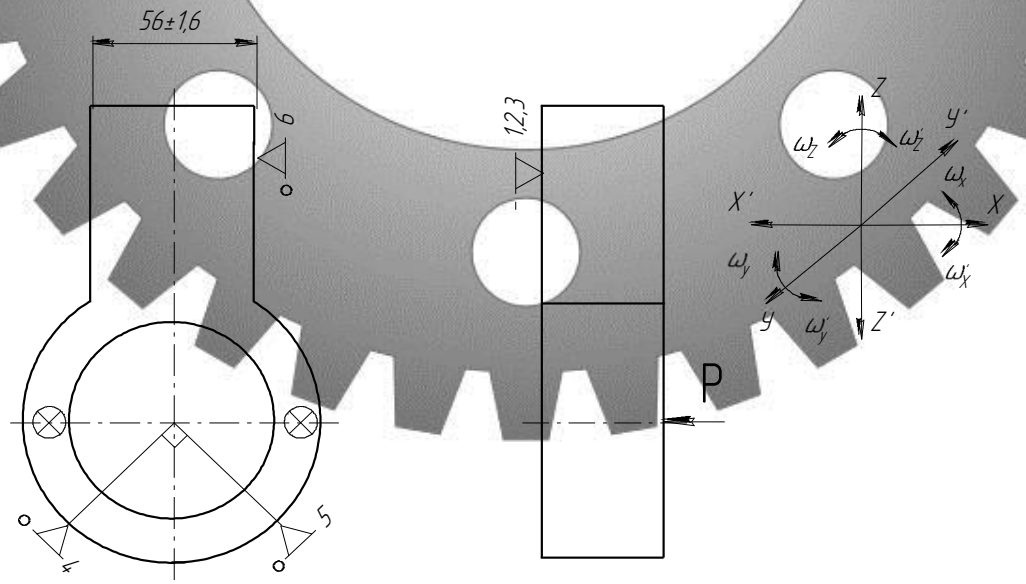


Рисунок 7.2 – Схема базування по другому варіанту

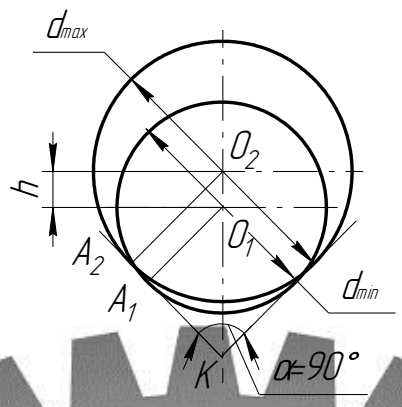


Рисунок 7.3 – Схема установлення заготовки плунжера

$$\varepsilon_{\delta_{b2}} = KO_2 - KO_1 = O_2A_2/\sin(\alpha/2) - O_1A_1/\sin(\alpha/2) = \frac{d_{\max 1}}{2\sin(\alpha/2)} - \frac{d_{\min 2}}{2\sin(\alpha/2)}$$

$$= \frac{Td}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\alpha/2)} (мм)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

За другим варіантом поверхні базування мають достатню робочу площу, вони надають можливість зручного та простого закріплення деталі. Опорні точки плунжера розташовані відносно близько до поверхні обробки, чим вони забезпечують надійність закріплення. Поверхні базування за першиму варіантом мають набагато меншу площину, тому закріплення плунжера при цьому не так зручно. Точки опори вилучені від оброблюваної поверхні плунжера та розташовані занадто близько друг до друга. Це є істотним недоліком, тому що плунжер не може бути при цьому закріпленим жорстко і надійно.

$$\varepsilon_{\delta_{b2}} = \frac{4}{2} \cdot \frac{1}{\sin(90/2)} = 2{,}85 мм$$

$$\varepsilon_{\delta b_1} = 6 мм > \varepsilon_{\delta_2} = 2{,}85 мм$$

Приймемо 2-й варіант схеми базування.

Таблиця 7.1 – Таблиця зв'язку при базуванні плунжера

| Індекс зв’язка | x | x′ | y | y′ | z | z′ | $\omega_z$ | $\omega'_z$ | $\omega_y$ | $\omega'_y$ | $\omega_x$ | $\omega'_x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реакція | | R | R | R | | R | R | R | R | R | R | |

**Н**еобхідно позбавляти плунжер можливостей переміщатися по координатам Z , $\omega'_x$ , X.

7.7 Побудова функціональних структур верстатного пристрою

Функціональні структури проектованого пристроя наведемо на мал. 7.4.

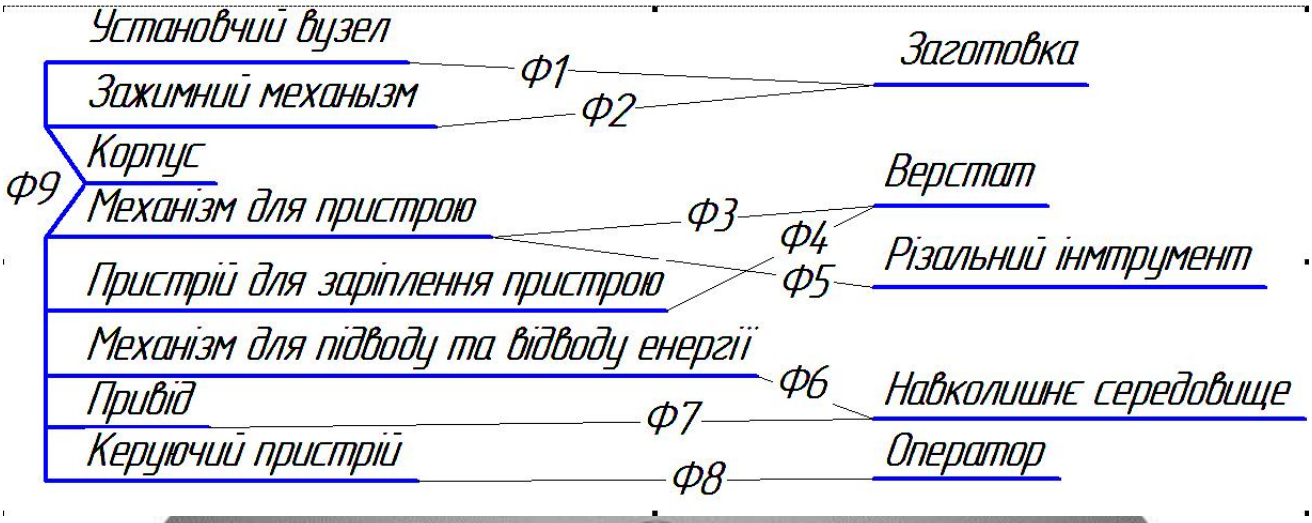


Рисунок 7.4 – Схема функціональної структури

7.8 Обґрунтування і розробка схеми закріплення

З рисунків 7.5 та 7.6 видно, що силові потоки, виникаючі при обробці плунжера, створюють напругу розтягування зі скручуванням. Можливо

скорочення довжини силових потоків в заготовці, бо місце дії зрівноважувальних сил розташовано близько до місця виникнення сил збурюючих.

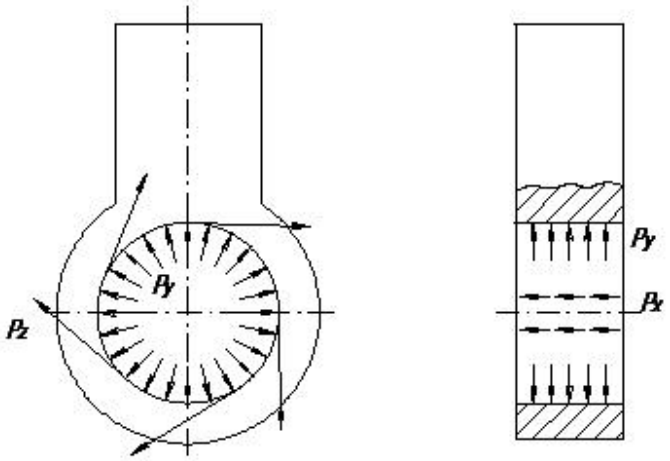


Рисунок 7.5 – Структура полів сил збурюючих

Особливі вимоги до структурної однородності полів силових не виникають завдяки значній твердості плунжера, що гасить ці напруги, не викликаючи її деформації.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

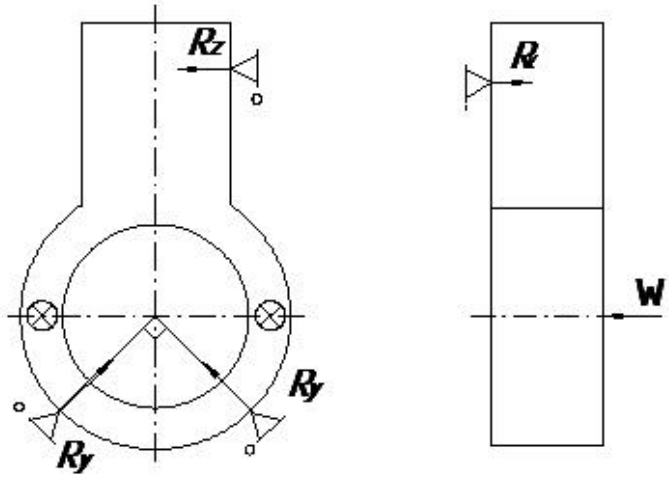


Рисунок 7.6 – Структура полів сил зрівноважувальних

Впливом неоднорідності шорсткості технологічних баз можна зневажати, крім того з механізованим пневмоприводом гарантується сталість сил

закріплення. Тоді можна похибку закріплення на діаметральний розмір $E_{3Ø117}$ =0 зрівняти нулю.

Зробим таблицю для аналізування структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки плунжера.

Фактично можна не побоюватися відхилень розмірів та розташування поверхонь при закріпленні, бо плунжер відрізняється дуже великою твердістю.

Відсутнім є зв'язок Z, але його забезпечує побічно сила W закріплення.

Таблиця 7.2 – Таблиця зв'язку після закріплення

| Індекс зв'язку | | x | x′ | y | y′ | z | z′ | $\omega_x$ | $\omega'_x$ | $\omega_y$ | $\omega'_y$ | $\omega_z$ | $\omega'_z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Спосіб реалізацій | Реакція | | R | R | R | | R | R | | R | R | R | R |
| | Сила закріплень W | W | | | | | | | | W | W | W | W |
| | Сила F(W) | | | | | | | | F | | | | |

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Зробимо розрахунок сили закріплення плунжера.

Сили закріплення розраховано за допомогою компьютерної програми «Сили закріплення». За результатами розрахунків маємо величину W=5515 Н (роздруківка у додатку Г).

Обґрунтування вибору привода.

Параметри пневмоциліндра розраховано за допомогою компьютерної програми «Privod» (роздруківка у додатку Д).

## 7.9 Точнісний розрахунок проектованого пристрою

Параметр торцевого биття чотирьох поверхонь установлювальних опор, розташованих на діаметрі 146 мм, є розрахунковим параметром. Він і забезпечує

перпендикулярність торця плунжера відносно отвору деталі. Тоді допуск перпендикулярності становить $T_{54,6}$=62 мкм.

Відносно бази, що є посадковим конусом токарного патрона, задамо торцеве биття поверхонь. Тоді припустимі похибки виготовлення опор за параметром торцевого биття матимуть значення:

$$\varepsilon_{пр\uparrow 146} \le T_{54,6} - K_T \times \sqrt{\left(K_{T1} \times \varepsilon_{б1,6}\right)^2 + \varepsilon_{ПОЗ}^2 + \varepsilon_З^2 + \varepsilon_{Изн}^2 + \varepsilon_У^2 + \varepsilon_П^2 + +\left(K_{T2} \times \varpi\right)^2}, \qquad (7.1)$$

де: $К_{т1}$ – коефіцієнт, дорівнючий 0,8 - 0,86 [14];

$К_т$ – коефіцієнт розподілу нормального, Кт =1,2 [14];

$\varepsilon_{б146}$ – є похибкою базувань плунжера, $\varepsilon_{б146}$ =0;

$\varepsilon_з$ =0 – похибка закріплень плунжера;

$\varepsilon_п$ =0 – похибка перекоса інструмента [14];

$\varepsilon_у$ = 33 мкм – похибка встановлення пристроя на верстаті;

$\varepsilon_{изн}$=0 – похибка зносу установлювальних елементів, маємо рівномірне зношування;

$К_{т2}$ =0,6 – коефіцієнт похибок обробки [14];

ω =30 мкм – середнє значення економічної точності обробки [14];

$\varepsilon_{поз}$ =0– це похибка позиціювань шпинделя [14].

Тоді маємо:

$$\varepsilon_{пр\uparrow Ø146} \le 60 - 1.2\sqrt{0^2 + 0^2 + 33^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 30)^2 + 0^2} = 17 \text{ мкм}$$

Відповідно до стандартного ряду приймемо $\varepsilon_{пр\uparrow Ø146}$ = 16 мкм.

Технічні вимоги та технічна характеристика до виготовлення пристроя наведені на складальному кресленні пристрою.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

## 7.10 Описання конструкції пристроя і принципа дії його

Базування проектованого пневматичного патрона здійснюється за посадковим конусом та торцем фланця шпинделя. Його встановлюють на посадковому конусі шпинделя токарського верстата моделі 1М63Б. Закріплення патрона здійснюють за допомогою поворотної байонетній шайби 10 із чотирма гвинтами 11 з гайками 30. Крутного момента від патрона до шпинделя передають за допомогою круглої шпонки, яка кріпиться на торці фланця шпинделя. Шайба дозволяє швидко знімати патрон, закріплювати його, і це забезпечує значну точність центрування, підвищуєься жорсткість сполучення деталей патрону.

Закріплюють встановлюваний плунжер двома прихватами 16, які поєднані з диском 3 шляхом переміщення штока 9. Корпус проектованого пристрою утворюється з'єднанням двох різних планшайб 3 і 5, а також циліндру 4 за допомогою болтів 22 з 21. Шток поєднаний з проміжною тягою 8, яка з'єднується із штоком пневмоцилиндра. Заготовку базують торцем на 4-ох опорах 17, а зовнішньою циліндричною поверхнею – по 2-ох упорах 7, площиною хвостовика – за 1 упором 7. Поєднання шпинделю з пневмоцилиндром здійснюється за допомогою втулки спеціальної 19. До пневмоцилиндра подають стиснене повітря через повітряпідводящу муфту, що обертається.

На спеціальній планшайбі 5 встановлюється противага 18 за допомогою болтів 20. Для запобігання самовідгвинчувань штока використовують запобіжний пристрій, який складається з гвинтів 26, пружин 29, кульок 31. Отвір в патроні закривається кришкою 6 гвинтами 27 та 24. Прихвати при цьому центруються зі втулкою 14, а диск 13 – за штифтом 32. У відповідну порожнину пневмоциліндру здійснюється подача стисненого повітря, у результаті чого переміщуються вправо прихвати, які здійснюють розкріплення плунжера у патроні.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

# ВИСНОВКИ

Наведена випускна кваліфікаційна робота бакалавра містить розробку двох операцій, а саме токарно-гвинторізної 020 і фрезерної 095 процесу виготовлення деталі «Плунжер 352.23.01.04». У кваліфікаційній роботі ми провели аналіз технічних вимог по виготовленню деталі «Плунжер 352.23.01.04» для оцінювання відповідностей оформлянь креслень заданої деталі вимогам стандартів, зроблено детальний аналіз службового призначення машини-виробу.

Було визначено дрібносерійного типу виробництва. Обгрунтовано та спроектовано метод одержання заготовки литтям в піщані форми з машинним формованням. Такий спосіб лиття має зменшити витрати у порівнянні при виготовленні «Плунжера» з литтям в кокіль.

Згідно із завданням проведено аналізування технологічності за якісними ознаками «Плунжера».

Розрахунок припусків на обробку провели для діаметральної поверхні $\varnothing 120H8(^{+0.054}$), також було зпроаналізовани варіанти базування деталі «Плунжер» на двох операціях (фрезерній 095 і токарно-гвинторізній 020). Обгрунтувані використоване обладнання, інструменти і технологічна оснастка на двох операціях.

Також для операцій 095 фрезерної та 020 токарно-гвинторізної були розраховані необхідні режими різання, виконано розрахунки технічного нормування двох операцій.

Було оформлено карти технологічного процесу для технології виготовлення плунжера 352.23.01.04.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів