

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ 35.17.3"**

08-64.МКР.011.00.000.ПЗ

Виконав: студента 2-го курсу, групи 1ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Косик

Косик А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Сухоруков С.І.

(прізвище та ініціали)

« 8 »

згодом

2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Макарова Т.В.

(прізвище та ініціали)

« 13 »

12

2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

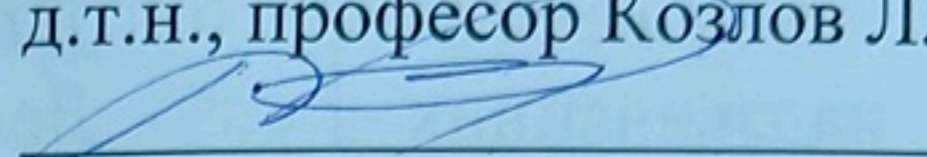
(прізвище та ініціали)

« 15 »

12

2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13-Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«16» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Косику Артему Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Вал 35.17.3"

керівник роботи Сухоруков Сергій Іванович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року №274

2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі Вал 35.17.3

Матеріал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

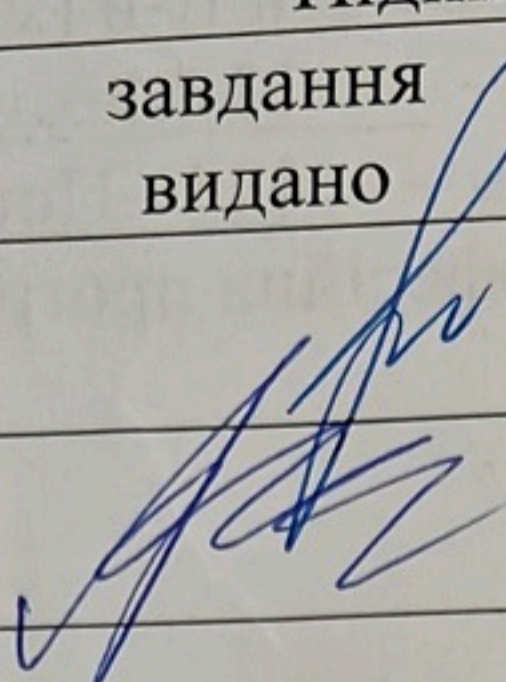
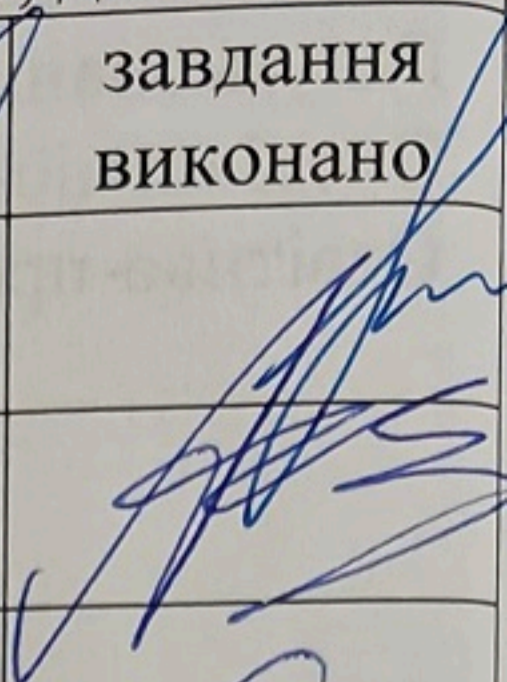
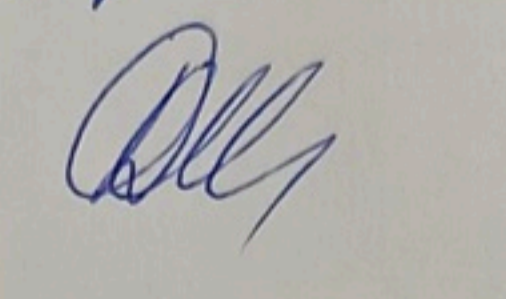
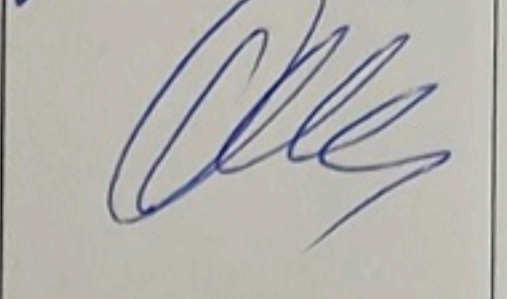
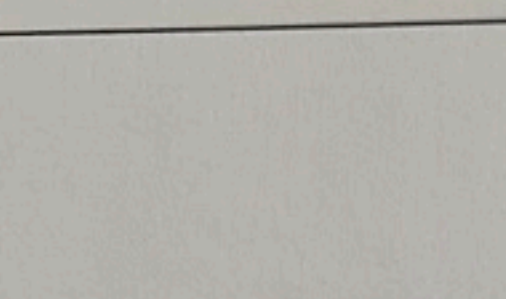
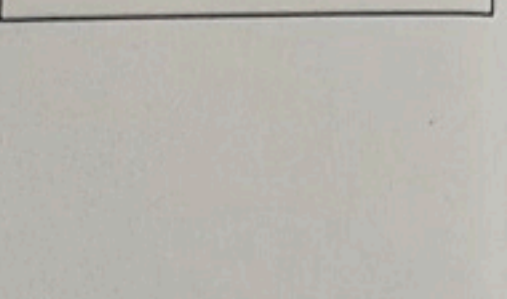
Програма випуску N=3000 шт.

4. Зміст текстової частини: Огляд відомих літературних джерел та шляхи вирішення технічної проблеми; Технологічна частина; Економіка виробництва; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

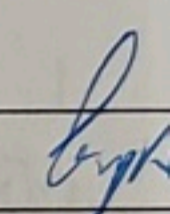
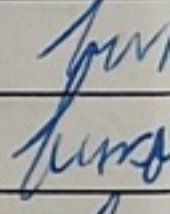
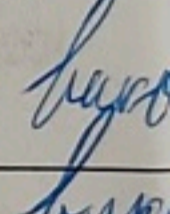
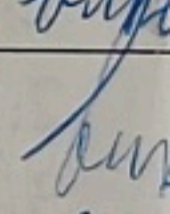
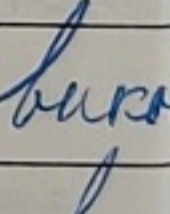
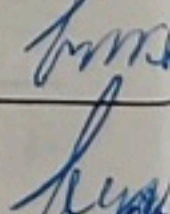
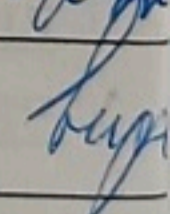
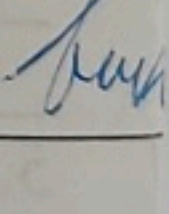
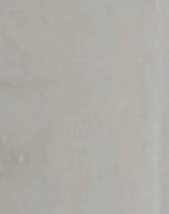
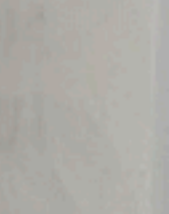
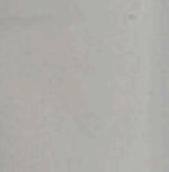
Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки, розмірний аналіз, карта налагоджень, ділянка механічної обробки, техніко-економічне порівняння ТП, компоновка РТК, циклограма роботи РТК

6. Консультанти розділів роботи

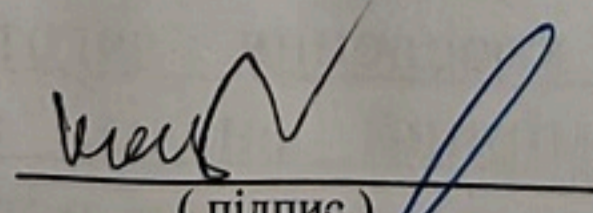
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|--|--|
| | | завдання видано | завдання виконано |
| Основна частина | к.т.н., доц. Сухоруков С.І. |  |  |
| Економічна частина | к.т.н., проф. Лесько О.Й. |  |  |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | д.пед.н., проф. Дембіцька С.В. |  |  |

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року

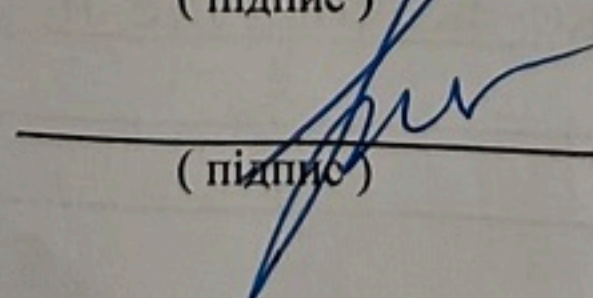
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Прим |
|-------|---|-------------------------------|---|
| 1 | Визначення об'єкту та предмету дослідження | до 25.10.23 |  |
| 2 | Аналіз відомих рішень, постановка задач | до 25.10.23 |  |
| 3 | Розв'язання поставлених задач | до 20.10.23 |  |
| 4 | Формування висновків по роботі, практичної цінності результатів | до 20.11.23 |  |
| 5 | Виконання розділу «Економічна частина» | до 25.11.23 |  |
| 6 | Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» | до 25.11.23 |  |
| 7 | Попередній захист МКР | до 02.12.23 |  |
| 8 | Перевірка роботи на плагіат | до 04.12.23 |  |
| 9 | Нормоконтроль МКР | до 13.12.23 |  |
| 10 | Рецензування МКР | до 13.12.23 |  |
| 11 | Захист МКР | до 20.12.23 |  |

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Косик А.А.

Сухоруков С. І.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Косик А. А. Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Вал 35.17.3". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма - Технології машинобудування, Вінниця: ВНТУ, 2023. 128 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 22; табл. 33.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено аналіз сучасного стану та проблем автоматизації машинобудівного виробництва. Визначено межі застосування промислових роботів для автоматизації операцій та підвищення продуктивності роботи.

В технологічній частині деталі "Вал 35.17.3" визначено тип виробництва – дрібносерійне та організацію роботи – групова. У якості способу виготовлення заготовки вибрано калібрований прокат. Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 90 \text{ m}7$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Розраховані режими різання для обробки поверхонь. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми.

Для операції 015 операції - Фрезерна з ЧПК було проведено автоматизацію робочого місця. Для цього було застосовано роботизований технічний комплекс у складі промислового робота та тактового столу.

У розділі охорони праці проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці.

В економічній частині проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Графічна частина складається з 9 листів та плакатів.

Ключові слова: автоматизація виробництва, технологічний процес механічної обробки, роботизовані технологічні комплекси.

ABSTRACT

Kosyk A. A. Improvement of the technological process of manufacturing and processing of the workpiece "Shaft 35.17.3". Master's qualification work in the specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Technologies of Mechanical Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2023. 128 p. In Ukrainian language. Bibliogr .: 26 titles; fig .: 22; table 33.

In the master's qualification work, an analysis of the current state and problems of automation of machine-building production was carried out. The limits of the application of industrial robots for automating operations and increasing work productivity are determined.

In the technological part of the "Shaft 35.17.3" part, the type of production is determined - small series and the organization of work - group. Calibrated rolling was chosen as the method of manufacturing the workpiece. The dimensional analysis of the developed technological process of mechanical processing was carried out. For the size $\varnothing 90\text{ m}7$, allowances and technological dimensions for mechanical processing are defined. Calculated cutting modes for surface treatment. Technical standards are calculated for all machining operations.

Automation of the workplace was carried out for operation 015 of the operation - Milling. For this, a robotic technical complex consisting of an industrial robot and a clock table was used.

The labor protection section analyzed technical solutions for safe operation of the facility. The indicators of the microclimate at the workplace were determined.

In the economic part, the efficiency of the invested investments and their payback period were calculated.

The graphic part consists of 9 letters and posters.

Keywords: automation of production, technological process of mechanical processing, robotic technological complexes

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 4 |
| 1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПО ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА | 6 |
| 1.1 Індустрія 4.0..... | 6 |
| 1.2 Автоматизація виробництва | 8 |
| 1.3 Роботизовані технологічні комплекси | 11 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 13 |
| 2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи | 13 |
| 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі | 19 |
| 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки | 22 |
| 2.4 Розробка маршруту механічної обробки | 28 |
| 2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу..... | 35 |
| 2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 90m7$ | 41 |
| 2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки | 46 |
| 2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій | 48 |
| 2.9 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження..... | 51 |
| 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ | 57 |
| 3.1 Вибір основного обладнання..... | 57 |
| 3.2 Розробка алгоритму виконання операцій | 57 |
| 3.3 Вибір промислового робота (ПР) для РТК | 63 |
| 3.4 Проектування захватного пристрою | 65 |
| 3.5 Розмірний аналіз на точність позиціонування деталі | 68 |
| 3.6 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів ПР | 70 |
| 3.7 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення заготовки | 72 |
| 3.8 Розробка алгоритму роботи РТК та побудова циклограми функціонування РТК..... | 74 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.9 | Визначення основних показників роботизованного технологічного комплексу | 78 |
| 4 | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 80 |
| 4.1 | Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи | 80 |
| 4.2 | Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії | 82 |
| 4.3 | Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка обстановки в умовах дії загрозливих факторів НС | 87 |
| 5 | ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 91 |
| 5.1 | Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи | 91 |
| 5.2 | Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки | 93 |
| 5.3 | Прогноз попиту на інноваційне рішення | 96 |
| 5.4 | Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування | 97 |
| 5.5 | Виявлення основних конкурентів | 97 |
| 5.6 | Обрання методу ціноутворення | 98 |
| 5.7 | Оцінка рівня якості інноваційного рішення | 98 |
| 5.8 | Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення | 101 |
| 5.9 | Прогнозування витрат на виконання роботи | 102 |
| 5.10 | Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки | 108 |
| 5.11 | Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності | 110 |
| | ВИСНОВКИ | 114 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 115 |
| | Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ | 118 |
| | Додаток Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА | 119 |

ВСТУП

В роботі розглядаються питання удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Вал 35.17.3".

На даний час велику увагу приділяють автоматизації виробництва, яка є одним з основних чинників сучасної науково-технічної революції. Велика частка витрат часу на продуктивні роботи, при виготовлення машин і тривалість загального циклу виробництва, роблять особливо актуальною проблему автоматизації виробничих робіт. Основна проблема, яка характерна для механічної обробки деталей різного типу, це визначення можливого рівня автоматизації виробничого процесу.. Тому питання автоматизації виробництва стають дуже актуальними.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Вал 35.17.3" за рахунок використання верстатів з числовим програмним керуванням та засобів автоматизації.

Для досягнення вказаної мети в роботі були поставлені і вирішені такі завдання:

- аналіз сучасних методів автоматизації виробництва;
- аналіз конструкції деталі та заготовки;
- аналіз конструкції заготовки деталі "Вал 35.17.3" та методів їх виготовлення;
- модернізація маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів та комплексів;
- визначення точності виготовлення деталі на основі розмірного аналізу конструкції деталі та заготовки;
- розробка роботизованого технологічного комплексу;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- розрахунок економічної доцільності впровадження покращеного технологічного процесу.

Об'єкт дослідження: заготовка деталі «Вал 35.17.3».

Предмет дослідження: Методи виготовлення та обробки заготовки деталі «Вал 35.17.3».

Методи дослідження:

- аналітичний огляд сучасних методів автоматизації виробничих процесів;
- розрахунок режимів різання;
- розрахунок припусків на обробку плоских поверхонь за допомогою методу розмірних ланцюгів;

Наукова новизна одержаних результатів: набула подальшого розвитку методика автоматизації операцій технологічного процесу механічної обробки.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в удосконаленні маршруту механічної обробки заготовки деталі «Вал 35.17.3».

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: аналіз сучасних методів автоматизації виробничих процесів в машинобудуванні.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи розглядались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах наукової конференції [6] .

1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ

1.1 Індустрія 4.0

Розвиток промисловості можна простежити по поетапним революціям. Так, перша промислова революція (кінець 18 ст.) – це перехід від ручної праці до машинної, зростання числа фабрик, укрупнення дрібних виробництв мануфактури. Основною рисою промислової революції був чинник швидкого зростання виробничих сил з урахуванням великої машиною промисловості. Ця революція піднесла такі інновації як: текстильна промисловість, паровий двигун, металургія та ін.

Друга технологічна революція (1870 рік перша виробнича лінія) чи так звана «технологічна революція» є трансформацією у світовій промисловості. Її основними елементами вважаються впровадження безлічі технологічних новинок, таких як безсемерівського способу виплавки сталі та ін. , електрики, хімікатів, паперової та нафтової промисловості. В епоху другої промислової революції розвиток економіки було здебільшого засновано на наукових досягненнях, а не просто вдалих винаходах.

Третя технологічна революція (1969 рік - перший логічний контроллер) – «Інформаційні технології». Тобто, повсюдний перехід від аналогових технологій до цифрових, що розпочався у 1980-х роках і тривав у перші десятиліття ХХІ століття. Корінні зміни, пов'язані з широким поширенням інформаційно-комунікаційних технологій, що розпочалися в другій половині ХХ століття, і стали передумовами інформаційної революції, яка, у свою чергу, визначила процеси глобалізації та постіндустріальної економіки. Основні рушійні сили — широке поширення обчислювальної техніки, насамперед персональних комп'ютерів, всеосяжне проникнення Інтернету, масове застосування персональних портативних комунікаційних пристроїв.

Четверта промислова революція (2010 - інтернет речей), так звана "Industry 4.0".

Цю революцію передбачили вчені Провідних розвинених країн у 2011 році, ґрунтуючись на факторах виробництва, що бурхливо розвивається в Німеччині, США, Японії та Китаю. Дана революція визначена як засіб підвищення конкурентоспроможності обробної промисловості Німеччини, США, Японії та Китаю через посилену інтеграцію «кіберфізичних систем», або CPS (Cyber-Physical Systems) в заводські процеси. CPS – це по суті всеосяжний термін, який використовується в розмовах про інтеграцію невеликих підключених до Інтернету машин та людської праці. Керівники підприємств не просто переосмислюють принцип складальної лінії, а й активно створюють мережу машин, які будуть не лише виробляти товари з меншою кількістю помилок, а й зможуть автономно змінювати виробничі шаблони відповідно до потреби, залишаючись високоефективними

Основними елементами Індустрії 4.0 є [1]:

- Елементи Інтернету речей.
- Штучний інтелект, машинне навчання та робототехніка.
- Хмарні обчислення.
- Big DATA.
- Адитивне виробництво.
- Кібербезпека.
- Інтеграційна система.
- Моделювання
- Доповнена реальність.

Основними тенденціями розвитку Індустрії 4.0 [2]:

1. Децентралізація виробництва товарів хороших і ресурсів, і навіть набагато більш гнучке управління масштабом виробництва з метою зниження витрат.
2. Тотальне надання всім речам функцій штучного інтелекту, перетворення кожної речі на споживача та джерело інформації. Активна участь «розумних» речей у своєму власному конструюванні, створенні та ремонті.
3. Автоматизація послуг шляхом масового застосування штучного інтелекту — поступове перетворення усієї індустрії послуг на галузь, керовану взаємодією

клієнтського та сервісного штучного інтелекту з активним використанням «великих даних» як джерела інформації для передбачення та планування.

4. Швидке скорочення участі людини у взаємодії між речами.

5. Повсюдне створення інститутів та інфраструктури доповненої реальності та протоколів її спілкування з «розумними» речами та девайсами.

6. Швидке розширення «пасивного підприємництва» населення за рахунок розвитку електронних торгових систем та використання тих чи інших ресурсів домогосподарств та мешканців.

7. Тотальне розширення технології блокчейну та аналогічних.

8. Розвиток альтернативних мереж, подібних до інтернету, та їх інтеграція в інфраструктуру доповненої реальності.

1.2 Автоматизація виробництва

Автоматизацією виробничого процесу називають застосування енергії неживої природи в виробничому процесі або його складових частинах для їх виконання та управління ними без безпосередньої участі людей. Розрізняють автоматизацію виробництва трьох рівнів: часткову, комплексну і повну. Часткова автоматизація обмежується автоматизацією окремих операцій технологічного процесу, наприклад, з використанням верстатів з автоматичним управлінням, в тому числі верстатів з ЧПК [3]. Комплексна автоматизація - це автоматизація виробничих процесів виготовлення деталей і складання з використанням автоматичних систем машин: автоматичних ліній, гнучких виробничих систем (ГВС). Повна автоматизація - це найвищий ступінь автоматизації, при якій всі функції контролю та управління виробництвом виконуються автоматами.

Ступінь автоматизації виробничого процесу визначається необхідною часткою участі оператора в управлінні цим процесом. При повній автоматизації присутності людини протягом визначеного періоду часу взагалі не потрібно. Чим більше цей час, тим вище ступінь автоматизації.

Технічні переваги автоматично керованих виробничих систем порівняно з

аналогічними системами з ручним керуванням наступні: більш високу швидкість, дозволяють підвищувати швидкості протікання процесів, а отже, і продуктивність виробничого обладнання; більш високе і стабільну якість управління процесами, що забезпечує висока якість продукції при більш економному витрачанні матеріалів і енергії; можливість роботи автоматів у важких, шкідливих і небезпечних для людини умовах; стабільність ритму роботи, можливість тривалої роботи без перерв внаслідок відсутності стомлюваності, властивої людині.

Економічні переваги, що досягаються при використанні автоматичних систем у виробництві, є слідством технічних переваг. До них можна віднести: можливість значного підвищення продуктивності праці; більш економічне використання ресурсів (праці, матеріалів, енергії); більш високу і стабільну якість продукції; скорочення періоду часу від початку проектування до отримання виробу; можливість розширення виробництва без збільшення трудових ресурсів.

Підвищення продуктивності праці при автоматизації виробництва може бути досягнуто таким чином: по-перше, завдяки повнішому використанню календарного часу при цілодобовій автоматичній роботі устаткування; по-друге, внаслідок підвищення швидкості протікання процесів, що не обмежується можливостями людини; по-третє, внаслідок вивільнення обслуговуючого персоналу.

Виробничий процес можна характеризувати великою кількістю техніко-економічних характеристик. У числі найбільш важливих характеристик можна виділити: вид і кількість продукції, що виробляється, якість, продуктивність, гнучкість, ступінь автоматизації, ефективність виробничого процесу.

Ступінь автоматизації виробничих процесів оцінюється відношенням часу автоматичної роботи до розглянутого періоду, часу. Залежно від того, який проміжок часу розглядається, розрізняють циклову, робочу і експлуатаційну ступеня автоматизації.

Циклова ступінь автоматизації - відношення часу автоматичної роботи t_a протягом циклу до повного часу циклу $t_{\text{ц}}$ [4]:

$$K_{II} = \frac{t_a}{t_{\psi}}$$

Робоча ступінь автоматизації - відношення частки штучного часу автоматичної роботи до всього штучному часу:

$$K_P = \frac{t_a}{t_{um}}$$

Експлуатаційна ступінь автоматизації - відношення суми часів автоматичної роботи протягом розрахункового періоду часу (змiна, місяць, квартал, рік) до розрахункового періоду часу експлуатації:

$$K_E = \frac{t_a}{t_e}$$

Ступінь автоматизації - безрозмірний показник, що дозволяє кількісно оцінити рівень автоматизації окремої машини, системи машин або виробничого процесу.

Комплексно-механізоване та автоматизоване потокове виробництво - це система машин, устаткування, транспортних засобів, що забезпечує строго узгоджене в часі виконання всіх стадій виготовлення виробів, починаючи від отримання вихідних заготовок і закінчуючи контролем (випробуванням) готового виробу і випуску продукції через рівні проміжки часу. Спочатку були створені автоматичні лінії і жорсткі заводи-автомати. З появою електронно-програмного управління створювалися верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), обробні центри і автоматичні лінії, що містять як компонента обладнання з програмним управлінням.

1.3 Роботизовані технологічні комплекси

Прогресивна область техніки - робототехніка. Вона вирішує завдання створення окремих промислових роботів і роботизованих об'єктів і процесів. Промислові роботи першого покоління (автоматичні маніпулятори) працюють за заданою "жорсткої" програмі. Промислові роботи другого покоління оснащені системами адаптивного управління, представлені різними сенсорними пристроями і програмами обробки сенсорної інформації. Роботи третього покоління дозволяють виконувати найскладніші функції при заміні у виробництві людини, оскільки вони володіють штучним інтелектом [5].

Роботи-маніпулятори мають механічну "руку", керовану з пульта управління, і систему важелів і двигунів, що приводять її в дію. Найбільшого поширення набули маніпулятори з дистанційним керуванням і механічної "рукою" на рухомому або нерухомому підставі.

Промислові роботи мають перед людиною перевагу в швидкості і точності виконання одноманітних операцій, маніпулятор може здійснювати такі рухи, які людина не може виконати фізично.

Роботи-автомати окрім "рук" мають "електронний мозок" - мініатюрну спеціалізовану електронно-обчислювальну машину, яка управляє роботом по заданій програмі з урахуванням зміни навколишнього оточення.

Сьогодні роботи успішно замінюють людини на хімічних підприємствах і в наукових лабораторіях, де доводиться мати справу з шкідливими хімічними або радіоактивними речовинами, на атомних електростанціях, в приміщеннях з підвищеним рівнем радіації, в кувалдських цехах для роботи з розпеченими і важкими заготовками, на морському дні при будівельних роботах і в інших випадках.

Принциповою відмінністю робототехніки є її широка універсальність (багатофункціональність) і гнучкість (мобільність) при переході на виконання інших, принципово нових операцій без додаткових витрат.

Різноманітність виробничих процесів зумовлює різні типи роботизованих

технологічних комплексів (РТК). Найпростішим типом РТК є роботизована технологічна осередок (РТО), в якій виконується невелика кількість технологічних операцій. РТО лежить в основі більш великих роботизованих комплексів: роботизованої технологічної ділянки (РТД), роботизованої технологічної лінії (РТЛ). РТК може бути представлений у вигляді цеху, що складається з декількох РТД, автоматизованих складів і транспортних промислових роботів. Вищою формою розвитку роботизованого виробництва є роботизований завод.

В результаті впровадження роботів змінюється організація управління технологічними процесами, ліквідуються ручні операції, скорочуються міжопераційні запаси предметів, підвищується продуктивність праці та якість продукції за рахунок зменшення впливу "людського" фактору [6].

Критерієм функціонування РТК є умова найбільш повного завантаження включеного до його складу обладнання. При вирішенні організаційно-економічних завдань використання РТК важливо забезпечити безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість РТК.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу виробництва та форми організації роботи

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій [7]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Найбільш характерними переходами механічної обробки деталі “Вал 35.17.3” є:

- точіння поверхні $\varnothing 90m7$ попереднє (12 квалітет);
- точіння поверхні $\varnothing 90m7$ попереднє (9 квалітет);
- точіння поверхні $\varnothing 90m7$ остаточне (7 квалітет);
- точіння поверхні $\varnothing 85k6$ попереднє (12 квалітет);
- точіння поверхні $\varnothing 85k6$ попереднє (9 квалітет);
- точіння поверхні $\varnothing 85k6$ попереднє (7 квалітет).

Визначаємо основний час механічної обробки $T_{осн}$. Наприклад для для попереднього точіння $T_{осн}$ розраховуємо за формулою:

$$T_o = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =, [\text{хв}] \quad (2.2)$$

де l, d – довжина та діаметр оброблюваної поверхні.

Тоді

$$T_{осн1} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 90 \cdot 131 \cdot 10^{-3} = 2,004 \text{ (хв)};$$

$$T_{осн2} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 90 \cdot 131 \cdot 10^{-3} = 2,122 \text{ (хв)};$$

$$T_{осн3} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 90 \cdot 131 \cdot 10^{-3} = 2,358 \text{ (хв)};$$

$$T_{осн4} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 85 \cdot 62 \cdot 10^{-3} = 0,896 \text{ (хв)};$$

$$T_{\text{осн5}} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 85 \cdot 62 \cdot 10^{-3} = 0,949 \text{ (хв)};$$

$$T_{\text{осн6}} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 85 \cdot 62 \cdot 10^{-3} = 1,054 \text{ (хв)}.$$

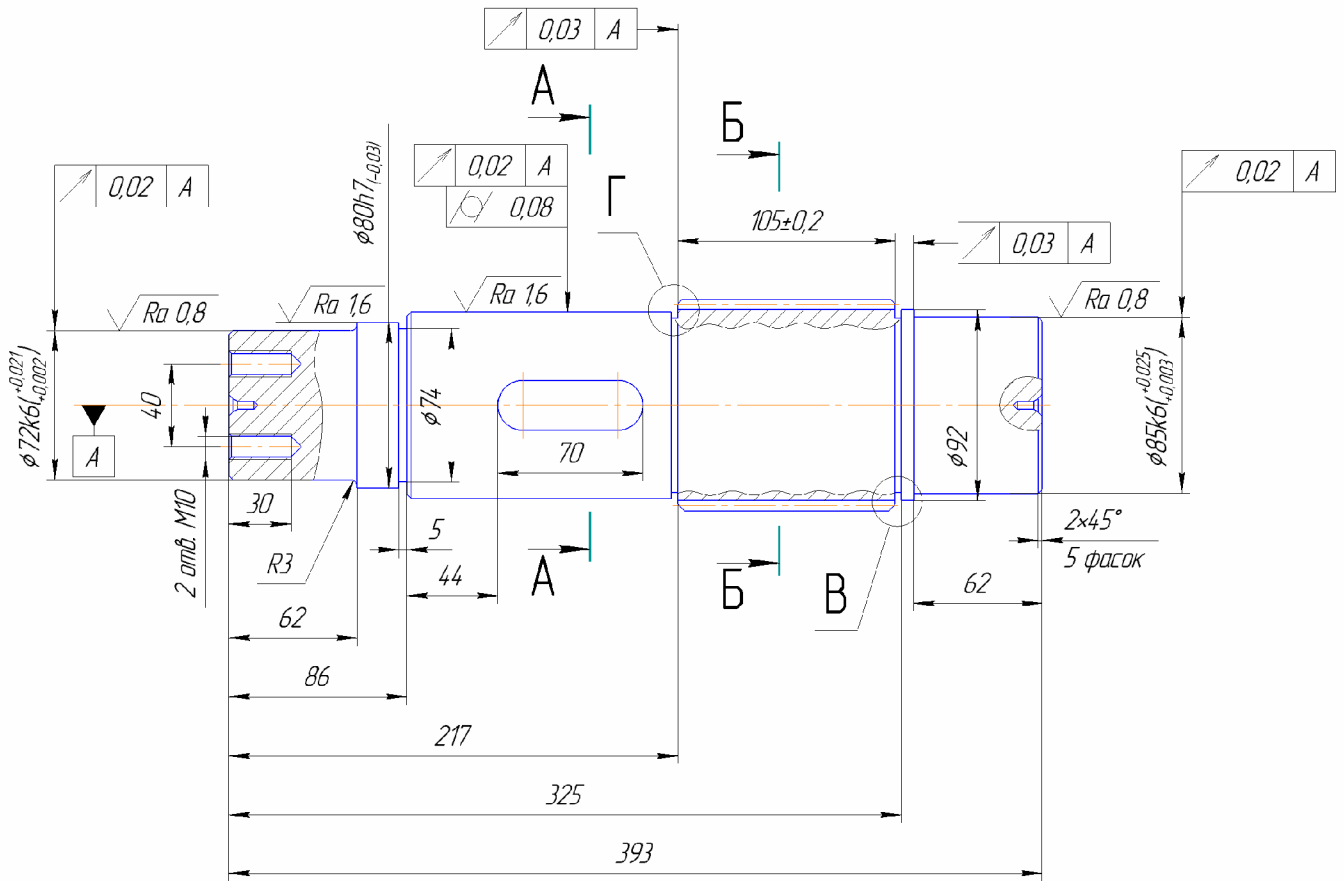


Рисунок 2.1 – Характерні поверхні деталі Вал 35.17.3

Попередньо приймаємо тип виробництва середньосерійний.

Визначено $T_{\text{шт-к}}$:

$$T_{\text{шт-к}} = T_0 \cdot \phi_k \text{ [хв]} \quad (2.3)$$

де ϕ_k – коефіцієнт,

T_0 – основний час, що витрачається на обробку відповідної поверхні.

Програма випуску деталі "Вал 35.17.3" $N = 3000$ шт, а маса деталі – 18,458 кг, тому попередньо приймаємо виробництво середньосерійне. Визначаємо штучно-

калькуляційний час

$$T_{шт-к1} = T_{осн1} \cdot \varphi_k = 2,004 \cdot 2,14 = 4,289 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к2} = T_{осн2} \cdot \varphi_k = 2,122 \cdot 2,14 = 4,541 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к3} = T_{осн3} \cdot \varphi_k = 2,358 \cdot 2,14 = 5,046 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к4} = T_{осн4} \cdot \varphi_k = 0,896 \cdot 2,14 = 1,917 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к5} = T_{осн5} \cdot \varphi_k = 0,949 \cdot 2,14 = 2,031 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к6} = T_{осн6} \cdot \varphi_k = 1,054 \cdot 2,14 = 2,255 \text{ (хв)}.$$

Визначаємо кількість верстатів [8]:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \text{ [шт]} \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску деталі;

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год.);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (за умов серійного виробництва $\eta_{з.н.} = 0,75 \dots 0,85$).

Розраховуємо кількість верстатів:

$$C_{p1} = \frac{3000 \cdot 4,289}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,066 \text{ (шт)};$$

$$C_{p2} = \frac{3000 \cdot 4,451}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,068 \text{ (шт)};$$

$$C_{p3} = \frac{3000 \cdot 5,046}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,077 \text{ (шт)};$$

$$C_{p4} = \frac{3000 \cdot 1,917}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,029 \text{ (шт)};$$

$$C_{p5} = \frac{3000 \cdot 2,031}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,031 \text{ (шт);}$$

$$C_{p6} = \frac{3000 \cdot 2,255}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,035 \text{ (шт).}$$

Приймаємо кількість верстатів $P = 1$.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.5)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на відповідному робочому місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.6)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

$$O_1 = \frac{0,8}{0,066} = 12,12;$$

$$O_2 = \frac{0,8}{0,068} = 11,76;$$

$$O_3 = \frac{0,8}{0,077} = 10,39;$$

$$O_4 = \frac{0,8}{0,029} = 26,7;$$

$$O_5 = \frac{0,8}{0,031} = 25,8;$$

$$O_6 = \frac{0,8}{0,035} = 22,86.$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях ΣO_i :

$$\Sigma O_i = 12,12 + 11,76 + 10,39 + 26,7 + 25,8 + 22,86 = 109,63.$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів: $\Sigma P = 6$.

Тоді коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ дорівнює:

$$K_{з.о.} = 109,63/6 = 18,24.$$

Остаточно приймаємо тип виробництва – дрібносерійне.

Визначаємо форму організації роботи [9]:

$$N_{\partial} = \frac{N}{255}, [\text{хв}] \quad (2.7)$$

де 255 – кількість робочих днів в році;

$$N_{\partial} = \frac{3000}{255} = 11,76 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_{\partial} = 12$ шт.

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к.сер} \cdot \eta_3}, [\text{шт}] \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к.сер.}$ – середній штучно-калькуляційний час для всіх переходів, хв.;

F_{∂} – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\partial} = 952$ хв.),

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.9)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання і-го переходу, хв.;

$\sum n$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{4,289 + 4,451 + 5,046 + 1,917 + 2,031 + 2,255}{6} = 3,331 \text{ (хв)},$$

$$Q_d = \frac{952}{3,331} \cdot 0,85 = 242,9 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $Q_d = 243$ шт.

Обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot t}{255}, [\text{шт}] \quad (2.10)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (3 дні).

$$n = \frac{3000 \cdot 3}{254} = 35,43 \text{ (шт)}. \text{ Приймаємо } 35 \text{ шт.}$$

Кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях.

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_{сер}} \cdot n}{476 \cdot \eta_3}, [\text{шт}] \quad (2.11)$$

$$C = \frac{3,331 \cdot 35}{476 \cdot 0,85} = 0,288 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $C_{зм. пр.} = 1$ зміна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску за прийнятою кількістю змін.

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot \eta_3 \cdot C_{зм. пр.}}{T_{шт-ксер}}, \text{ [шт]} \quad (2.12)$$

$$n = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{3,331} = 121,4 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $n_{пр.} = 121$ (шт).

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому розмір мінімальної партії виробів складає 121 шт.

2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Проведемо якісний аналіз деталі.

Деталь „Вал 35.17.3” є однією із деталей редуктора для кормозміщувача. Основне службове призначення деталі в передачі крутного моменту від шліцьової поверхні до поверхні встановлення зубчатого колеса $\varnothing 90m7$. Вал 35.17.3 встановлюється на підшипники по поверхні $\varnothing 72k6$ та $\varnothing 85k6$.

Основними конструкторськими базами деталі, є зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 72k6$ та $\varnothing 85k6$. Допоміжними конструкторськими базами є Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 90m7$ та шліцьова поверхня. Більшість інших поверхонь деталі є вільними поверхнями.

До нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори M10 та шпонковий паз.

Деталь має достатню жорсткість і може бути оброблена без застосування спеціальних інструментів.

Тип виробництва деталі „Вал 35.17.3” дрібносерійний, матеріал – Сталь 45 ДСТУ 7809:2015, тому як метод виготовлення заготовки вибираємо штампування. Цей метод забезпечить мінімальну механічну обробку та значну економію матеріалу.

Проведемо кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e \quad (2.11)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

| Лінійні розміри | Діаметральні розміри | Кутові розміри | Шорсткість |
|-----------------------|--|----------------------|-----------------------|
| 393 | $\varnothing 102f7_{-0.071}^{-0.036}$ | 45° (5 пов.) * | 6,3 (21 пов.) * |
| 325 | $\varnothing 92$ | | 3,2 (5 пов.) * |
| 217 | $\varnothing 92h12_{-0.35}$ | | 1,6 (5 пов.) * |
| 105±0,2 * | $\varnothing 90m7_{+0.013}^{+0.048}$ * | | 0,8 (2 пов.) * |
| 86 | $\varnothing 88,5$ | | |
| 70 | $\varnothing 86,5$ | | |
| 62 | $\varnothing 85k6_{+0.003}^{+0.025}$ * | | |
| 62 | $\varnothing 80h7_{-0.03}$ * | | |
| 44 | $\varnothing 74$ | | |
| 40 * | $\varnothing 72k6_{+0.002}^{+0.021}$ | | |
| 30 * | M10 (2 отв.) * | | |
| 24 * | R3 * | | |
| 14js7(±0,009) * | | | |
| 3 (3 проточки) * | | | |
| 2 (5 фасок) * | | | |
| $\Sigma_{заг.} = 21$ | $\Sigma_{заг.} = 13$ | $\Sigma_{заг.} = 5$ | $\Sigma_{заг.} = 33$ |
| $\Sigma_{уніф.} = 13$ | $\Sigma_{уніф.} = 5$ | $\Sigma_{уніф.} = 5$ | $\Sigma_{уніф.} = 33$ |

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{13 + 5 + 5 + 33}{21 + 13 + 5 + 33} = 0,777$$

Оскільки $0,777 \geq 0,6$, то деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{4,78} = 0,209.$$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{157,9}{33} = 4,78$$

Оскільки $0,209 < 0,32$, тому деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості.

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь деталі

| Шорсткість (розміри) | Кількість поверхонь | Розрахунок |
|--|---------------------|------------------------|
| 0,8 (Ø72k6, Ø85k6) | 2 | $0,8 \cdot 2 = 1,6$ |
| 1,6 (Ø90m7, Ø80h7; Ø102f7; 14js7 – 2 пов.) | 5 | $1,6 \cdot 5 = 8$ |
| 3,2 (86, 105±0,2, 24 – 2 пов.) | 5 | $3,2 \cdot 5 = 16$ |
| 6,3 (всі інші) | 21 | $6,3 \cdot 21 = 132,3$ |
| Сума | 33 | 157,9 |

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,303} = 0,911,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

Таблиця 2.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

| Квалітет (розміри) | Кількість поверхонь | Розрахунок |
|---------------------------------|---------------------|-------------|
| 6 (Ø85k6, Ø72k6) | 2 | 6·2 = 12 |
| 7 (Ø102f7, Ø90m7, Ø80h7, 14js7) | 4 | 7·4 = 28 |
| 9 (10H9) | 1 | 9·1 = 9 |
| 12 (27 пов.) | 27 | 12·27 = 324 |
| Сума | 33 | 373 |

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{373}{33} = 11,303$$

Оскільки $0,911 > 0,8$ ($K_T > 0,8$), то деталь технологічна по коефіцієнту точності.

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.

Дана деталь – Вал 35.17.3 випускається в умовах дрібносерійного виробництва, оскільки маса деталі 18,458 кг (середні деталі масою від 10 кг), а програма випуску $N = 3000$ шт. (в межах 2000 – 5000 шт.) [10].

Так як матеріал деталі Сталь 35, то методом виготовлення деталі є штампування.

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовок можна зробити висновок, що для даного типу виробництва найбільш доцільним та економічним будуть такі способи виготовлення заготовки, як штампування на ГKM та з прокату, оскільки перепади діаметрів поверхонь незначні і контур деталі за своєю конфігурацією наближається до профілю прокату.

Проведемо розрахунок параметрів штампування на ГKM [5]. Отримані дані занесемо в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Вихідні дані штампування на ГKM

| Вихідні дані (норми точності) | Обробка на ГKM | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Згідно з ГОСТ 7505-89 | | | | | Прийнято | | | | |
| Клас точності | Т4 – Т5 | | | | | Т4 | | | | |
| Група матеріалу | М2 | | | | | М2 | | | | |
| Ступінь складності | С1 | | | | | С1 | | | | |
| Індекс | 15 | | | | | 15 | | | | |
| Конфігурація пов. роз'єднан. | П | | | | | П | | | | |
| Припуски: | Розрахункові розміри, мм | | | | | | | | | |
| | Ø72k6 | Ø80h7 | Ø90m7 | Ø102f8 | Ø85k6 | 393 | 62 | 86 | 217 | 62 |
| Основні | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 2,3 | 2,3 | 2,7 | 2,3 |
| Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа | 0,5 | | | | | | | | | |
| Вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності | 0,8 | | | | | | | | | |
| Допуски: | Розміри заготовки, мм | | | | | | | | | |
| | Ø79,6 | Ø87,6 | Ø97,6 | Ø109,6 | Ø92,6 | 400,3 | 64 | 88 | 219, | 64 |
| Розмірів | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $3,6^{+2.4}_{-1.2}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $5,0^{+3.3}_{-1.7}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ | $4,0^{+2.7}_{-1.3}$ | $3,2^{+2.1}_{-1.1}$ |
| На зміщення по поверхні роз'єднання штампа | 1,2 | | | | | | | | | |
| На радіальне биття | 1,6 | | | | | | | | | |
| Радіус заокруглень | 1,0 | | | | | | | | | |
| Висота облою | 1,4 | | | | | | | | | |

Згідно розрахунковим припускам визначаємо розміри заготовки:

$$72 + (2,5 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 79,6 \text{ (мм);}$$

$$80 + (2,5 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 87,6 \text{ (мм);}$$

$$90 + (2,5 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 97,6 \text{ (мм);}$$

$$102 + (2,5 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 109,6 \text{ (мм);}$$

$$85 + (2,5 + 0,5 + 0,8) \cdot 2 = 92,6 \text{ (мм);}$$

$$393 + 2 \cdot 3,0 + 0,5 + 0,8 = 400,3 \text{ (мм);}$$

$$62 + 3,0 - 2,3 + 0,5 + 0,8 = 64 \text{ (мм);}$$

$$86 + 3,0 - 2,3 + 0,5 + 0,8 = 88 \text{ (мм);}$$

$$217 + 3,0 - 2,3 + 0,5 + 0,8 = 219 \text{ (мм);}$$

$$62 + 3,0 - 2,3 + 0,5 + 0,8 = 64 \text{ (мм).}$$

Призначаємо технічні вимоги для штампування ГKM:

1. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні нахили 2^0 , радіуси 3 мм.
3. Допустимі зміщення по площині роз'єму 0,8.
4. Невказані допуски радіусів заокруглень 2,0 мм.

розраховуємо параметри заготовки з прокату.

Дану заготовку можна виготовити із круглого сортового прокату.

Габаритні розміри деталі: зовнішній діаметр $\varnothing 102$ мм та довжина 393 мм, тому доцільніше приймати круглий прокат.

Для дрібносерійного типу виробництва приймається відрізання прокату сортовими ножицями моделі Н1834.

Припуски на обробку поверхонь заготовки із прокату [5]:

1. Точити однократно $\varnothing 102$ припуск 1,1 мм;
2. Підрізати торці по розміру 393 припуск 1,5 мм.

$$102 + 1,1 \cdot 2 = 104,2 \text{ (мм),}$$

$$393 + 1,5 \cdot 2 = 396 \text{ (мм).}$$

Тобто необхідно підібрати стандартний (за ГОСТ) круглий прокат, який би мав такі параметри: зовнішній діаметр – від 104,2 мм і більше; довжина заготовки від 396 мм і більше.

Приймаємо сортовий прокат – Круг $\frac{105 \text{ ГОСТ } 1133-71}{45 \text{ ДСТУ } 7809:2015}$.

Вибираємо стандартний сортовий круглий прокат $\varnothing 105$ мм та довжиною

штучної заготовки 396 мм.

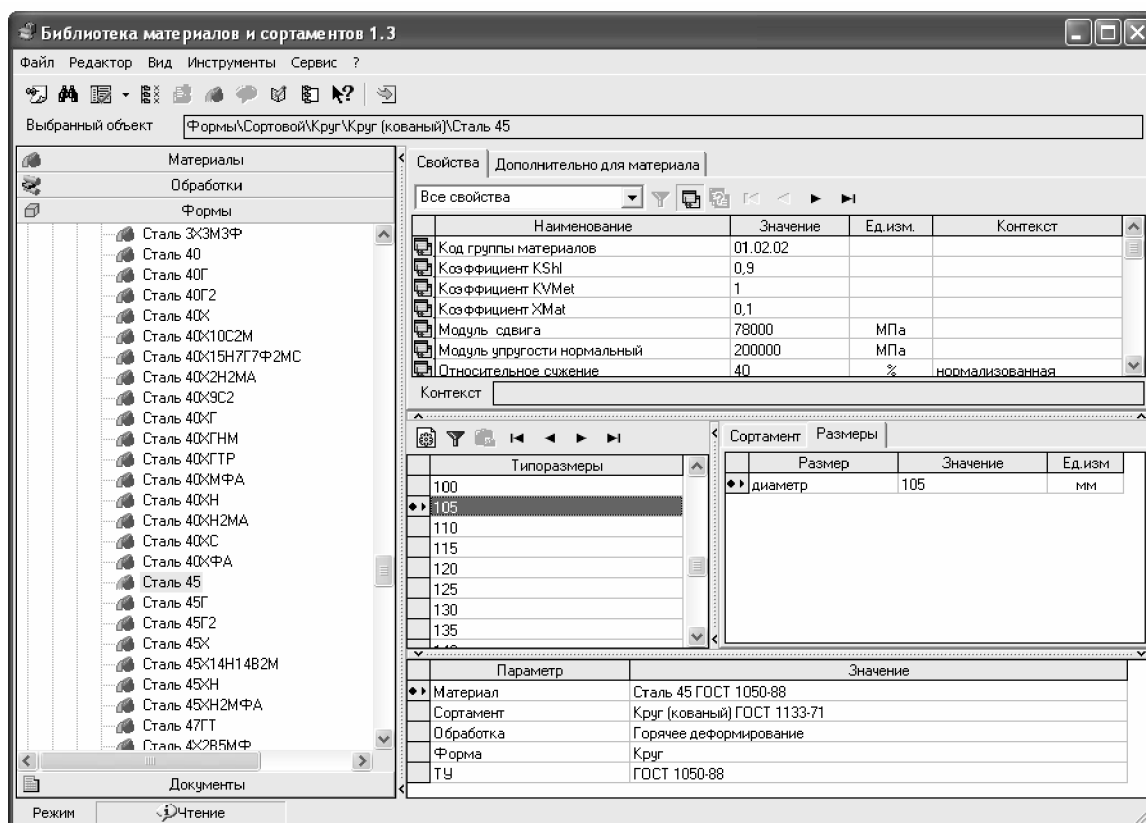


Рисунок 2.2 – Вибір сортименту для заготовки з прокату

Оформлення ескізів обох варіантів заготовки.

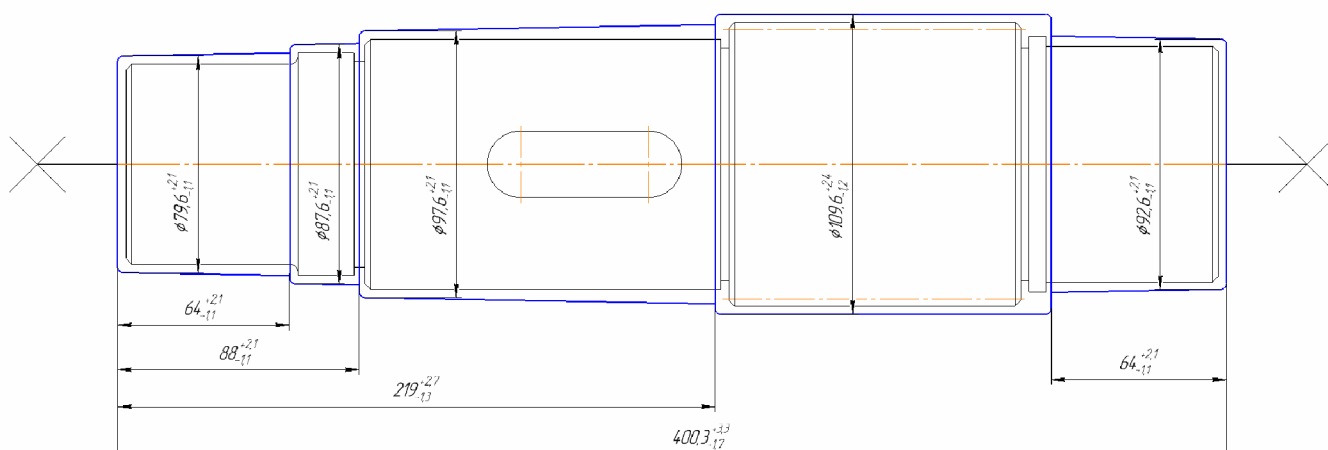


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки, що виготовлена ковкою на ГКМ

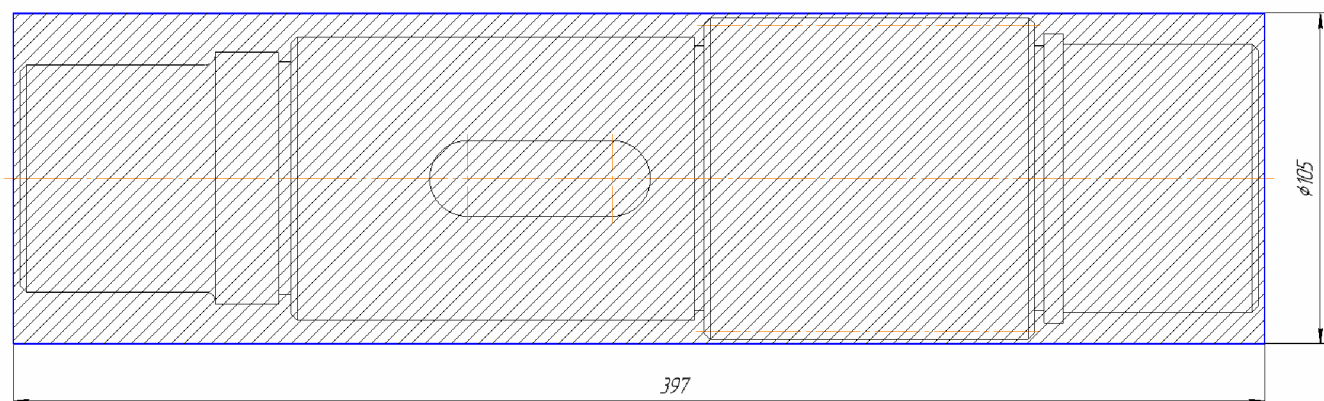


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки, що виготовлена з прокату

Масу заготовки визначаємо методом створення 3d моделі.

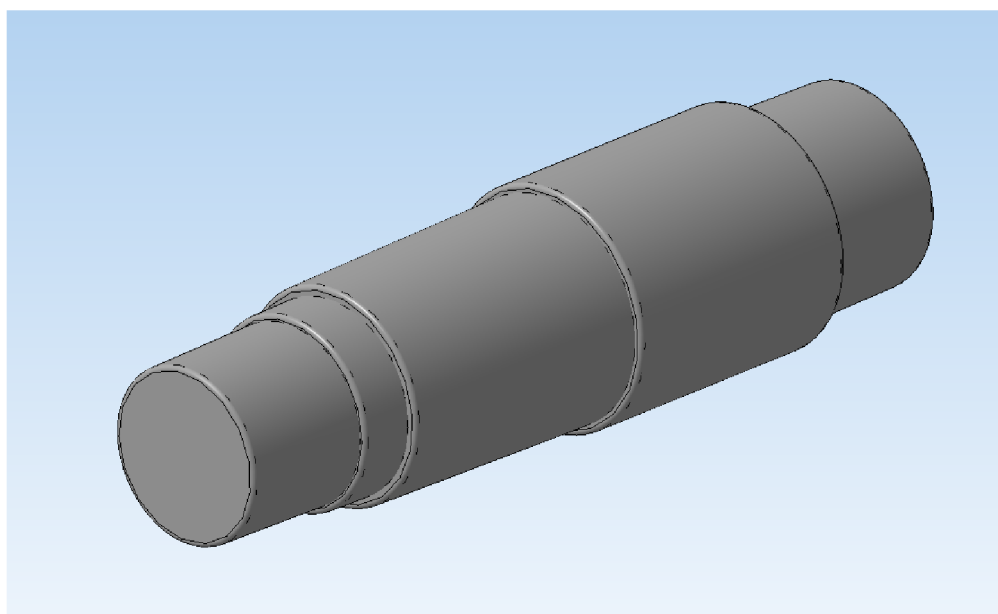


Рисунок 2.2 – 3D модель заготовки, що виготовлена ковкою на ГKM

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$K_{т.м.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}}. \quad (2.12)$$

$$K_{т.м.ГKM} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{18,458}{22,984} = 0,803;$$

$$K_{\text{т.м.прокат}} = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{заг}}} = \frac{18,458}{26,814} = 0,692.$$

Проведемо техніко-економічне порівняння розмірів заготовки.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг}} - G_{\text{дет}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.16)$$

де $C_{\text{шт}}$ – базова вартість 1т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{\text{відх}} = 5000$.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_C = 1$, $K_B = 1,14$, $K_{II} = 1,0$

– Штампування на ГKM

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{22,984}{1000} \cdot 56000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,0 - \frac{(22,984 - 18,458)}{1000} \cdot 5000 = 1434,67 \text{ (грн.)}$$

– Прокат:

Вартість заготовки із прокату визначається за формулою:

$$C_{\text{заг.пр}} = C_M + \sum C_{\text{оз}} \text{ [грн.]},$$

де $C_M = 49500$ грн./т – вартість матеріалу заготовки;

$\sum C_{\text{з.о.}}$ - технологічна собівартість заготівельних операції (відрізання).

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 100}, [\text{грн.}]$$

де $C_{пз}=473,8$ грн/год - приведені витрати на заготівельні операції [7];

$T_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

Відрізання

$$T_0 = 0,37 \cdot D^2 \cdot 10^{-3} = 0,37 \cdot 105^2 \cdot 10^{-3} = 4,079 \text{ (хв.)},$$

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi_k = 4,079 \cdot 1,72 = 7,02 \text{ (хв.)}.$$

$$C_{оз} = \frac{473,8 \cdot 4,079}{60 \cdot 100} = 3,2 \text{ (грн.)}.$$

Тоді

$$C_{пр} = \frac{G_{заг}}{1000} \cdot C_M - \left(\frac{G_{заг} - G_{дет}}{1000} \right) \cdot C_{відх} [\text{грн.}],$$

$$C_{пр} = \frac{26,814}{1000} \cdot 49500 - \left(\frac{26,814 - 18,458}{1000} \right) \cdot 5000 = 1285,5 \text{ (грн.)},$$

$$C_{заг.пр} = 1285,5 + 3,2 = 1288,7 \text{ (грн.)}.$$

Отже, при виготовленні заготовки з допомогою штампування на ГKM собівартість заготовки вище собівартості заготовки, що виготовлена з прокату. Тому доцільнішим буде використовувати метод отримування заготовки – прокат.

2.4 Розробка маршруту механічної обробки

Задана деталь “Вал 35.17.3” відноситься до класу валів [11]. Враховуючи те, що заготовка виготовляється в дріносерійному виробництві, тому для підвищення продуктивності обробки бажано застосовувати верстати з ЧПК та багатоцільові верстати.

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки отвору $\varnothing 90\text{m}7^{+0.048}_{+0.013}$.

Загальне уточнення [11]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}} \cdot [\text{мкм}] \quad (2.13)$$

Визначаємо загальне уточнення для розміру $\varnothing 90\text{m}7^{+0.048}_{+0.013}$. Допуск заготовки – 870 мкм, допуск деталі – 35 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 0,87 / 0,035 = 24,86.$$

Приймаємо 4 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 2,5, \varepsilon_3 = 2.$$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на четвертому переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{24,86}{4 \cdot 2,5 \cdot 2} = 1,243.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 0,87 / 4 = 0,2175 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,2175 / 2,5 = 0,087 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,087 / 2 = 0,0435 \text{ (мм)};$$

$$T_4 = T_3 / \varepsilon_4 = 0,0435 / 1,243 = 0,035 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 11 квалітету точності, після другого – 9 квалітету, після третього – 8 квалітету, після четвертого – 7 квалітету.

Оскільки обробляється зовнішня циліндрична поверхня, то доцільно прийняти способи механічної обробки: попереднє точіння, попереднє точіння, остаточне точіння та шліфування.

Аналогічним чином визначаємо кількість ступенів механічної обробки. Для всіх інших поверхонь призначаємо ступені та види механічної обробки, спираючись на технологічні міркування.

Проведемо вибір чистових і чорнових технологічних баз на операціях механічної обробки деталі Вал.

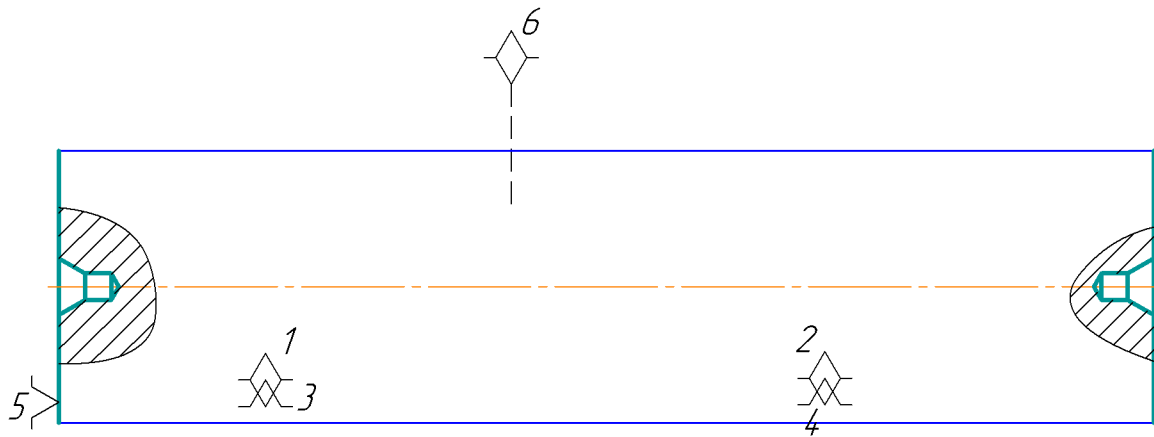


Рисунок 2.5 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Заготовку базуємо по необробленим (чорновим) поверхням одноразово з тим, щоб зменшити похибку базування на наступних операціях

При фрезеруванні торців та обробці центрувальних отворів з установкою в призмі виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки (рис. 2.5).

$$l_1 = T_D \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0,52 \cdot \frac{1}{2 \sin 45^\circ} = 0,3 \text{ (мм)}.$$

$$T_D = 0,52 > 0,52 \text{ мм.}$$

Умови обробки центрувальних отворів по точності виконуються.

Похибка базування для розміру $\epsilon_{6398} = 0$, тому що відбувається обробка за один

установ.

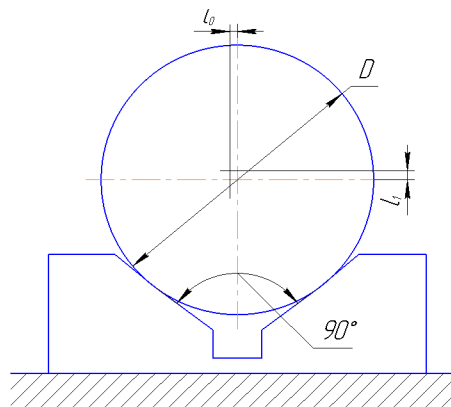


Рисунок 2.6 – Схема для визначення похибки базування на 005 операції

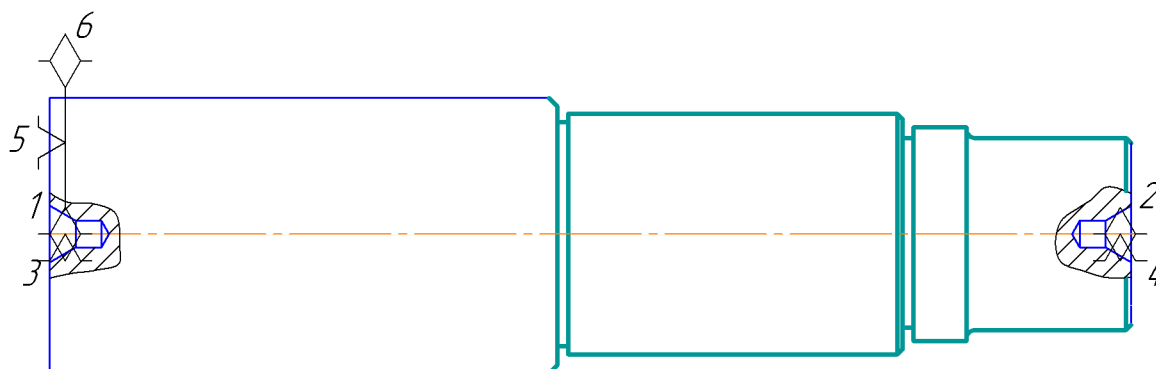


Рисунок 2.7 – Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

Визначимо похибки базування на оброблені розміри на операції 010:

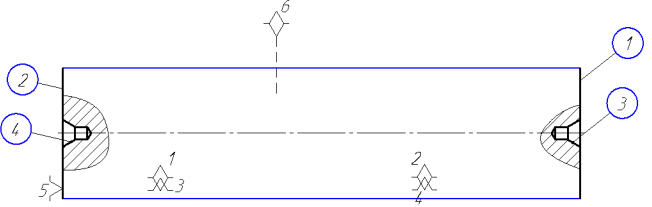
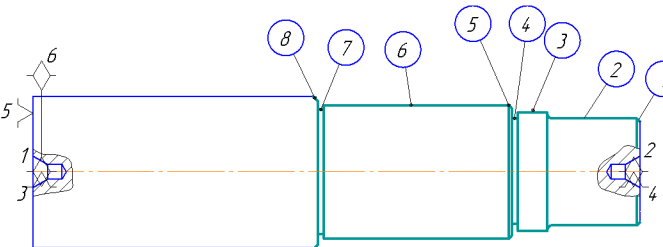
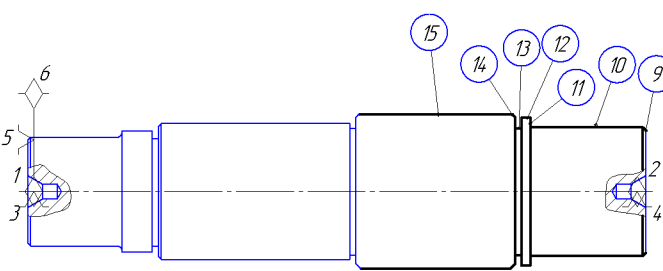
$$\varepsilon_{65} = \varepsilon_6 = \varepsilon_{63} = \varepsilon_{62 \times 45} = \varepsilon_{63} = 0 \text{ – обробка з одного установу;}$$

$$\varepsilon_{662} = \varepsilon_{686} = \varepsilon_{6217} = \varepsilon_{6325} = 0 \text{ – виконується принцип співпадання баз;}$$

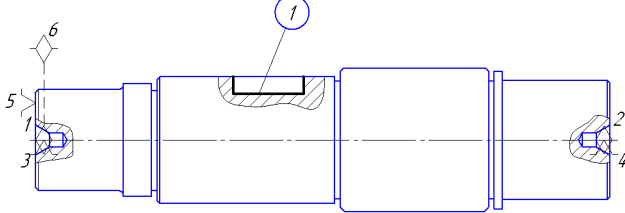
$$\varepsilon_{6\emptyset 102} = \varepsilon_{6\emptyset 90} = \varepsilon_{6\emptyset 85} = \varepsilon_{6\emptyset 80} = \varepsilon_{6\emptyset 74} = \varepsilon_{6\emptyset 72} = 0.$$

Базуючись на дані попередніх пунктів створимо маршрут механічної обробки деталі (табл. 2.5).

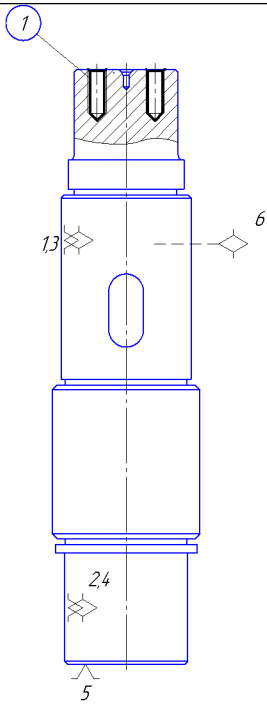
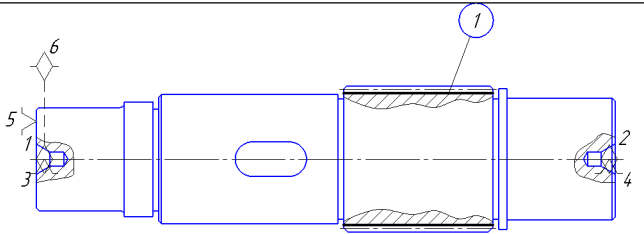
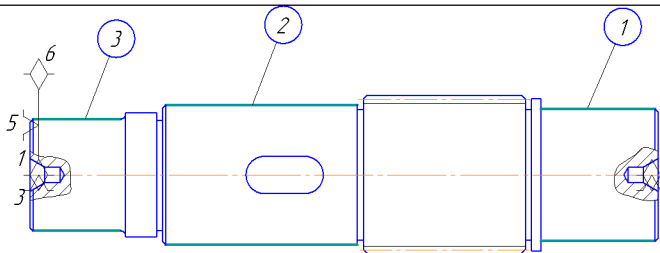
Таблиця 2.5 – Маршрут механічної обробки деталі "Вал 35.17.3"

| № опер. | Операції, переходи | Ескізи, базування | Моделі верстатів |
|---------|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | <p>Фрезерно-центрувальна</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити</p> <p>2. Фрезерувати торець (1) та (3) однократно</p> <p>3. Центрувати отв. (2) та (4)</p> <p>4. Зняти заготовку</p> |  | <p>Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР-77</p> |
| 010 | <p>Токарна з ЧПК</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити</p> <p>Установ 1</p> <p>2. Точити пов. (2), (3), (6) попередньо по контуру.</p> <p>3. Точити пов. (2), (3), (6) попередньо по контуру.</p> <p>4. Точити фаски (1), (5) та (8) однократно.</p> <p>5. Точити канавки (4) та (7) однократно</p> <p>6. Точити пов. (2),</p> | <p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p>  | <p>Токарний з ЧПК 16К20Т1</p> |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---|--|--|
| | <p>(3), (6) остаточно по контуру.</p> <p>Установ 2</p> <p>7. Точити пов. (10), (11) попередньо та пов. (12), (15) однократно по контуру.</p> <p>8. Точити пов. (10) попередньо.</p> <p>9. Точити канавку (13) однократно</p> <p>10. Точити фаски (9) та (14) однократно.</p> <p>11. Точити пов. (10), (11) остаточно по контуру.</p> <p>12. Зняти заготовку</p> | | |
| 015 | <p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити</p> <p>2. Фрезерувати паз (1) однократно.</p> <p>3 Зняти заготовку</p> |  | <p>Фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3</p> |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|--|---|
| 020 | <p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити</p> <p>2. Центрувати 2 отв. (1) однократно.</p> <p>3 Зняти заготовку</p> |  | <p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК</p> <p>2P135Ф2</p> |
| 025 | <p><u>Шліцефрезерна</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити</p> <p>2. Фрезерувати шліці (1) однократно.</p> <p>3 Зняти заготовку</p> |  | <p>Шліцефрезерний верстат</p> <p>5350A</p> |
| 030 | <p><u>Термообробка</u></p> | | |
| 035 | <p><u>Круглошліфувальна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку.</p> <p>2. Шліфувати пов. (1), (2) однократно.</p> <p>3. Зняти заготовку</p> |  | <p>Круглошліфувальний напівавтомат з ЧПК</p> <p>3K151ВФ20</p> |

2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів.

Призначаємо допуски на технологічні розміри згідно довідника [11].

Для заготовки приймаємо 16 квалітет точності.

Для деталі для кожного розміру приймаємо квалітет, що відповідає відповідному стану на кожному переході маршруту механічної обробки.

Таблиця 2.6 – Попередні допуски технологічних розмірів

| Технологічний розмір | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | B ₆ | B ₇ | B ₈ | B ₉ | B ₁₀ |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Допуск, мм | 0,63 | 0,63 | 0,57 | 1,15 | 0,57 | 1,15 | 0,46 | 0,36 | 0,29 | 1,4 |

Продовження таблиці 2.6

| Технологічний розмір | B ₁₁ | B ₁₂ | B ₁₃ | З ₁ |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Допуск, мм | 0,57 | 0,36 | 0,57 | 1,55 |

Прийняті допуски будемо використовувати для розрахунках технологічних розмірів. На першому етапі проведення розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу (рис. 2.6).

$$K_{1\max} = 393 \text{ мм}, K_{1\min} = 392,37 \text{ мм};$$

$$K_{2\max} = 325 \text{ мм}, K_{2\min} = 324,43 \text{ мм};$$

$$K_{3\max} = 217 \text{ мм}, K_{3\min} = 216,54 \text{ мм};$$

$$K_{4\max} = 86 \text{ мм}, K_{4\min} = 85,65 \text{ мм};$$

$$K_{5\max} = 62 \text{ мм}, K_{5\min} = 61,7 \text{ мм};$$

$$K_{6\max} = 62 \text{ мм}, K_{5\min} = 61,7 \text{ мм}.$$

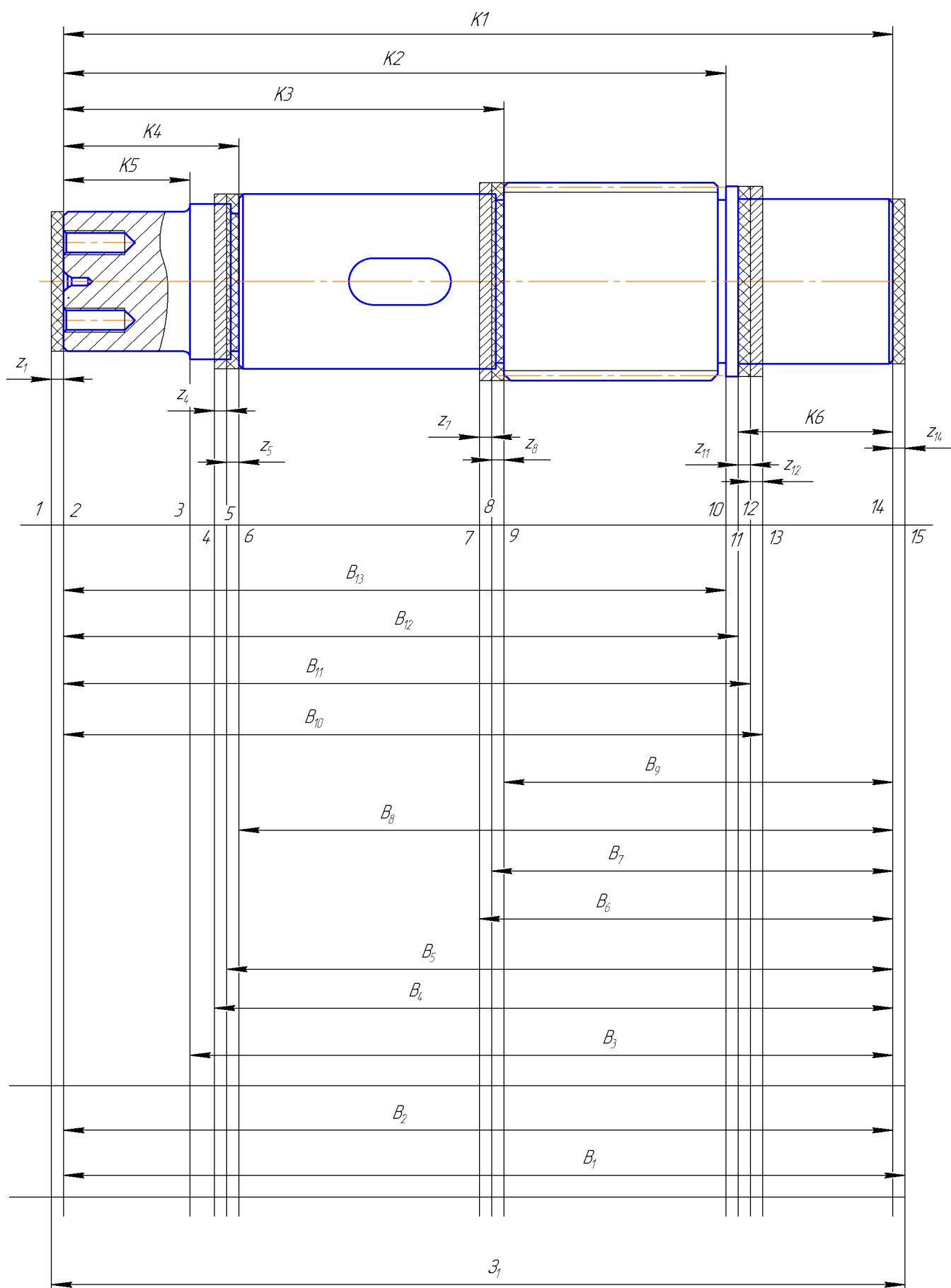


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Суміщений граф-дерево це графічне зображення технологічного процесу механічної обробки.

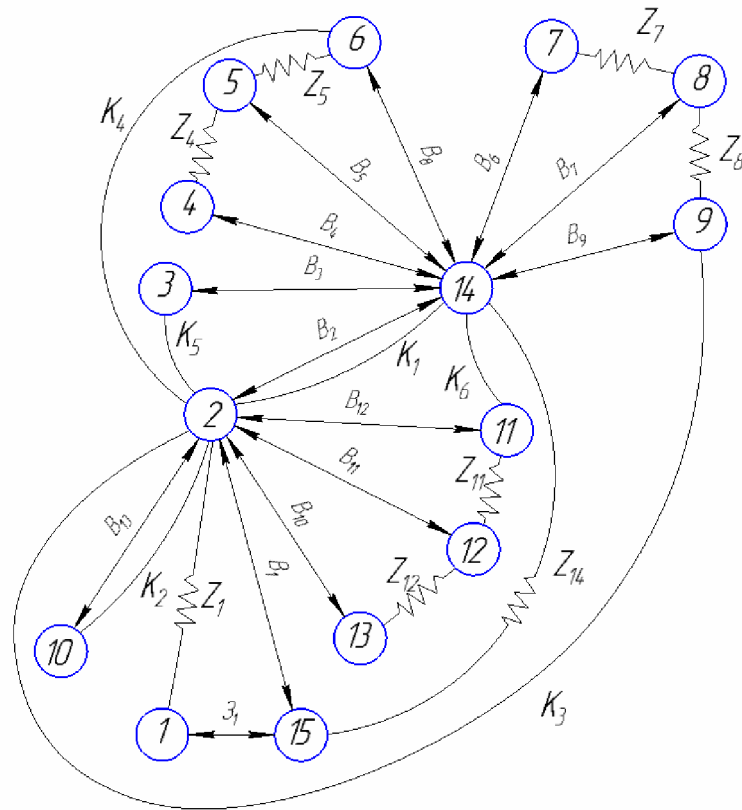


Рисунок 2.11 – Суміщене граф-дерево

Проміжні мінімальні припуски призначаємо нормативним способом.

$$Z_{1\min}=2,1 \text{ (мм)}; \quad Z_{4\min}=1,8 \text{ (мм)}; \quad Z_{5\min}=0,6 \text{ (мм)}; \quad Z_{7\min}=1,8 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8\min}=0,6 \text{ (мм)}; \quad Z_{11\min}=0,6 \text{ (мм)}; \quad Z_{12\min}=1,8 \text{ (мм)}; \quad Z_{14\min}=2,1 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.7 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

| № п/п | Розрахункове рівняння | Вихідне рівняння | Розмір, що визначається |
|-------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | $-K1 + B2 = 0$ | $K1 = B2$ | B2 |
| 2 | $-K3 + B6 = 0$ | $K3 = B6$ | B6 |
| 3 | $-K5 + B7 = 0$ | $K5 = B7$ | B7 |
| 4 | $-Z8 - B2 + B1 = 0$ | $Z8 = B1 - B2$ | B1 |
| 5 | $-Z1 - B1 + 31 = 0$ | $Z1 = 31 - B1$ | 31 |

Продовження таблиці 2.7

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------------|---------------------|----|
| 6 | $B2 - K4 - B3 = 0$ | $K4 = B2 - B3$ | B3 |
| 7 | $B5 + K2 - B6 - B2 = 0$ | $K2 = B2 + B6 - B5$ | B5 |
| 8 | $-Z5 + B6 - B5 + B4 = 0$ | $Z5 = B4 + B6 - B5$ | B4 |

$$B2 = K1 = 393_{-0,63}(\text{MM}), \quad B13 = K2 = 325_{-0,57}(\text{MM}).$$

$$K_{5\min} = B_{2\min} - B_{3\max},$$

$$B_{3\max} = B_{2\min} - K_{5\min} = 392,37 - 61,7 = 330,67 (\text{MM}),$$

$$B_{3\min} = B_{3\max} - T(B_3) = 330,67 - 0,57 = 330,1 (\text{MM}),$$

$$B_3 = 330,5_{-0,4}^{+0,17} (\text{MM});$$

$$K_{4\min} = B_{2\min} - B_{8\max},$$

$$B_{8\max} = B_{2\min} - K_{4\min} = 392,37 - 85,65 = 306,72 (\text{MM}),$$

$$B_{8\min} = B_{8\max} - T(B_8) = 306,72 - 0,36 = 306,36 (\text{MM}),$$

$$B_8 = 306,5_{-0,14}^{+0,22} (\text{MM});$$

$$K_{3\min} = B_{2\min} - B_{9\max},$$

$$B_{9\max} = B_{2\min} - K_{3\min} = 392,37 - 216,54 = 175,83 (\text{MM}),$$

$$B_{9\min} = B_{9\max} - T(B_9) = 175,83 - 0,29 = 175,54 (\text{MM}),$$

$$B_9 = 175,7_{-0,16}^{+0,13} (\text{MM});$$

$$K_{6\min} = B_{2\min} - B_{12\max},$$

$$B_{12\max} = B_{2\min} - K_{6\min} = 392,37 - 61,7 = 330,67 (\text{MM}),$$

$$B_{12\min} = B_{12\max} - T(B_{12}) = 330,67 - 0,36 = 330,31 (\text{MM}),$$

$$B_{12} = 330,5_{-0,19}^{+0,17} (\text{MM});$$

$$Z_{5\min} = B_{5\min} - B_{8\max},$$

$$B_{5\min} = B_{8\max} + Z_{5\min} = 306,72 + 0,6 = 307,32 \text{ (MM)},$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 307,32 + 0,57 = 307,89 \text{ (MM)},$$

$$Z_{5\max} = B_{5\max} - B_{8\min} = 307,89 - 306,36 = 1,53 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\min} = B_{4\min} - B_{5\max},$$

$$B_{4\min} = B_{5\max} + Z_{4\min} = 307,89 + 1,8 = 309,69 \text{ (MM)},$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 309,69 + 1,4 = 311,09 \text{ (MM)},$$

$$Z_{4\max} = B_{4\max} - B_{5\min} = 311,09 - 307,32 = 3,77 \text{ (MM)};$$

$$Z_{8\min} = B_{7\min} - B_{9\max},$$

$$B_{7\min} = B_{9\max} + Z_{8\min} = 175,83 + 0,6 = 176,43 \text{ (MM)},$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 176,43 + 0,46 = 176,89 \text{ (MM)},$$

$$Z_{8\max} = B_{7\max} - B_{9\min} = 176,89 - 175,54 = 1,35 \text{ (MM)};$$

$$Z_{7\min} = B_{6\min} - B_{7\max},$$

$$B_{6\min} = B_{7\max} + Z_{7\min} = 176,89 + 1,8 = 178,69 \text{ (MM)},$$

$$B_{6\max} = B_{6\min} + T(B_6) = 178,69 + 1,15 = 179,84 \text{ (MM)},$$

$$Z_{7\max} = B_{6\max} - B_{7\min} = 179,84 - 176,43 = 3,41 \text{ (MM)};$$

$$Z_{11\min} = B_{11\min} - B_{12\max},$$

$$B_{11\min} = B_{12\max} + Z_{11\min} = 330,67 + 0,6 = 331,27 \text{ (MM)},$$

$$B_{11\max} = B_{11\min} + T(B_{11}) = 331,27 + 0,57 = 331,84 \text{ (MM)},$$

$$Z_{11\max} = B_{11\max} - B_{12\min} = 331,84 - 330,31 = 1,53 \text{ (MM)};$$

$$Z_{12\min} = B_{10\min} - B_{11\max},$$

$$B_{10\min} = B_{11\max} + Z_{12\min} = 331,84 + 1,8 = 333,64 \text{ (MM)},$$

$$B_{10\max} = B_{10\min} + T(B_{10}) = 333,64 + 1,4 = 335,04 \text{ (мм)},$$

$$Z_{12\max} = B_{10\max} - B_{11\min} = 335,04 - 331,27 = 3,77 \text{ (мм)};$$

$$Z_{14\min} = B_{1\min} - B_{2\max},$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{14\min} = 393 + 2,1 = 395,1 \text{ (мм)},$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 395,1 + 0,63 = 395,73 \text{ (мм)},$$

$$Z_{14\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 395,73 - 392,37 = 3,36 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\min} = Z_{1\min} - B_{1\max},$$

$$Z_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 395,73 + 2,1 = 397,83 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 397,83 + 1,55 = 399,38 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 399,38 - 395,1 = 4,28 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.8 – Значення технологічних розмірів та розмірів заготовки

| Розмір | min | max | Розмір | min | max |
|----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| B ₁ | 395,1 | 395,73 | B ₈ | 306,36 | 306,72 |
| B ₂ | 392,37 | 393 | B ₉ | 175,54 | 175,83 |
| B ₃ | 330,1 | 330,67 | B ₁₀ | 333,64 | 335,04 |
| B ₄ | 309,69 | 311,09 | B ₁₁ | 331,27 | 331,84 |
| B ₅ | 307,32 | 307,89 | B ₁₂ | 330,31 | 330,67 |
| B ₆ | 178,69 | 179,84 | B ₁₃ | 324,43 | 325 |
| B ₇ | 176,43 | 176,89 | Z ₁ | 397,83 | 399,38 |

2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø90m7.

Призначаємо значення показників шорсткості та точності по кожному переходу [12]:

- для заготовки $R_z = 150$ мм, $T = 250$ мкм;

- попереднього точіння $R_Z = T = 120$ мкм;
- попереднього точіння $R_Z = T = 50$ мкм;
- чистового точіння $R_Z = T = 30$ мкм ;

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

Сумарне значення просторових відхилень [10]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.15)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз. Враховуючи, що заготовка деталі Вал - калібрований прокат приймаємо значення $\rho = 0$:

Похибка установки:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.17)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення.

Враховуючи те, що наша заготовка встановлюється в центри, відповідно приймаємо $\varepsilon = 0$

Призначаємо мінімальний припуски по переходам:

попереднє точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + 250) = 2 \cdot 400 \text{ (мкм)};$$

напівчистове точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(120 + 120) = 2 \cdot 240 \text{ (мкм)};$$

чистове точіння:

$$2Z_{3\min} = 2(50 + 50) = 2 \cdot 100 \text{ (мкм)};$$

шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(30 + 30) = 2 \cdot 60 \text{ (мкм)};$$

При шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d_4 = 90,013 \text{ (мм)}.$$

Знаходимо максимальні значення технологічних розмірів по переходам для чистового точіння:

$$d_3 = 90,013 + 2 \cdot 0,06 = 90,133 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_2 = 90,133 + 2 \cdot 0,1 = 90,333 \text{ (мм)}.$$

для попереднього точіння:

$$d_1 = 90,333 + 2 \cdot 0,24 = 90,813 \text{ (мм)}.$$

для заготовки:

$$d_{\text{зар}} = 90,813 + 2 \cdot 0,4 = 91,613 \text{ (мм)}.$$

Найбільші граничні розміри:

$$d_{\text{min}4} = 90,013 + 0,035 = 90,048 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}3} = 90,133 + 0,054 = 90,187 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}2} = 90,333 + 0,087 = 90,42 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}1} = 90,81 + 0,22 = 91,03 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max зар}} = 91,61 + 0,87 = 92,48 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{max}}^{\text{сп}}$:

$$2Z_{\text{max}4} = 90,187 - 90,048 = 0,139 \text{ мм} = 139 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{min}4} = 90,133 - 90,013 = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}3} = 90,42 - 90,187 = 0,233 \text{ мм} = 233 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{min}3} = 90,333 - 90,133 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}2} = 91,03 - 90,42 = 0,61 \text{ мм} = 610 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{min}2} = 90,81 - 90,333 = 0,477 \text{ мм} = 477 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}1} = 92,48 - 91,03 = 1,45 \text{ мм} = 1450 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{min}1} = 91,61 - 90,81 = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у нижній частині таблиці.

$$2Z_{0\text{min}} = 800 + 477 + 200 + 120 = 1597 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\text{max}} = 1450 + 610 + 233 + 139 = 2432 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.9

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\text{max}3} - 2Z_{\text{min}3} = 0,33 - 0,244 = 0,086 \text{ (мм)};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,14 - 0,054 = 0,086 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ (мм)};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,54 - 0,14 = 0,4 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 2,77 - 1,11 = 1,66 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 2,2 - 0,54 = 1,66 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.9 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 90m7$

| Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 90m7^{(+0,048}_{+0,013})$ | Елементи припуска, мкм | | Розрах. унк. припуск к $2Z_{\min}$ | Розрах. розмір, мм d_p | Допу. ск, мм δ | Граничний розмір | | Граничні значення | | |
|--|------------------------|-----|--|-----------------------------|--------------------------|------------------|--------|-------------------|------------------|-------|
| | Rz | T | | | | dmin | dmax | $2Z_{\min}^{np}$ | $2Z_{\max}^{np}$ | |
| Заготовка | 150 | 250 | | 91,613 | 0,87 | 91,61 | 92,48 | | | |
| Точіння попереднє | 120 | 120 | $2 \cdot 400$ | 90,813 | 0,22 | 90,81 | 91,03 | 0,8 | 1,45 | |
| Точіння попереднє | 50 | 50 | $2 \cdot 240$ | 90,333 | 0,087 | 90,333 | 90,42 | 0,477 | 0,61 | |
| Точіння остаточне | 30 | 30 | $2 \cdot 100$ | 90,133 | 0,054 | 90,133 | 90,187 | 0,2 | 0,233 | |
| Шліфування | 5 | 10 | $2 \cdot 60$ | 90,013 | 0,035 | 90,013 | 90,048 | 0,12 | 0,139 | |
| Сума | | | | | | | | | 1,597 | 2,432 |

Таблиця 2.10 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні розміром $\varnothing 72k6^{(+0,021}_{+0,002})$

| Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 72k6^{(+0,021}_{+0,002})$ | Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ | Розрах. розмір, мм d_p | Допуск, мм δ | Граничний розмір | | Граничні значення | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|--------|-------------------|------------------|-------|
| | | | | dmin | dmax | $2Z_{\min}^{np}$ | $2Z_{\max}^{np}$ | |
| Точіння попереднє | $2 \cdot 500$ | 72,362 | 0,30 | 72,36 | 72,66 | 1 | 1,44 | |
| Точіння попереднє | $2 \cdot 100$ | 72,162 | 0,074 | 72,162 | 72,236 | 0,2 | 0,426 | |
| Точіння остаточне | $2 \cdot 60$ | 72,042 | 0,030 | 72,042 | 72,072 | 0,12 | 0,164 | |
| Шліфування | $2 \cdot 20$ | 72,002 | 0,019 | 72,002 | 72,021 | 0,04 | 0,051 | |
| Сума | | | | | | | 1,36 | 2,081 |

2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для розточування внутрішньої поверхні та свердління отвору [12].

Операція 010. Токарна з ЧПК

Модель верстата – 16К2Т1

Розрахунок режимів різання для точіння поверхні $\varnothing 90\text{m}7$.

Ріжучий інструмент: для чистового точіння – Т30К4; для напівчистового точіння – Т14К8.

Глибину різання:

$$t_{\text{попер.}} = (D - d)/2 = (91,03 - 90,42)/2 = 0,305 \text{ (мм)}.$$

$$t_{\text{чист.}} = (D - d)/2 = (90,42 - 90,187)/2 = 0,116 \text{ (мм)}.$$

Для різців Т30К4 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,12-0,15$ мм/об. [8]. Приймаємо $S=0,14$ мм/об. Для чистового точіння приймаємо $S=0,12$ мм/об.

Період стійкості різців $T=30$ хв;

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}} = 240$ м/хв.;

$$V_{\text{різ.попер.}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} = 240 \cdot 1 \cdot 0,85 = 204 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{різ.чист.}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} = 380 \cdot 1 \cdot 0,85 = 323 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n_{\text{попер.}} = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 204 / 3,14 \cdot 90,42 = 718,51 \text{ (об/хв)};$$

$$n_{\text{чист.}} = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 323 / 3,14 \cdot 90,187 = 1140,59 \text{ (об/хв)}.$$

Враховуючи те, що ми використовуємо токариний верстат з ЧПК 16К20Т1, у якого частота обертання шпинделя регулюється безступінчасто шляхом зміни

частоти обертання електродвигуна. Тому остаточні частоти обертання шпинделя верстата приймаємо близькими до розрахункових.

- для напівчистового точіння $n_{\phi} = 720$ (об/хв);

- для чистового точіння $n_{\phi} = 1140$ (об/хв);

Потужність різання при заданій точності складає $N_{\text{таб}} = 1,3$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_B = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,4 \text{ (кВт)}; N_{\text{різ}} < N_B.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

Визначаємо подачу за хвилину:

- для напівчистового точіння $S_{\text{хв}} = 720 \cdot 0,14 = 100,8$ (мм/хв);

- для чистового точіння $S_{\text{хв}} = 1140 \cdot 0,12 = 136,8$ (мм/хв).

Таблиця 2.11 – Режими різання

| | Операції та переходи | t, мм | S, мм/об | n, об/хв | V, м/хв |
|--------------|---|-------|-------------|-------------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Операція 005 | | | | | |
| 2 | Фрезерувати торець 1 та 3 однократно | 1,8 | 0,35 | 630 | 39,27 |
| 3 | Центрувати отвір 2 та 4. | 1,5 | 0,09 | 1250 | 28,27 |
| Операція 010 | | | | | |
| 2 | Точити пов. 2, 6 однокр. та 5, 7, 8, 9 попередньо по контуру. | 1,6 | 0,172 | 750 | 212 |
| 3 | Точити пов. 5, 7, 8 попередньо по контуру. | 0,15 | 0,142 | 900 | 254 |
| 4 | Точити фаски 1 та 4 однократно | 2 | 0,2 | 900 | 254 |
| 5 | Точити канавку 3 однократно. | 3 | 0,2 | 630 | 168 |
| 6 | Точити пов. 5, 7, 8 та 9 остаточно по контуру. | 0,06 | 0,1 | 1400 | 396 |

Продовження таблиці 2.11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|-------------------------------------|------|-------|------|-------|
| 7 | Нарізати різь на пов 2. | 0,42 | 0,1 | 400 | 121 |
| 8 | Точити пов. 11 однократно | 0,15 | 0,142 | 900 | 240 |
| 9 | Точити фаску 10 однократно | 2 | 0,2 | 900 | 254 |
| Операція 015 | | | | | |
| 2 | Фрезерувати паз 1 однократно | 10 | 0,1 | 800 | 71,15 |
| 3 | Центрувати отв. 1 | 2,5 | 0,2 | 400 | 26,15 |
| 4 | Свердлити отв. 1 | 7,5 | 0,2 | 400 | 36,41 |
| Операція 020 | | | | | |
| 2 | Шліфувати пов. 1, 2 та 3 однократно | 0,03 | 0,45 | 1500 | 424 |

2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Норму штучного часу на операцію $T_{шт}$ розраховується за формулою [13]:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.18)$$

де $T_{осн}$ – основний технологічний час, хв.;

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв..

Основний час:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot S} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{нер}}{n_{шт} \cdot S} \cdot i \text{ [хв.]}, \quad (2.19)$$

де L – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, мм, що дорівнює сумі ($l_{обр}$, $l_{вр}$, $l_{нер}$);

$l_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_{ep} – довжина врізання інструменту, мм;

l_{nep} – довжина перебігу інструменту, мм;

n_{um} – кількість обертів шпинделя для верстатів з обертальним рухом, або число подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

S – подача за один оберт або один подвійний хід головного руху, мм;

i – кількість проходів.

Основний час для операції 005:

$$\begin{aligned}
 T_0 \cdot 10^{-3} &= 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + \\
 &+ 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + \\
 &+ 0,2 \cdot d \cdot l + 0,2 \cdot d \cdot l + 0,2 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + \\
 &+ 0,18 \cdot d \cdot l + 0,037(D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,2 \cdot d \cdot l + 0,2 \cdot d \cdot l = \\
 &= 0,17 \cdot 72 \cdot 62 + 0,17 \cdot 80 \cdot 24 + 0,17 \cdot 90 \cdot 130 + 0,18 \cdot 72 \cdot 62 + 0,18 \cdot 80 \cdot 24 + 0,18 \cdot 72 \cdot 62 + \\
 &+ 0,18 \cdot 72 \cdot 2 + 0,18 \cdot 90 \cdot 2 + 0,18 \cdot 102 \cdot 2 + 0,037(80^2 - 71^2) + 0,037(90^2 - 85^2) + \\
 &+ 0,2 \cdot 72 \cdot 62 + 0,2 \cdot 80 \cdot 24 + 0,2 \cdot 90 \cdot 130 + 0,17 \cdot 85 \cdot 76 + 0,037(91^2 - 76^2) + 0,17 \cdot 91 \cdot 11 + \\
 &+ 0,17 \cdot 102 \cdot 105 + 0,18 \cdot 85 \cdot 62 + 0,037 \cdot (91^2 - 85) + 0,18 \cdot 85 \cdot 2 + 0,18 \cdot 102 \cdot 2 + \\
 &+ 0,2 \cdot 85 \cdot 62 + 0,052 \cdot (91^2 - 85^2) = 14,07 \text{ (хв.)};
 \end{aligned}$$

$$T_e = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{uz} \text{ [хв.]}, \quad (2.20)$$

де $T_{y.c}$ – час на установку і зняття деталі, що рівний 0,25 хв.;

$T_{z.o}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, що рівний 0,65 хв.;

T_{uz} – час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

Тоді

$$T_e = 0,25 + 0,2 + 0,65 + 0,1 = 1,2 \text{ (хв.)};$$

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (14,07 + 1,2) = 1,069 \text{ (хв.)};$$

$T_{ом}$ – час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{ом} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (14,07 + 1,2) = 0,764 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 14,07 + 1,2 + 1,069 + 0,764 = 17,103 \text{ (хв.)};$$

Час виконання операцій називається штучно–калькуляційним і визначається:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.21)$$

де $T_{шт}$ – штучний час, хв.;

$T_{п-з}$ – підготовчо – заключний час, хв.;

$$T_{п-з} = 14 + 2 + 3 + 2 + 2 + 3 + 8 = 34 \text{ (хв.)};$$

n – кількість деталей в партії, шт.;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \text{ [шт.]}, \quad (2.22)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 3000$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 3$ дні;

Φ – кількість робочих днів в року, $\Phi = 252$ дні;

Тоді

$$n = \frac{3000 \cdot 3}{252} = 35,7 = 35 \text{ (шт.)};$$

$$T_{\text{шт-к}} = 34/35 + 17,103 = 18,075 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.12 – Норми штучно-калькуляційного часу

| Номер і найменування операції | T_o , хв | T_e , хв | | | T_{on} , хв | $T_{об}$, хв | $T_{от}$, хв | $T_{шт}$, хв | $T_{п-з}$, хв | n | $T_{шт-к}$, хв |
|-------------------------------------|---------------|---------------------|-----------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----|--------------------|
| | | $T_{y.c} + T_{z.o}$ | $T_{y.n}$ | $T_{из}$ | | | | | | | |
| Фрезерно- центруальна 005 | 1,28 | 0,6 | 0,38 | 0,1 | 2,36 | 0,165 | 0,118 | 2,643 | 3 | 35 | 2,729 |
| Токарна з ЧПК 010 | 14,07 | 0,45 | 0,65 | 0,1 | 15,27 | 1,069 | 0,764 | 17,103 | 30 | 35 | 18,075 |
| Фрезерна з ЧПК 015 | 0,3 | 0,45 | 0,65 | 0,1 | 1,5 | 0,105 | 0,075 | 1,680 | 2 | 35 | 1,737 |
| Сверлильна з ЧПК 020 | 0,55 | 0,6 | 0,38 | 0,1 | 1,63 | 0,114 | 0,0815 | 1,826 | 2 | 35 | 1,883 |
| Шліцефрезерна 025 | 6,76 | 0,45 | 0,65 | 0,1 | 7,96 | 0,557 | 0,398 | 8,915 | 8 | 35 | 9,144 |
| Шліф. 035 | 3,39 | 0,45 | 0,65 | 0,1 | 4,59 | 0,321 | 0,2295 | 5,141 | 5 | 35 | 5,284 |

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{\text{заг}} = 2,729 + 18,075 + 1,737 + 1,883 + 9,144 + 5,284 = 38,852 \text{ (хв.)}$$

2.9 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначаємо за формулою [14]:

$$C_P = \frac{N_{np} \cdot T_{шк}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{zn}} \text{ [шт.]}, \quad (2.23)$$

де T_{np} – сумарна трудомісткість деталей, год; F_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год/

Розраховуємо сумарну трудомісткість обробки деталей:

Операція 005 – фрезерно-центрувальна з ЧПК $T_{шк} = 2,729$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 2,729}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,697.$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 010 – токарно-револьверна з ЧПК $T_{шк} = 18,075$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 18,075}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 2,887.$$

Прийнята кількість – 3.

Операція 015 – вертикально-фрезерна з ЧПК $T_{шк} = 1,737$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 1,737}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,557.$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 020 – свердлильна з ЧПК $T_{шк} = 1,883$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 1,883}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,578.$$

Прийнята кількість – 1.

Операція 025 – шліцефрезерна з ЧПК $T_{шк} = 9,144$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 9,144}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 1,611.$$

Прийнята кількість – 2.

Операція 035 – шліфувальна $T_{шк} = 5,284$ хв.

$$C_P = \frac{3000 \cdot 5,284}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,986.$$

Прийнята кількість – 1.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (2.24)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операції 005:

$$\eta_{31} = \frac{0,697}{1} = 0,697.$$

Операції 010:

$$\eta_{32} = \frac{2,887}{3} = 0,962.$$

Операція 015:

$$\eta_{33} = \frac{0,557}{1} = 0,557.$$

Операції 020:

$$\eta_{34} = \frac{0,578}{1} = 0,578.$$

Операції 025:

$$\eta_{35} = \frac{1,611}{2} = 0,8055.$$

Операції 035:

$$\eta_{36} = \frac{0,986}{1} = 0,986.$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів складатиме:

$$\eta = (0,697 + 0,962 + 0,557 + 0,578 + 0,8055 + 0,986) / 6 = 0,7642 \text{ або } 76,42\%.$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом [15]

$$\eta_{оз} = \frac{t_{осн}}{T_{шт.к}}, \quad (2.25)$$

де $t_{осн}$ – основний час;

$T_{шт.к}$ – штучно калькуляційний час.

Операція 005:

$$\eta_{осн1} = \frac{1,28}{2,729} = 0,469.$$

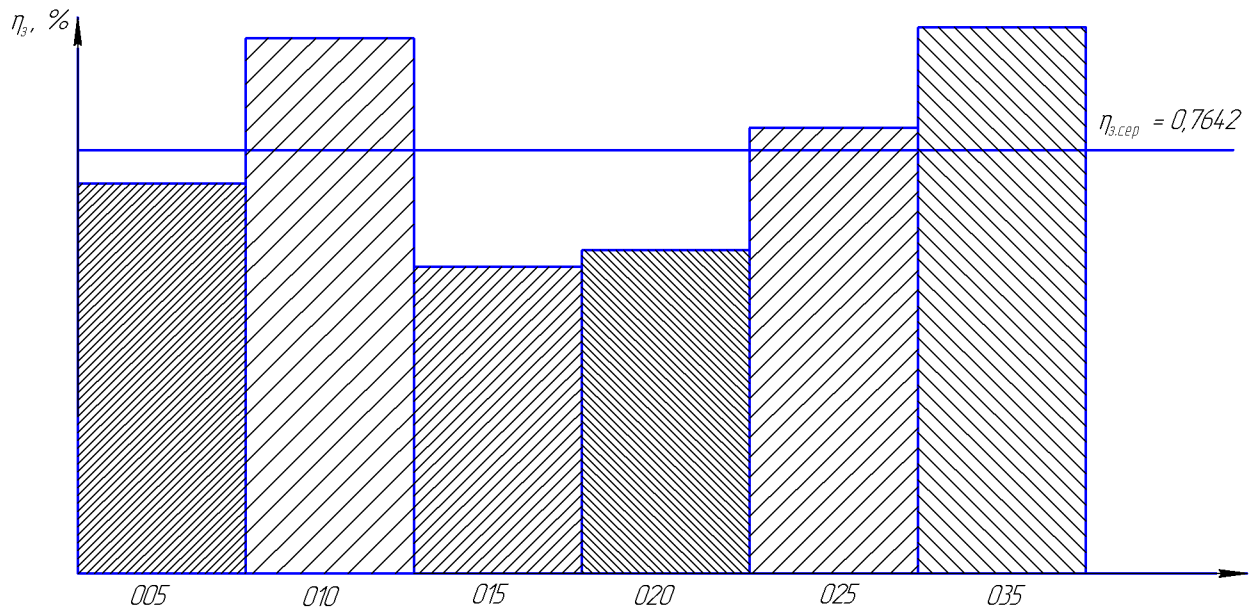


Рисунок 2.12 – Графік завантаження обладнання

Операція 010:

$$\eta_{осн2} = \frac{14,07}{18,075} = 0,778.$$

Операція 015:

$$\eta_{осн3} = \frac{0,3}{1,737} = 0,173.$$

Операція 020:

$$\eta_{осн4} = \frac{0,55}{1,883} = 0,292.$$

Операція 025:

$$\eta_{осн5} = \frac{6,76}{9,144} = 0,739.$$

Операція 035:

$$\eta_{осн4} = \frac{3,39}{5,284} = 0,641.$$

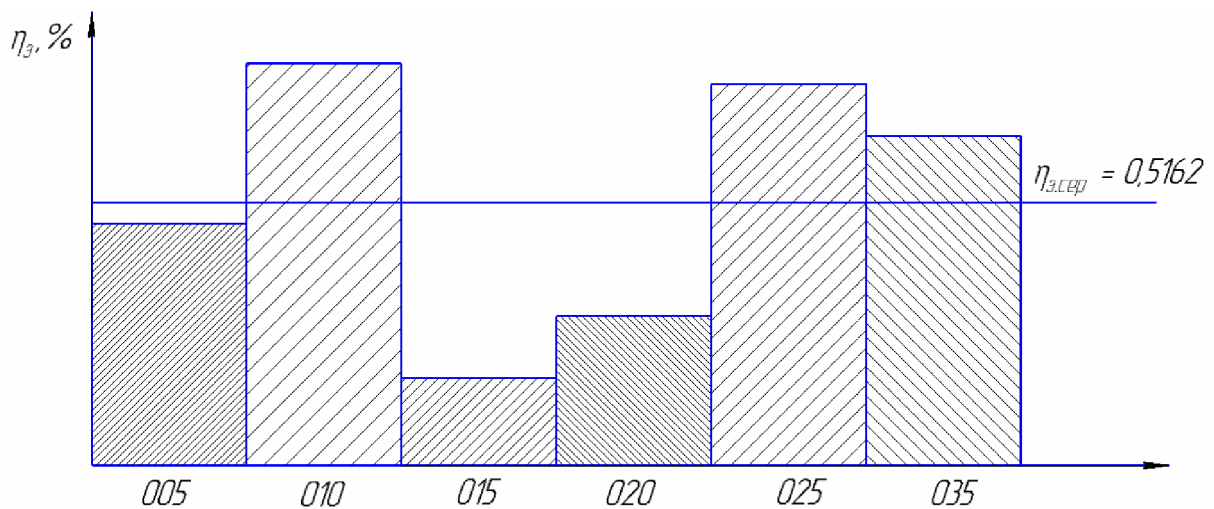


Рисунок 2.13 – Графік завантаження обладнання за основним часом

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{о.сер.} = \frac{46,9 + 77,8 + 17,8 + 29,2 + 73,9 + 64,1}{6} = 51,62 \text{ \%}.$$

Для середньосерійного виробництва коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.сер} = 0,7 \dots 0,8$. В даному випадку $\eta_{з.сер} = 0,7642$, тому необхідно планувати обробку інших деталей на верстатах дільниці з метою їх повного завантаження. Коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом $\eta_{осн.сер} = 0,5162$ свідчить про суттєві втрати часу на допоміжні роботи: встановлення і зняття заготовок, налагодження і зміну інструмента та ін.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Вибір основного обладнання

У роботі необхідно вибрати основне устаткування, яке входить до складу РТК.

Верстати, які в подальшому використовуватимуться в РТК повинні бути без яких-небудь серйозних конструктивних змін.

Верстати моделі 6P13PФ3 з ЧПК застосовують при фрезерній обробці різного типу деталей.

У верстатах передбачений зворотний зв'язок по положенню робочих органів на кожному з двох керованих переміщень. Як датчики зворотного зв'язку використовуються кругові кодові перетворювачі електроконтактів. Переміщення револьверної головки на швидких і робочих ходах в обох напрямках обмежуються кулачками, що налагоджуються, впливаючи на перемикачі (електроупори).

Основні параметри верстата:

клас точності верстата - Н ;

розміри робочої поверхні столу, мм 320 × 630;

найбільше переміщення столу, мм

повздожне 200

поперечне 320

кількість інструментів в магазині, шт. – 14;

подача холостого ходу мм/хв – 6000;

габарити верстата (довжина, ширина, висота (мм)) – 3200, 2020, 2570;

маса, кг – 4200;

потужність головного приводу, кВт – 15;

межі частот обертання шпинделя min/max об/хв – 100/4000.

3.2 Розробка алгоритму виконання операцій

Розробимо докладний план фрезерної операції, що виконується на верстаті

даної моделі.

Координати усіх технологічних рухів інструменту наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Координати опорних точок

| Перехід | Номер опорної точки | Координата опорної точки | | |
|---------|---------------------|--------------------------|------|-------|
| | | Z | X | Y |
| 2 | 3 | -4 | +398 | +47,5 |
| | 4 | -4 | +368 | +47,5 |
| | 5 | -4 | +368 | +55 |
| | 6 | +40 | +368 | +55 |
| | 7 | +150 | 0 | 0 |

Розрахунок режимів різання та норм часу

Визначення режимів різання здійснюємо, використовуючи [12]. Розрахунок режимів різання для фрезерування пазу шириною 24 мм.

Визначаємо глибину різання: $t = 0,5D = 0,5 \cdot 24 = 12$ (мм).

Подача складає: $s = 0,15$ мм.

Швидкість різання визначимо за наступною формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \cdot [\text{м/хв}] \quad (3.1)$$

Значення коефіцієнта C_v і показників степені вибираємо з таблиці, [3], а період стійкості T з таблиці [3].

$T = 60$ хв., $C_v = 9,8$, $q = 0,4$, $y = 0,5$, $m = 0,2$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання, розраховується:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Iv}, \quad (3.2)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

$$K_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1,0,$$

K_{Γ} – коефіцієнт, який характеризує групу сталі, $K_{\Gamma} = 1,0$,

n_v – показник степені, $n_v = 0,9$,

$K_{\Gamma_{lv}}$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки, $K_{\Gamma_{lv}}=1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки, $K_{lv}=1,0$.

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

$$v = \frac{9,8 \cdot 24^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 1,0 = 32,95 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання розраховується:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]} \quad (3.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 32,95}{3,14 \cdot 24} = 699,22 \text{ (об/хв)}.$$

Приймаємо $n = 700$ об/хв.

Сила різання при фрезеруванні шпонкового пазу розраховується за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_{po} \cdot D^{q_{po}} \cdot s^{y_{po}} \cdot K_p \text{ [Н]} \quad (3.4)$$

де: $C_{po} = 68$, $q_{po} = 1$, $y_{po} = 0,7$; K_p – поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{Mp},$$

де K_{Mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу та силові залежності:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}, \quad (3.5)$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1,0.$$

n_p – показник степені, $n_p = 0,75$.

Сили різання:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 24^{1,0} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,0 = 2703 \text{ (Н)}.$$

Крутний момент при свердління розраховується за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p. \text{ [Н·м]} \quad (3.6)$$

$$C_M = 0,0345, \quad q = 2, \quad y_{po} = 0,8;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 24^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,0 = 17 \text{ (Н·м)}.$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ [кВт]} \quad (3.7)$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{17 \cdot 700}{9750} = 1,22 \text{ (кВт)}.$$

Таблиця 3.2 – Режими різання

| Операції та переходи | t , мм | S , мм/об | S_{XB} , мм/хв | n_{TP} , об/хв | V , м/хв | V_{TP} , м/хв |
|---------------------------------|----------|----------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------------|
| Фрезерувати паз 1 однократно | 12 | 0,15 | 105 | 700 | 32,95 | 32,93 |

Розраховуємо час переміщення інструмента по вибраній траєкторії

$$t_{TP} = \sum_{i=1}^n t_{P.X.} + \sum_{j=1}^m t_{X.X.}, [\text{ХВ}] \quad (3.4)$$

де $t_{p.x.}$ – час виконання робочого ходу траєкторії;

n – кількість робочих ходів;

$t_{x.x.}$ – час виконання холостого ходу траєкторії;

m – кількість холостих ходів;

Основний час визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{p.x.} = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S_{XB}} [\text{ХВ}] \quad (3.5)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина траєкторії робочого ходу, мм;

S_{XB} – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{p.x.} = \frac{2,5 + 26 + 2,5}{105} = 0,29 \text{ (ХВ.)}$$

Визначаємо довжину різання

Час холостих ходів визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{x.x.} = \frac{L_{x.x.}}{S_{м.б}}, [\text{хв}] \quad (3.6)$$

де $L_{x.x.}$ – довжина траєкторії холостого ходу, мм;

$S_{м.б.}$ – хвилинна подача подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{x.x.} = \frac{(141,42 + 13 + 13 + 141,42)}{6000} = 0,25 \text{ (хв.)}.$$

Визначимо час автоматичної зміни інструмента – (8 с) 0,13 хв.

$$t_{3M} = t \cdot i, [\text{хв}] \quad (3.7)$$

де t – час зміни одного інструмента, хв;

i – кількість використаних на операції інструментів.

$$t_{3M} = 0,13 \cdot 1 = 0,13 \text{ (хв.)}.$$

Час затиску та розтискання заготовки в пристосуванні – 0,05 хв.

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = t_{X.X.} + t_{3M} + t_3 + t_P, [\text{хв}] \quad (3.8)$$

де t_{3M} - час зміни інструменту;

t_3 - час затиску заготовки в пристосуванні;

$t_{роз}$ - час розтиску заготовки в пристосуванні;

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = 0,25 + 0,13 + 0,05 + 0,05 = 0,48 \text{ (хв.)},$$

$$t_{TP} = 0,29 + 0,48 = 0,77 \text{ (хв.)}.$$

3.3 Вибір промислового робота (ПР) для РТК

Для вибору промислового робота, що працює у складі РТК, необхідно визначити основні вимоги, яким повинен відповідати промисловий робот:

- забезпечення заданої вантажопідйомності;
- розміри робочої зони промислового робота повинні визначатися розмірами, формою і положенням робочих зон обслуговуваного устаткування;
- система керування промислового робота вибирається з урахуванням способу позиціонування робочого органу, кількості управляючих координат, об'єму пам'яті;
- захватний пристрій (ЗП) вибирається з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів об'єкту маніпулювання.
- вантажопідйомність промислового робота повинна перевищувати масу об'єкту маніпулювання не менше ніж на 10%.

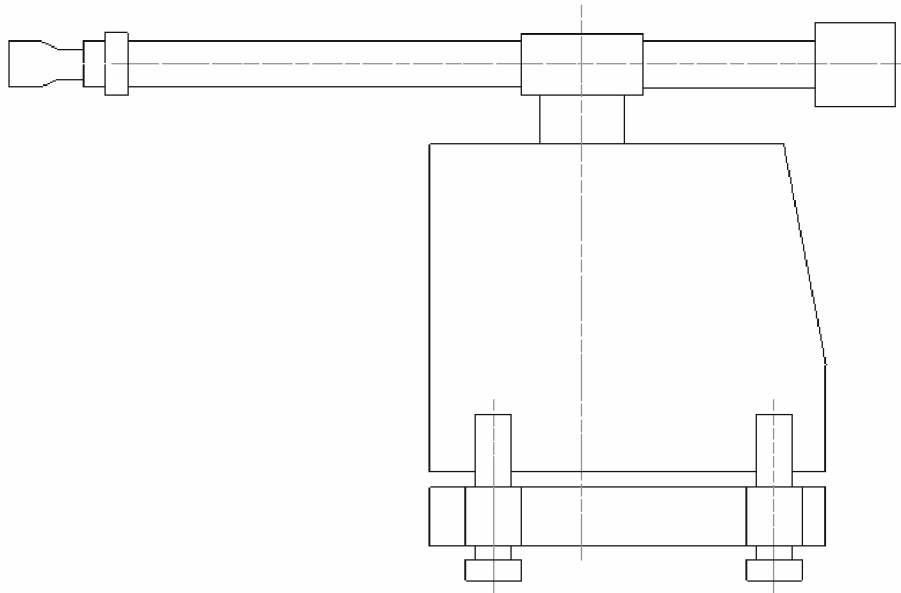


Рисунок 3.1 – Схема ПР МП-5

Для деталі Вал керуючись рекомендаціями [16], вибраний промисловий робот моделі “МП-5” (рис. 3.1), з наступними характеристиками:

- вантажопідйомність – 15 кг;
- число ступіней рухливості – 4;
- число рук – 1;
- число захватних пристроїв на одній руці – 1;
- привод основних рухів – пневматичний;
- система керування – циклова;
- число програмованих координат – 4;
- засіб програмування переміщень – по упорам;
- ємність пам'яті системи, число кроків – 42;
- похибка позиціонування – $\pm 0,3$ мм;
- найбільший виліт руки – 1100 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с;
 $r = 600/1,0$;
 $z = 100/0,7$;
- кутові переміщення, $^{\circ}$ / кутова швидкість, $^{\circ}/с$;
 $\varphi = 180/90$;
 $\alpha = 80/90$;
- габаритні розміри, мм – 1035 \times 500 \times 720;
- маса, кг – 370.

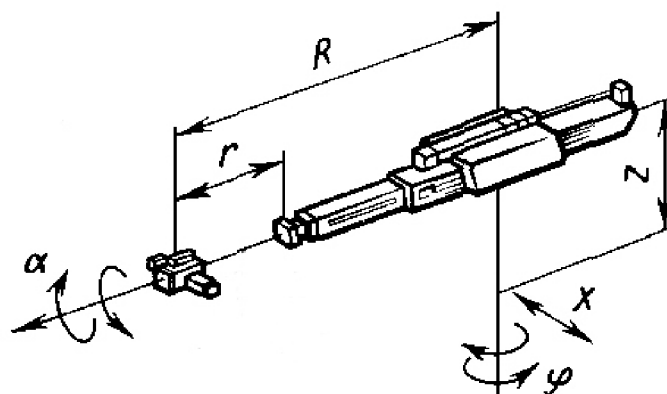


Рисунок 3.2 – Головні рухи руки промислового робота

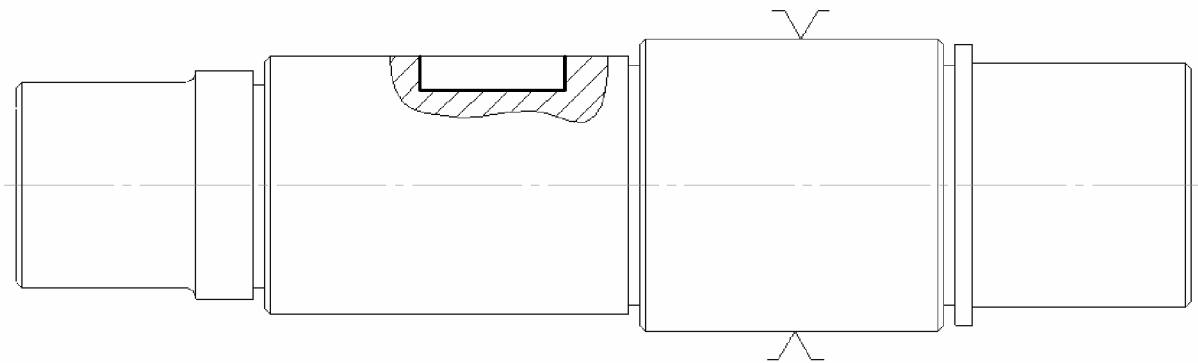
3.4 Проектування захватного пристрою

Вибір схеми закріплення заготовки.

Захватні пристрої (ЗП) промислових роботів (ПР) і маніпуляторів (М) служать для захоплення і утримання в певному положенні об'єктів маніпулювання. Ці об'єкти можуть мати різні розміри, форму, масу і володіти різноманітними фізичними властивостями, тому ЗП належать до змінних елементів ПР.

Для оперування заготовкою в просторі її установку в захватному пристосуванні здійснимо по бокових поверхнях (рис. 3.3).

Схема захватного пристрою представлена на рис. 3.5 [16].

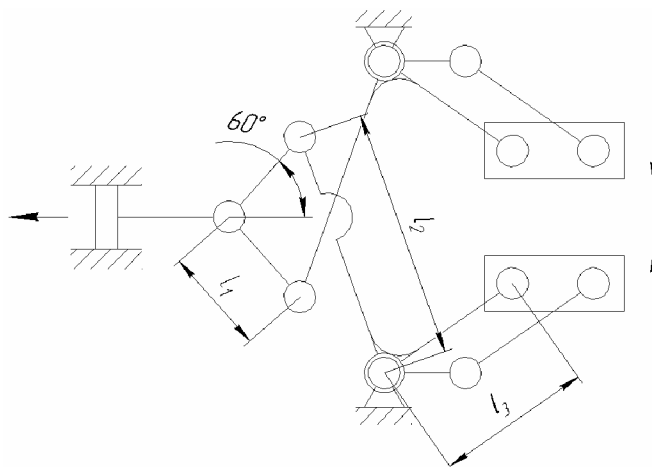


Рисунку 3.3 - Схема закріплення заготовки

Промисловий робот моделі МП-5 має один захватний орган. Так, як обрані поверхні закріплення заготовки в захватному пристрої не змінюють своєї форми та розмірів і має невеликі масовогабаритні характеристики, застосуємо захватний пристрій з паралельним переміщенням губок.

Схват кріпиться на руці робота фланцем, який на чотирьох гвинтах прикріплений до того, до компактного тягового короткоходового пневмоциліндру двосторонньої дії серії. На пневмоциліндрі, з другого боку закріплений корпус схвату. Шток пневмоциліндра шарнірно сполучений важелями. Останні також шарнірно сполучені з опорними важелями, на яких закріплені планки, до яких кріпляться губки схвату. Для замикання схвату стисле повітря подають в штокову порожнину циліндра, шток тягне короткі важелі, які повертають довгі важелі і

заготовка затискається. Пружина в безштокової порожнині призначена для приведення схвата в початкове розтиснуте положення.



Рисунку 3.4 – Кінематична схема шарнірно-важельних захватних пристроїв

Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота.

Зусилля захоплення визначають з припущення, що утримання об'єкту маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створюваних цим зусиллям:

$$F = K_1 K_2 K_3 m g, \text{ [Н]} \quad (3.9)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання, для нашого випадку це маса заготовки, яка дорівнює 8,7 кг.;

g – прискорення вільного падіння;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1=1,2 - 2,0$. Приймаємо $K_1=1,2$;

K_2 – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення A , з яким ПР переміщає об'єкт, закріплений в захватному пристрої. Для пневматичних роботів $A \approx g$. $K_2 = 1 + A/g = 1 + 1 = 2$;

K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання, вибираємо згідно [16].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (3.10)$$

де θ - половина кута нахилу губок схвату $\theta=60^\circ$ (див. рис. 3.6)

μ - коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками. $\mu=0,15$

$$K_3 = \frac{\sin 60}{2 \cdot 0,15} = 2,887.$$

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,887 \cdot 13,8 \cdot 9,8 = 937 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затиску для вибраної схеми схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \cdot \sin \theta, \quad (3.11)$$

звідки

$$P = F \cdot \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \cdot \sin \theta. \quad (3.12)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1 = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$, $h_2 = 0,08 \text{ м}$, кут $\theta=60^\circ$

$$P = 937 \cdot \frac{0,25}{0,08} \cdot 2 \cdot \sin 45 = 4141 \text{ (Н)}.$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [16]

$$F = p_v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - F_T - F_{\text{ПР}}, \text{ [Н]}$$

де p_v – робочий тиск повітря в системі. Приймаємо $p_v=0,6 \text{ МПа}=0,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$,

D – діаметр поршня;

$F_{\text{ТР}}$ – сила тертя в ущільненнях ($\approx 10\%$ від зусилля, що розвивається).

Приймаємо $F_{TP} = 40$ Н;

$F_{ПР}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{ПР} = 40$ Н.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{ПР}}{\pi \cdot p_e}} \text{ [м]}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (4141 + 40 + 40)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 94,64 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D = 100$ мм.

3.5 Розмірний аналіз на точність позиціонування деталі

Розглянемо розмірні зв'язки виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рис. 3.5):

A_{Δ} – відхилення від співісної затискного пристрою верстата і осі завантажуваної заготовки

A_1 – відхилення від співісної заготовки в ЗП.

A_2 – програмовані переміщення ЗП.

A_3 – відстань від бази

A_4 – відстань між верстатом і роботом.

A_5 – відстань від осі затискного пристрою верстата до основної бази верстата.

Установку заготовки в пристосування і знімання деталі здійснює промисловий робот. Промисловий робот бере заготовку захватним пристроєм, вносить її в робочу зону верстата так, щоб вісь заготовки співпадала з віссю призми, далі установлює заготовку на призму, після чого подається команда на затиск пристосування.

Установка заготовки на призму можливе, якщо A не перевищує значення:

$$A_{\max} = \frac{D-d}{2 \cdot K_3}, [\text{мм}] \quad (3.13)$$

де D – діаметр поверхні базування деталі;

d – менший конус призми пристосування;

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 1,1-1,2$).

$$A_{\max} = \frac{170 - 160}{2 \cdot 1,2} = 4,17 \text{ (мм)},$$

$$A_1 = 0 \pm 0,1 \text{ мм}; A_2 = 800 \pm 0,1 \text{ мм}; A_3 = 140_{-0,052}^{-0,012} \text{ мм}; A_4 = 1000_{-2,3} \text{ мм}; A_5 = 1130_{-1,4} \text{ мм}.$$

$$T_{\Delta} / 2 = 0,2 + 0,2 + 0,04 + 2,3 + 1,4.$$

$$T_{\Delta} = 4,14 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $T_{\Delta} \leq A_{\max}$, отже точність достатня виконання необхідних операцій.

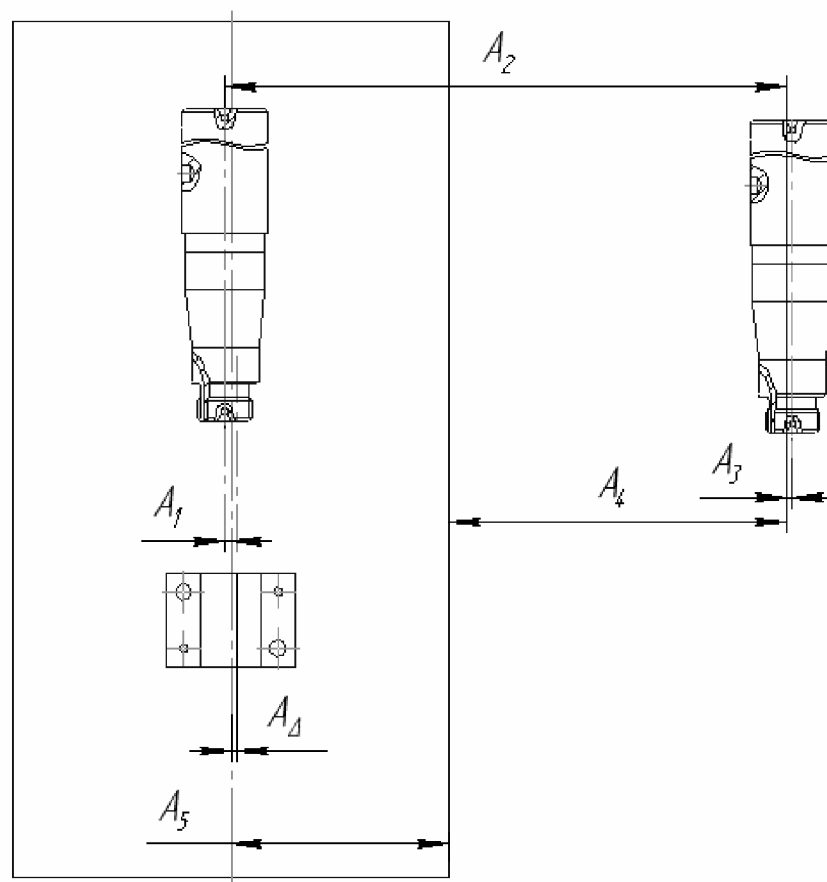


Рисунок 3.5 – Схема розмірних зв'язків

3.6 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів ПР

Побудову траєкторії виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру хватного пристрою ПР. Початок траєкторії пов'яжемо з нульовою (початковою) точкою, визначеною відповідно до початкового положення ПР.

Представимо на рисунку 3.6 фрагменти траєкторії переміщення ПР

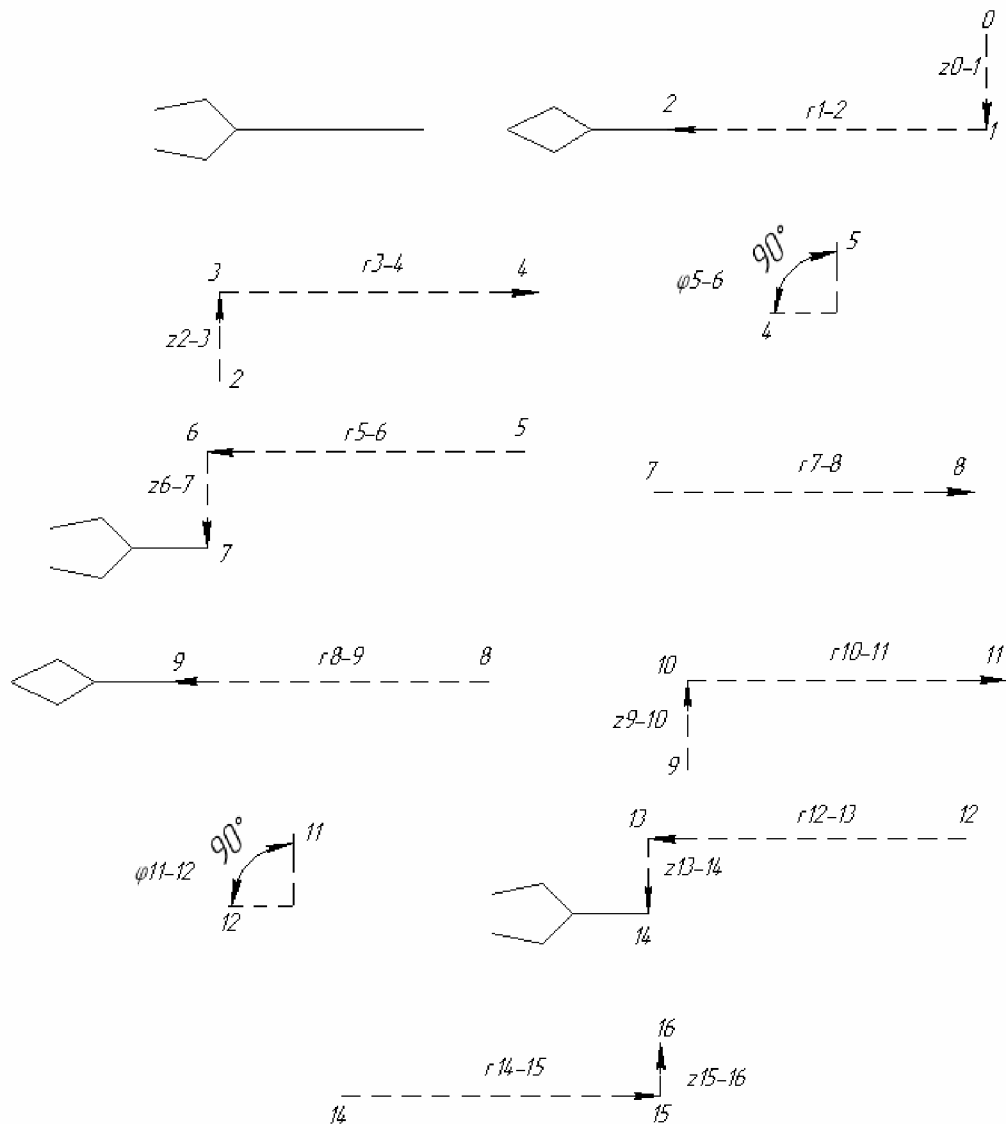


Рисунок 3.6 – Фрагменти траєкторії переміщення ПР

Основною вимогою до вибору допоміжного устаткування для РТК є: заготовка під час вступу і видаленні повинна займати необхідне положення щодо хватного

пристрою ПР, а робоча зона допоміжного устаткування повинна перетинатися з робочою зоною промислового робота.

Таблиця 3.3 – Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою (схвата)

| Елемент траєкторії | | Коментар | Величина переміщення, мм(град) |
|--------------------|----|------------------------------------|--------------------------------|
| z0 | 1 | Переміщення вузла ПР вниз | 50 |
| r1 | 2 | Переміщення руки ПР вперед | 500 |
| | | Затиск заготовки схватом ПР | - |
| z2 | 3 | Переміщення руки ПР вгору | 50 |
| r3 | 4 | Переміщення руки ПР назад | 500 |
| φ4 | 5 | Поворот руки ПР за год. стрілкою | 90° |
| r5 | 6 | Переміщення руки ПР вперед | 500 |
| z6 | 7 | Переміщення вузла ПР вниз | 25 |
| | | Затиск пристосування | |
| | | Розтиск схвату ПР | |
| r7 | 8 | Переміщення руки ПР назад | 500 |
| | | Вистій руки ПР (робота верстата) | |
| r8 | 9 | Переміщення руки ПР вперед | 500 |
| | | Затиск заготовки схватам ПР | |
| | | Розтиск патрона | |
| z9 | 10 | Переміщення вузла ПР ввверх | 25 |
| r10 | 11 | Переміщення руки ПР назад | 500 |
| φ11 | 12 | Поворот руки ПР проти год. стрілки | 90° |
| r12 | 13 | Переміщення руки ПР вперед | 500 |
| z13 | 14 | Переміщення вузла ПР вниз | 50 |
| | | Розтиск схвату ПР | |
| r14 | 15 | Переміщення руки ПР назад | 500 |
| z15 | 16 | Переміщення руки ПР вгору | 50 |

До складу проектного РТК входить тактовий стіл. На пластину крокового стола встановлюються пристосування із заготовкою. Як пристосування використовуються опорні елементи, які вибираються залежно від величини діаметрів заготовки і деталі, встановлюваних на неї. Оскільки габаритні розміри заготовки і деталі не відрізняються, то опорні елементи для них будуть однакові.

Представимо схему тактового столу СТ 350 на рисунку 3.7

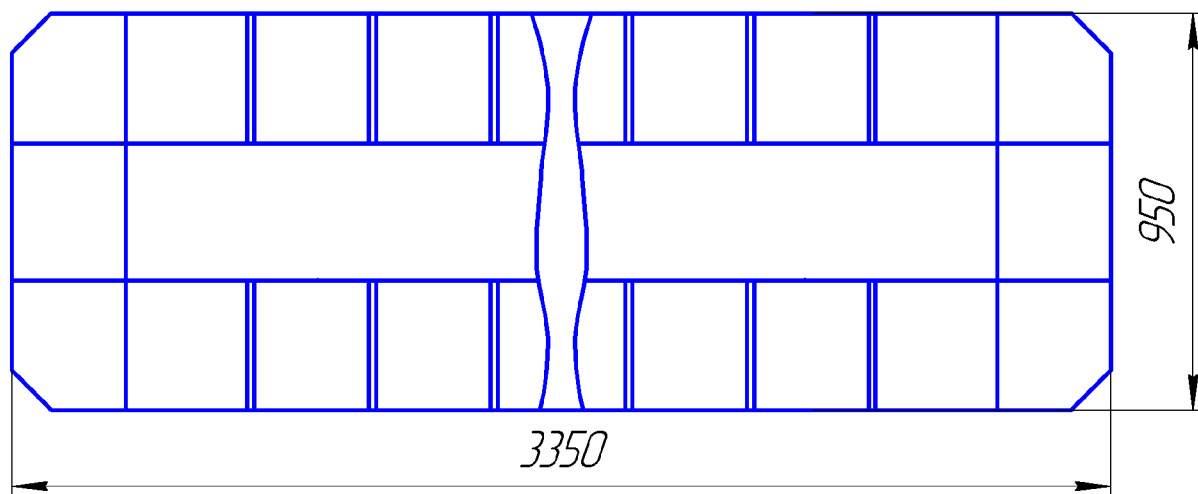


Рисунок 3.7 – Схема тактового столу СТ 350.

Аналіз можливих варіантів компоновок роботизованного технологічного комплексу.

При аналізі можливих варіантів компоновок РТК ми порівнюватимемо компоновальні схеми лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу. Приймаємо компоновальну схему кільцевого типу (рис. 3.8).

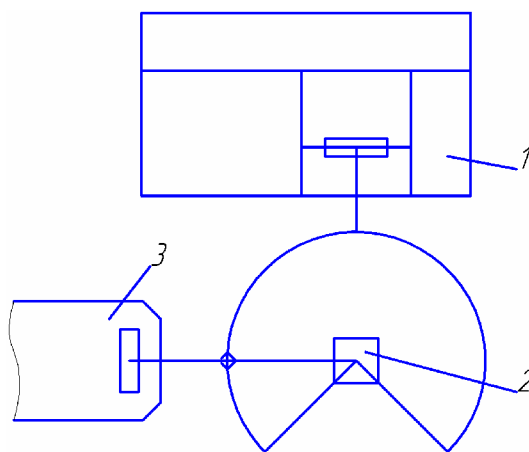


Рисунок 3.8 – Компоновальна схема кільцевого типу

3.7 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення заготовки

Для визначення швидкості лінійного позиціонування в діапазоні вильоту руки промислового робота використовуватимемо емпіричну формулу:

$$V_X = \frac{2 \cdot L_X \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \text{ [м/с]} \quad (3.14)$$

де L_X - виліт руки ПР;

Δl - погрішність позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 26,814$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 18,458$ кг;

$$V_{R\text{дде}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{18,458}} = 0,476(\text{м/с});$$

$$V_{R\text{зза}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{26,814}} = 0,367(\text{м/с}).$$

Швидкість вертикального переміщення ПР за умови урівноваження мас знаходимо по формулі:

$$V_Z = \frac{\alpha_Z \cdot \sqrt{L_Z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \text{ [м/с]} \quad (3.15)$$

де α_Z - коефіцієнт залежний від конструкції приводу, $\alpha_Z = 3$;

L_Z - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 26,814$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 18,458$ кг;

$$V_{Z\text{дде}} = \frac{3 \cdot \sqrt{0,05} \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{14,458}} = 0,32(\text{м/с});$$

$$V_{Z\text{зза}} = \frac{3 \cdot \sqrt{0,05} \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{26,814}} = 0,48(\text{м/с}).$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР відносно вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (3.16)$$

де δ – погрішність кутового позиціонування, $\delta = 0,6$;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{1,57} \cdot \sqrt[4]{0,6 \cdot 180 / (500 \cdot 3,14)}}{\sqrt[3]{(2 \cdot (3,14/2) \cdot 0,5)^4}} = 0,364 (\text{рад/с}).$$

Порівнюємо розраховані швидкості з базовими характеристиками промислового робота моделі “МП-5”:

- лінійна швидкість, м/с;

$$r = 1,0;$$

$$z = 0,7.$$

- кутова швидкість, °/с (рад/с);

$$\varphi = 90 (1,57);$$

$$\alpha = 90 (1,57).$$

Розраховані швидкості переміщення робочого органу промислового роботу менші базових і можуть бути забезпечені роботом.

3.8 Розробка алгоритму роботи РТК та побудова циклограми функціонування РТК

Циклограма функціонування РТК включає у вибраній послідовності всі дії, виконувани основним і допоміжним устаткуванням, а також ПР, необхідні для обробки заготовки.

Визначаємо час виконання кожного руху по наступних формулах:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (3.17)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [\text{с}] \quad (3.18)$$

де φ_I – кути поворотів механізмів;

l_I – лінійні переміщення механізмів;

$\omega_I V_I$ – швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

$$\begin{aligned}
 t_{0-1} &= \frac{0,05}{0,7} = 0,07(c); & t_{1-2} &= \frac{0,5}{1,0} = 0,5(c); \\
 t_{2-3} &= \frac{0,05}{0,48} = 0,1(c); & t_{3-4} &= \frac{0,5}{0,367} = 1,36(c); \\
 t_{4-5} &= \frac{90}{0,291 \cdot (180/\pi)} = 1,18(c); & t_{5-6} &= \frac{0,5}{0,367} = 1,36(c); \\
 t_{6-7} &= \frac{0,025}{0,48} = 0,05(c); & t_{7-8} &= \frac{0,5}{1,0} = 0,5(c); \\
 t_{8-9} &= \frac{0,5}{1,0} = 0,5(c); & t_{9-10} &= \frac{0,025}{0,32} = 0,08(c); \\
 t_{10-11} &= \frac{0,5}{0,476} = 1,05(c); & t_{11-12} &= \frac{90}{0,291 \cdot (180/\pi)} = 1,18(c); \\
 t_{12-13} &= \frac{0,5}{0,476} = 1,05(c); & t_{13-14} &= \frac{0,05}{0,32} = 0,16(c); \\
 t_{14-15} &= \frac{0,5}{1,0} = 0,5(c); \\
 t_{15-16} &= \frac{0,05}{0,7} = 0,07(c)
 \end{aligned}$$

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів

і підсистем.

Таблиця 3.4 – Алгоритм роботи РТК

| | Коментар | Величина переміщення, мм, (град) | Швидкість переміщення, м/с, °/с (рад/с) | Час, с |
|--------------------------------|--|----------------------------------|---|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Захват заготовки | Переміщення вузла ПР вниз | 50 | 0,7 | 0,07 |
| | Переміщення руки ПР вперед | 500 | 1,0 | 0,5 |
| | Затиск заготовки схватом ПР | | | 0,2 |
| | Переміщення руки ПР вгору | 50 | 0,48 | 0,1 |
| | Переміщення руки ПР назад | 500 | 0,367 | 1,36 |
| Сума | | | | 2,23 |
| Установка заготовки на верстат | Поворот руки ПР за год. стрілкою | 90° | (0,291) | 1,18 |
| | Переміщення руки ПР вперед | 500 | 0,367 | 1,36 |
| | Переміщення вузла ПР вниз | 25 | 0,48 | 0,05 |
| | Розтиск схвату ПР | | | 0,2 |
| | Переміщення руки ПР назад | 500 | 1,0 | 0,5 |
| Сума | | | | 3,29 |
| Верстат | Затиск заготовки на верстатному пристосуванні | | | 3 |
| | Обробка заготовки | | | 46,2 |
| | Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні | | | 3 |
| | | | | 52,2 |
| Зняття заготовки з верстата | Переміщення руки ПР вперед | 500 | 1,0 | 0,5 |
| | Затиск заготовки схватом ПР | | | 0,2 |
| | Переміщення вузла ПР ввверх | 25 | 0,32 | 0,08 |
| | Переміщення руки ПР назад | 500 | 0,476 | 1,05 |
| Сума | | | | 1,83 |

Продовження таблиці 3.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|------------------------------------|-----|---------|------|
| Переміщення заготовки до місця складання готових деталей | Поворот руки ПР проти год. стрілки | 90° | (0,291) | 1,18 |
| | Переміщення руки ПР вперед | 500 | 0,476 | 1,05 |
| | Переміщення вузла ПР вниз | 50 | 0,32 | 0,16 |
| | Розтиск схвата ПР | | | 0,2 |
| | Переміщення руки ПР назад | 500 | 1,0 | 0,5 |
| | Переміщення вузла ПР вгору | 50 | 0,7 | 0,07 |
| Сума | | | | 3,16 |
| Тактовий стіл | Переміщення на одну позицію | | | 2,5 |

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем.

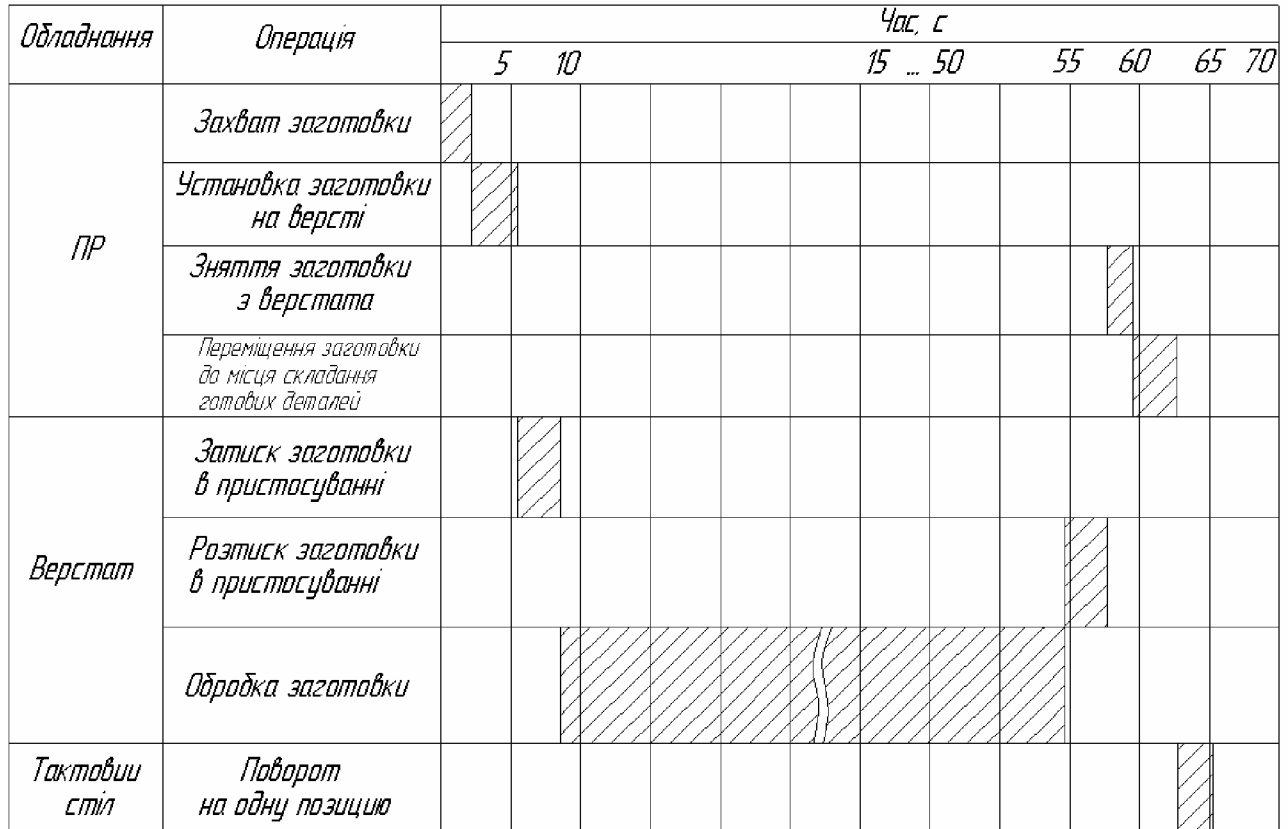


Рисунок 3.9 – Циклограма роботи РТК

3.9 Визначення основних показників роботизованного технологічного комплексу

Основні показники, що характеризують роботу РТК наступні: циклова продуктивність $Q_{ц}$; коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$; коефіцієнт використання ПР $K_{вр}$; коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$; коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$; режиму роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p} \text{ [с]}, \quad (3.19)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, 65,21 с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{65,21} = 0,0153(\text{с}).$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{зр}$

$$K_{зр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (3.20)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 22,636$ кг;

P - вантажопідйомність робота, $P = 30$ кг;

$$K_{зр} = \frac{22,636}{30} = 0,754.$$

Коефіцієнт використання $K_{вр}$

$$K_{\text{BP}} = \frac{T_{\text{ПР}}}{T_{\text{P}}}; \quad (3.21)$$

де $T_{\text{ПР}}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{\text{ПР}} = 10,51$ с;

$$K_{\text{BP}} = \frac{10,51}{65,21} = 0,161.$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO}

$$K_{\text{BO}} = \frac{T_{\text{O}}}{T_{\text{P}}}; \quad (3.22)$$

де T_{O} - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_{\text{O}} = 52,2$ с;

$$K_{\text{BO}} = \frac{52,2}{65,21} = 0,8.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [16] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості $K_{\text{np}} = 1,1$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час трудової діяльності на людину діє виробниче середовище – сукупність соціальних, фізичних, хімічних, біологічних явищ. За певних умов ці явища можуть являти небезпеку та викликати негативні зміни в здоров'ї людини. Ці явища можуть призвести до травмування та професійного захворювання працюючого. Сукупність дій виробничого середовища та трудового процесу, що впливають на здоров'я працюючого в процесі його трудової діяльності називають умовами праці [17].

На працівника під час удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Вал 35.17.3», могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні [18]:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- пряма і відбита блискіть;
- підвищення яскравість;
- недостатня освітленість робочої зони;

.2. Психофізіологічні:

- статичне перевантаження;
- розумове перевантаження;
- емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Головними елементами робочого місця проектувальника за ПК є письмовий

стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Рациональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук – це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччя при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору:

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над статтю 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Робочі місця з ПК повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1,5 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна повинен складати не менше 90° (для виключення відблисків), частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори. При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись

таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 1,2 м, від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого ПК – 2,5 м.

Приміщення, де здійснювалося проектування удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Вал 35.17.3» за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [20].

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).
- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.
- Розподільні шафи, пускові пристрої й клемні коробки закритого типу (розміщаються в спеціальних кожухах) - для забезпечення недоступності неізольованих струмопровідних частин.
- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Основним нормативним документом, що регламентує параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [20]. Цей документ встановлює оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, допустиму температуру внутрішніх поверхонь приміщення (стіни, стеля, підлога) і зовнішніх поверхонь технологічного обладнання, а також допустиму інтенсивність теплового випромінювання нагрітих поверхонь у

приміщенні та відкритих джерел тепла (нагрітий метал, скло, відкритий вогонь тощо) для робочої зони — визначеного простору, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників

Робота дослідника за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [19]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 – Параметри мікроклімату

| Період року | Допустимі | | |
|-------------|-----------|------|---------|
| | t, °C | W, % | V, м/с |
| Теплий | 22-28 | 55 | 0,1-0,2 |
| Холодний | 21-25 | 75 | 0,1 |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.
2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.
3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

4.2.2 Склад повітря робочої зони.

В приміщенні, де здійснюється проектування можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.2.

Таблиця 4.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

| Назва речовини | ГДК, мг/м ³ | | Клас небезпечності |
|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| | Максимально разова | Середньо добова | |
| Пил нетоксичний | 0,5 | 0,15 | 4 |
| Озон | 0,16 | 0,03 | 1 |

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

4.2.3 Виробниче освітлення

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато невгасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Раціональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [21]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 4.2.3:

Таблиця 4.2.3 - Норми освітленості в приміщенні

| Характеристика зорової роботи | Найменший розмір об'єкта розрізнення | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкта розрізнення з фоном | Характеристика фона | Освітленість, Лк | | КПО, e_n , % | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | | | | | Штучне освітлення | | Природне освітлення | | Сумісне освітлення | |
| | | | | | | Комбіноване | Загальне | Верхнє або верхнє і бокове | Бокове | Верхнє або верхнє і бокове | Бокове |
| Дуже високої точності | V0,15 - до 0,3 | II | г | великий | світлий | 1000 | 300 | 7 | 2,5 | 4,2 | 1,5 |

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину. Фізична сутність звуку – це механічні коливання пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, що діють на слуховий аналізатор (мембрану вуха).

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [22]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 4.2.4.

Таблиця 4.2.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

| Характер робіт | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц) | | | | | | | | | Допустимий рівень звуку, дБА |
|----------------------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| | 32 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Виробничі приміщення | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

4.2.5 Виробничі випромінювання.

Працюючи за комп'ютером, користувач підпадає під вплив високочастотного електромагнітного поля (ЕМП). Як показують результати вимірювання електромагнітного випромінювання, інтенсивність опромінення ЕМП від комп'ютера підсилюється, коли одночасно оператор ще й розмовляє по мобільному телефону.

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця. Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон. Відтак, захист від ЕМВ не лише покращить самопочуття працівників, але і допоможе створити більш сприятливі умови для праці.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 4.2.6.

Таблиця 4.2.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

| Найменування параметра | Допустимі значення |
|---|--------------------|
| Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора | 10В / м |
| Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора | 0,3 А / м |
| Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: | 20кВ / м |
| для дорослих користувачів | |
| для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів | 15кВ / м |

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати

монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка обстановки в умовах дії загрозливих факторів НС

4.3.1 Дія радіації на живі організми.

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури тканини і клітин. Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені іони і радикали продовжують свою активну дію ще деякий період часу. Виникає період вторинної дії променів.

Особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань такі:

- біологічний ефект залежить від поглинутої дози випромінювання. Ця залежність прямо пропорційна – із зростанням дози посилюється ефект;
- ефект опромінення пов'язаний із розподілом дози за часом, тобто із місткістю поглинання енергії. Ступінь променевого ураження залежить від розділу сумарної дози на окремі фракції. Якщо число фракцій зростає;
- ураження живого організму зменшується тому, що в ньому між окремими порціями ураження розпочинається відновлення деяких функцій [24].

4.3.2 Оцінка обстановки при радіоактивному зараженні території підприємства внаслідок аварії на АЕС.

Провести оцінку обстановки при радіоактивному зараженні території підприємства внаслідок аварії на АЕС, якщо вимірний рівень радіації через $t = 9$ год складає $P_t = 0,2$ р/год, а роботи почалися через $t_{\text{п}} = 10$ год після зараження. Допустима доза опромінення $D_{\text{доп}} = 0,25$ р.

Знаходимо рівень радіації через 1 год після аварії:

$$P_1 = P_t t^{0,5} \text{ [р/год]}; \quad (4.1)$$

$$P_1 = 0,2 \cdot 9^{0,5} = 0,6 \text{ (р/год)}.$$

Знаходимо час початку дезактивації місцевості за допомогою такої формули

$$D_M = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}} \text{ [р]}, \quad (4.2)$$

де t_n, t_k – час початку та кінця опромінення, год;

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення радіації ($K_{осл} = 1$ для відкритої місцевості).

Час кінця опромінення визначимо за формулою:

$$t_k = t_d + t_n \text{ [год]}. \quad (4.3)$$

Прирівнявши можливу дозу опромінення до допустимої отримаємо:

$$\sqrt{t_d + t_n} - \sqrt{t_n} = \frac{D_{дон} K_{осл}}{2P_1} = a. \quad (4.4)$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$t_d + t_n - 2\sqrt{t_n} \sqrt{t_d + t_n} + t_n = a^2, \quad (4.5)$$

або

$$2\sqrt{t_n} \sqrt{t_d + t_n} = t_d + 2t_n - a^2. \quad (4.6)$$

Знову піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$4t_n t_\partial + 4t_n^2 = (t_\partial - a^2)^2 + 4t_n (t_\partial - a^2) + 4t_n^2, \quad (4.7)$$

звідки

$$t_\partial^2 - 2t_\partial a^2 + a^4 - 4t_n a^2 = 0. \quad (4.8)$$

Отримано квадратне рівняння відносно t_∂ . Розв'яжемо його за допомогою дискримінанту 1:

$$D_1 = a^4 - (a^4 - 4t_n a^2) = 4t_n a^2 > 0; \quad (4.9)$$

$$t_\partial = a^2 \pm \sqrt{4t_n a^2} = a^2 \pm 2a\sqrt{t_n}. \quad (4.10)$$

Вибираємо додатній корінь рівняння:

$$t_\partial = a^2 + 2a\sqrt{t_n} \text{ [год]}. \quad (4.11)$$

Знайдемо спочатку величину a

$$a = \frac{D_{\text{дон}} K_{\text{осл}}}{2P_1} \quad (4.12)$$

$$a = \frac{0,25 \cdot 1}{2 \cdot 0,6} = 0,208/$$

Таким чином, за формулою (4.12) знайдемо допустимий час перебування населення в зонах небезпечного і надзвичайно небезпечного забруднення без засобів індивідуального захисту на відкритій місцевості

$$t_{\text{д}} = 0,208^2 + 2 \cdot 0,208 \cdot \sqrt{10} = 1,36 \text{ (год).}$$

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведено в табл. 5.1 та 5.2 [25].

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

| Ступінь новизни | Характеристика ступеня новизни | Значення показника ступеня новизни, бали |
|-----------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Принципово нова | Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод | 60...100 |
| Нова | Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів | 40...60 |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 |
|---------------|---|---------|
| Відносно нова | Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок | 10...40 |
| Відносно нова | (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни) | 10...40 |
| Традиційна | Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим | 2...10 |
| Не нова | Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам | 1...2 |

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де $k_{\text{нов}}$, $k_{\text{теор}}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

| Характеристика рівня теоретичного опрацювання | Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали |
|--|---|
| Відкриття закону, розробка теорії | 80...100 |
| Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу | 60...80 |
| Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини | 20...60 |
| Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо | 6...20 |
| Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо | 1...5 |

В роботі проведено модернізацію ділянки механічної обробки деталі "Вал 35.17.3" з урахуванням результатів імітаційного моделювання, тому $k_{нов} = 30$. Розроблено алгоритм для аналізу якості виготовлення заготовки деталі "Вал 35.17.3" під час її виготовлення, тому $k_{теор} = 30$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 30 + 0,4 \cdot 30 = 30.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки по удосконаленню ділянки механічної обробки деталі "Вал 35.17.3", створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями [25], наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

| Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою) | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
| Кри-терій | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Технічна здійсненність концепції: | | | | | |
| 1 | Достовірність концепції не підтверджена | Концепція підтверджена експертними висновками | Концепція підтверджена розрахунками | Концепція перевірена на практиці | Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах |
| Ринкові переваги (недоліки): | | | | | |
| 2 | Багато аналогів на малому ринку | Мало аналогів на малому ринку | Кілька аналогів на великому ринку | Один аналог на великому ринку | Продукт не має аналогів на великому ринку |
| 3 | Ціна продукту значно вища за ціни аналогів | Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів | Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів | Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів | Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів |
| 4 | Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів | Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів |
| 5 | Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів | Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів | Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів | Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів | Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів |
| Ринкові перспективи | | | | | |
| 6 | Ринок малий і не має позитивної динаміки | Ринок малий, але має позитивну динаміку | Середній ринок з позитивною динамікою | Великий стабільний ринок | Великий ринок з позитивною динамікою |
| 7 | Активна конкуренція великих компаній на ринку | Активна конкуренція | Помірна конкуренція | Незначна конкуренція | Конкурентів немає |

Продовження таблиці 5.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|--|---|--|---|---|
| Практична здійсненність | | | | | |
| 8 | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї | Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців | Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату | Необхідне незначне навчання фахівців | Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї |
| 9 | Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні | Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Не потребує додаткового фінансування |
| 10 | Необхідна розробка нових матеріалів | Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі | Потрібні дорогі матеріали | Потрібні досяжні та дешеві матеріали | Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві |
| 11 | Термін реалізації ідеї більший за 10 років | Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років | Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років |
| 12 | Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво | Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту | Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних | Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту | Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту |

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

| Критерії | Прізвище, ініціали, посада експерта | | |
|------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Сердюк О. В. | Савуляк В.В. | Піонткевич О.В. |
| | Бали, виставлені експертами: | | |
| 1 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 2 |
| 3 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 3 | 4 | 3 |
| 5 | 3 | 3 | 4 |
| 6 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 4 | 3 |
| 8 | 4 | 4 | 3 |
| 9 | 4 | 4 | 4 |
| 10 | 4 | 4 | 4 |
| 11 | 4 | 4 | 4 |
| 12 | 4 | 4 | 4 |
| Сума балів | СБ ₁ =35 | СБ ₂ =36 | СБ ₃ =38 |

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{35 + 36 + 38}{3} = 36,33.$$

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Так як деталь "Вал 35.17.3" не може бути реалізована самостійно на ринку то його прогнозований попит буде становити залежно програми випуску готового виробу.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України. На території області знаходиться більше 160 сільськогосподарських підприємств, які можуть використовувати Вал для ремонту навантажувачів сільськогосподарської продукції.

Оскільки загальний ресурс роботи редуктора для кормозмішувача, до складу якого входить деталь "Вал 35.17.3", є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко-

економічні показники можна припустити що редуктора для кормозмішувача буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канали збуту - шлях товару від безпосереднього виробника до споживача, включаючи оптових та роздрібних торговців. Цей шлях забезпечують відповідні організації, люди.

Зважаючи на те, що комплектуючі до редукторів для кормозмішувачів поставляються на заводи-виробники сільськогосподарської техніки та на фірми, що розповсюджують запасні частини до такої техніки, основними каналами розповсюдження будуть:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію редукторів для кормозмішувачів на підприємства-виробники сільськогосподарської техніки;
- канал першого рівня, що передбачає реалізацію редукторів для кормозмішувачів оптовим дилерам.

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуском кормозмішувачів крім Калинівського машинобудівного заводу займається ТОВ "Демі-мікс Україна" м. Кременчук та інші машинобудівні заводи. В таблиці 3.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки. Основним недоліком аналога є більша собівартість обробки, оскільки значно більше часу затрачається.

Аналізуючи таблицю 5.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог. Вона має меншу собівартість при вищому номінальному тиску, що дозволить отримати кращі експлуатаційні характеристики.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

| Показник | Одиниці виміру | Аналог, Вал у складі кормо-змішувача Demi-mix 6 | Вал у складі кормо-змішувача КСП-6 | Відношення параметрів нового прис-тосування і параметрів аналога |
|---------------------------------|----------------|---|------------------------------------|--|
| Кількість операцій | шт. | 7 | 6 | 1,17 |
| Кількість одиниць обладнання | шт. | 7 | 6 | 1,17 |
| Сумарний час механічної обробки | хв. | 12,43 | 11,32 | 1,09 |

5.6 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на кормозмішувач необхідно враховувати ціну основного конкурента на аналогічний за характеристиками кормозмішувач.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію лише за рахунок підвищених експлуатаційних характеристик. Але собівартість таких кормозмішувачів набагато вища.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри розроблюваного виробу ніж у аналога, пропонується продавати даний вал за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

| Показник | Абсолютне значення параметра | | | Коефіцієнт вагомості параметра |
|---------------------------------|------------------------------|---------|-------|--------------------------------|
| | краще | середнє | гірше | |
| Кількість операцій | | 8 | | 30% |
| Кількість одиниць обладнання | | 7 | | 30% |
| Сумарний час механічної обробки | 9 | | | 40% |

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.2)$$

де P_{Hi} - числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 8 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,4 = 8,1.$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}},$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}},$$

де P_{Hi} , P_{Bi} - числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.7 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

| Показник | Варіанти | | Відносний показник якості | Коефіцієнт вагомості параметра |
|--|----------|--------|---------------------------|--------------------------------|
| | Базовий | Новий | | |
| Технічні показники | | | | |
| Кількість операцій | 7 | 6 | 1,17 | 0,25 |
| Кількість одиниць обладнання | 7 | 6 | 1,17 | 0,25 |
| Сумарний час механічної обробки | 12,43 | 11,32 | 1,09 | 0,5 |
| Економічні показники | | | | |
| Собівартість продукції (редуктор кормозмішувача) | 16000 | 15000 | 1,067 | 0,7 |
| Капітальні вкладення | 115000 | 120000 | 0,95 | 0,3 |

$$q_1 = 7/6 = 1,17;$$

$$q_2 = 7/6 = 1,17;$$

$$q_3 = 12,43/11,37 = 1,17.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{ЯВ} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

$$K_{ЯВ} = 1,17 \cdot 0,25 + 1,17 \cdot 0,25 + 1,09 \cdot 0,5 = 1,13.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 13%.

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{\text{тп}} / I_{\text{еп}}, \quad (5.4)$$

де $I_{\text{тп}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);
 $I_{\text{еп}}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{еп}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{бєі}}}, \quad (5.5)$$

де $P_{\text{бєі}}$, $P_{\text{неі}}$ – економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{еп}} = (15000 \cdot 0,7 + 120000 \cdot 0,3) / (16000 \cdot 0,7 + 115000 \cdot 0,3) = 1,017;$$

$$K = 1,13 / 1,017 = 1,111 > 1.$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників [26]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (5.6)$$

де: M – місячний посадовий оклад кожного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{18000}{22} \cdot 9 = 7363,62 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати розрахунків основної заробітної плати [26]

| № п/п | Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн | Оплата за робочий день, грн | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату |
|--------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1. | Керівник проекту | 18000 | 818,18 | 9 | 7363,62 |
| 2. | Інженер-технолог | 14000 | 636,36 | 6 | 3818,16 |
| 4. | Інженер-конструктор | 14000 | 636,36 | 7 | 4454,52 |
| Всього | | | | | 15636,3 |

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c=1,5$;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.8)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 жовтня 2023 року – $M_m = 6700$ грн. [19];

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Враховуючи, що мають працювати робітники четвертого та п'ятого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

$$C_4 = 6700 \cdot 1,37 \cdot 1,5 / 22 \cdot 8 = 78,23 \text{ (грн./год.)};$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = (15636,3 + 51,15) \cdot 12\% = 1882,49 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 5.8 – Витрати на основну заробітну плату

| Обладнання | Трудомісткість годин | Розряд роботи | Погодинна тарифна ставка | Величина оплати, грн |
|---|-------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Фрезерно-центрувальний МР-71 | 0,014 | 4 | 78,23 | 1,09 |
| Токарний верстат 16К2Т1 | 0,349 | 4 | 78,23 | 27,3 |
| Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3 | 0,023 | 4 | 78,23 | 1,8 |
| Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2 | 0,016 | 4 | 78,23 | 1,25 |
| Шліцефрезерний 5А352ПФ2 | 0,19 | 4 | 78,23 | 14,86 |
| Круглошліфовальний напівавтомат з ЧПК 3К151ВФ20 | 0,062 | 4 | 78,23 | 4,85 |
| Всього | | | | 51,15 |

Нарахування на заробітну плату склали 22% від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(15636,3 + 51,15 + 1882,49) \cdot 0,22 = 3865,39 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, яке використовується під час виготовлення деталі "Вал 35.17.3".

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{Н.В.}} \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – загальна балансова вартість обладнання;

$T_{фн}$ – строк фактичного використання обладнання;

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання.

Таблиця 5.9 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

| Найменування обладнання | Балансова вартість, грн. | Термін нормативного використання, р. | Термін корисного використання, міс. | Величина амортизаційних відрахувань, грн. |
|--|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Комп'ютер Lenovo | 15000 | 5 | 0,3 | 75 |
| Приміщення | 400000 | 25 | 0,3 | 400 |
| Фрезерно-центрувальний МР-71 | 200000 | 5 | 0,3 | 1000 |
| Токарний верстат 16К2Т1 | 720000 | 5 | 0,3 | 3600 |
| Вертикально-фрезерний ЧПК 6Р13РФ3 | 880000 | 5 | 0,3 | 4400 |
| Вертикально-свердлильний ЧПК 2Р135Ф2 | 270000 | 5 | 0,3 | 1350 |
| Шліцефрезерний 5А352ПФ2 | 420000 | 5 | 0,3 | 2100 |
| Кругло-шліфовальний напівавтомат ЧПК 3К151ВФ20 | 470000 | 5 | 0,3 | 2350 |

Відповідно:

$$A = 75 + 400 + 1000 + 3600 + 4400 + 1350 + 2100 + 2350 = 15275 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_B \text{ [грн.],} \quad (5.9)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 26,814 кг,

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 42,5 грн./кг.,

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$.

V_i – маса відходів i -го найменування, 8,356 кг,

C_B – ціна відходів i -го найменування, 8 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.10 - Витрати на матеріал

| Найменування матеріалу | Ціна за 1 кг., грн. | Витрачено, кг. | Величина відходів, кг | Ціна відходів грн./кг. | Вартість витраченого матеріалу, грн. |
|------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Сталь 45 | 42,5 | 26,814 | 8,356 | 8 | 1186,71 |
| | | | | | 1186,71 |

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь 45 і відповідно отримаємо:

$$M = 26,814 \cdot 42,5 \cdot 1,1 - 8,356 \cdot 8 = 1186,71 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni} / \eta_i \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На 30 листопада 2023 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{opt} = 4,107$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{розп} = 1,769$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів АТ "Вінницяобленерго" та $C_{пост} = 1,150$ грн./кВт за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця".

$$C_e = (4,107 + 1,769 + 1,15) \cdot (1 + 20\%/100\%) = 8,431 \text{ (грн.)}.$$

W – установлена потужність обладнання;

t – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності. $K_{п} < 1$, приймаємо 0,9.

Тоді:

$$Ц_{e1} = 8,431 \cdot 5 \cdot 0,014 \cdot 0,9 = 0,53 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e2} = 8,431 \cdot 8 \cdot 0,349 \cdot 0,9 = 21,19 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e3} = 8,431 \cdot 10 \cdot 0,023 \cdot 0,9 = 1,75 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e4} = 8,431 \cdot 4 \cdot 0,016 \cdot 0,9 = 0,49 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e5} = 8,431 \cdot 5 \cdot 0,19 \cdot 0,9 = 7,21 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e6} = 8,431 \cdot 6,5 \cdot 0,062 \cdot 0,9 = 3,06 \text{ (грн.)},$$

Звідси:

$$\begin{aligned} Ц_e &= Ц_{e1} + Ц_{e2} + Ц_{e3} + Ц_{e4} + Ц_{e5} + Ц_{e6} = \\ &= 0,53 + 21,19 + 1,75 + 0,49 + 7,21 + 3,06 = 34,23 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати робітників, які виконували дану роботу:

$$I_B = (1 \dots 3) (Z_o + Z_p), \quad (5.11)$$

$$I_B = 2 \cdot (15636,3 + 51,15) = 31374,9 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned} B &= 15636,3 + 51,15 + 1882,49 + 3865,39 + 15275 + 1186,71 + \\ &+ 32,43 + 31374,9 = 69304,37 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.12)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 69304,37 / 0,95 = 72951,97 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.13)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,9$.

Тоді:

$$ЗВ = 72951,97 / 0,9 = 81057,74 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 81,057 тис. грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект від модернізації дільниці механічної обробки деталі "Вал 35.17.3" пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це

дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів редукторів кормозмішувачів, складовою яких є деталь "Вал 35.17.3", складає щороку приблизно 3000 шт. Середня ціна подібних валів 2350 грн. Оскільки собівартість виготовлення валу за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші вали редукторів кормозмішувачів приблизно на 10% дешевше, тобто в середньому за 2100 грн. або на 250 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що навантажувачі будуть користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації ділянки механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення навантажувачів.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 вересня 2024 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік впровадження (2025 р.) – приблизно 2000 шт.;

2-й рік впровадження (2026 р.) – приблизно 2500 шт.;

3-й рік впровадження (2027 р.) – приблизно 3000 шт.;

4-й рік впровадження (2028 р.) – приблизно 2400 шт.

У 2029 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.14)$$

де $\Delta Ц_0$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $\Delta Ц_0 = 250$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N_1 = 2000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$Ц_0$ – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $Ц_0 = 2100$ грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda \approx 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2023 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\Delta П_1$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2025 р.) складе:

$$\Delta П_1 = (2000 \cdot 250) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 85413 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta П_2 = (2500 \cdot 250) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 106766 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta П_3 = (3000 \cdot 250) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 128120 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta П_4 = (2400 \cdot 250) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 102496 \text{ (грн.)}$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в

розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (5.15)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.16)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $\tau = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо $E_{абс} = 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{абс} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{85413}{(1+0.1)^1} + \frac{106766}{(1+0.1)^2} + \frac{128120}{(1+0.1)^3} + \frac{102496}{(1+0.1)^4} = 332149,14 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abc} = 332149,14 - 81057,74 = 251091,4 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (5.17)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 251091,4$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 81057,74$ грн.;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 251091,4 / 81057,74} - 1 = 0,326 = 32,6\%$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.18)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках в 2023 році в Україні $d = (0,12...0,22)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,15)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,17 + 0,12 = 0,29 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 29\%.$$

Оскільки величина $E_v = 32,6\% > \tau_{\text{мін}} = 29\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_v,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,326 = 3,07.$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку.

ВИСНОВКИ

В запропонованій роботі було проаналізовано сучасний стан застосування автоматизації в машинобудівному виробництві. Визначено технологічні засоби, які підвищують продуктивність праці та якість продукції

Для деталі "Вал 35.17.3" було проведено якісний та кількісний аналіз конструкції деталі, визначено тип виробництва – дрібносерійне та організацію роботи – групова. У якості способу виготовлення заготовки вибрано калібрований прокат. Розроблено маршрут механічної обробки деталі "Вал 35.17.3". Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 90m7$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для цієї ж поверхні розраховані режими різання. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми часу.

Для операції 015 операції - Фрезерна з ЧПК було проведено автоматизацію робочого місця. Для цього було застосовано роботизований технічний комплекс. Обробка деталі на заданій операції здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13PФ3. У складі РТК також використовується тактовий стіл СТ 350.

Проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці. Проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Період окупності склав 3,07 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Індустрія 4.0. Постійне посилання: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>.
2. Індустрія 4.0. Постійне посилання: <https://www.industry4ukraine.net/category/publications/industry-4-0/>.
3. Муляр Ю. І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина I : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 99 с.
4. Головко Д. Б. Автоматика і автоматизація технологічних процесів : підручник / Головко Д. Б., Реґо К. Г., Скрипник Ю. О. – К. : Либідь, 1997. – 232 с.
5. Пашков Є. В. Промислові мехатронні системи на основі пневмоприводу : навч. посібник / Є. В. Пашков, Ю. О. Осинський. – Севастополь : Вид-во СевНТУ, 2007. – 388 с.
6. Косик А. А. застосування принципів Індустрії 4.0 в автоматизації машинобудівного виробництва / А. А. Косик, С. І. Сухоруков // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”, Вінниця.
7. Мельничук П.П. Технологія машинобудування / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков // – Житомир: ЖДТУ, 2005 – 882 с.
8. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
9. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
10. Дусанюк Ж. П. Технологічні процеси виготовлення деталей машин. Навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 196 с.
11. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / Руденко П. О. –К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

12. Мазур, М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг.ред. М.П. Мазура - Львів: Новий світ - 2000, 2010. - 422 с.

13. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.

14. Дубровська Г. М. Системи сучасних технологій : навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Г. М. Дубровська, А. П. Ткаченко. - 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - 352 с.

15. Дерібо О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Роботизовані технологічні комплекси та САП верстатів з ЧПК» / Уклад. Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 44 с.

17. Постанова КМУ №337 від 17 квітня 2019 року Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві.

18. Кобилянський О.В. Основи охорони праці (в двох частинах). Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, Ч. 2. – 2007. – 171 с.

19. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

23. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

24. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 45 с.

25. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

26. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт].
Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Вал 35.17.3"

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 80,1 Схожість 19,9

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис) Сердюк О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

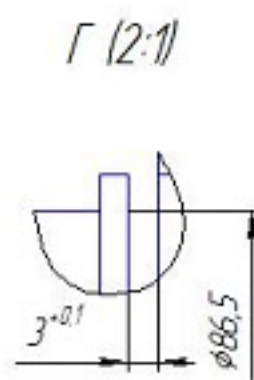
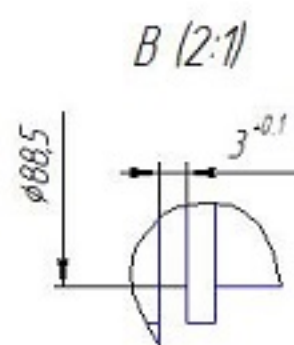
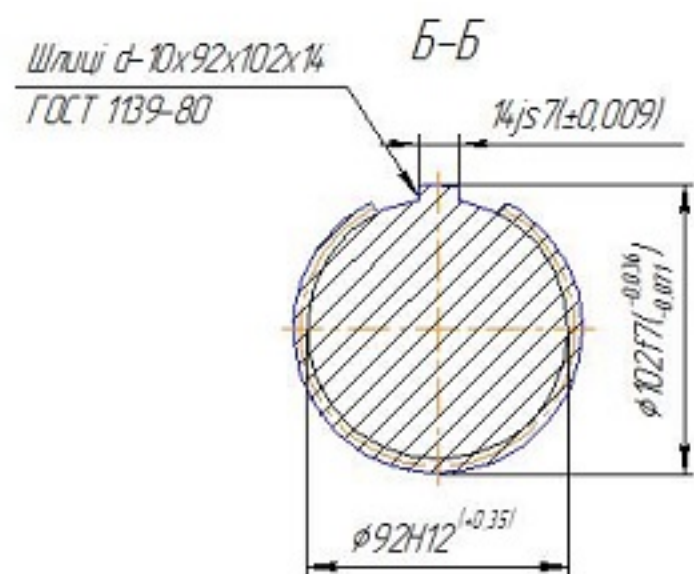
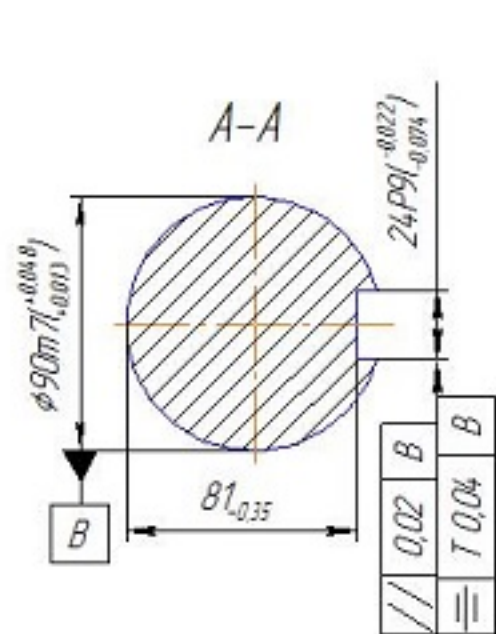
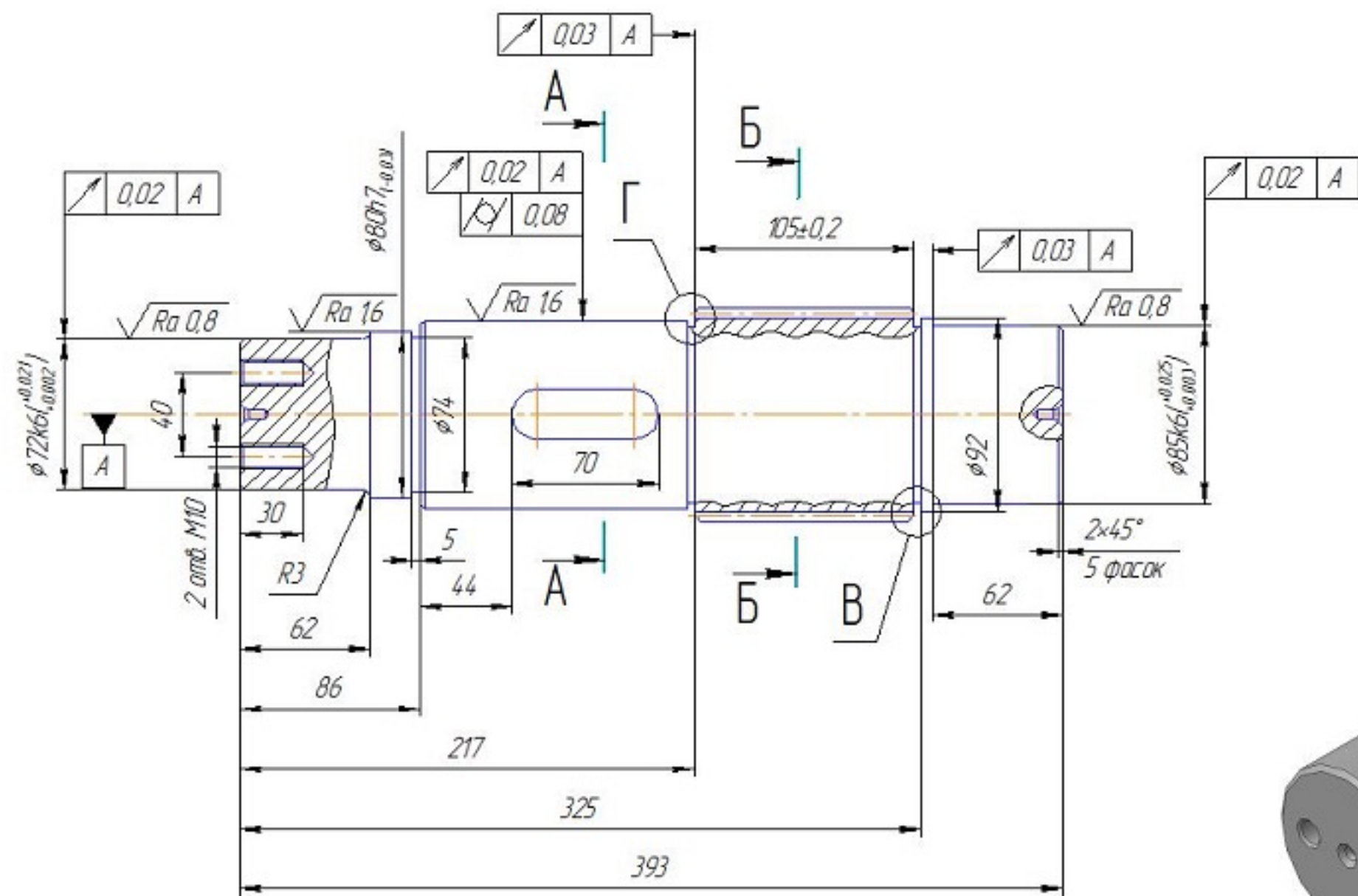
Автор роботи _____
(підпис) Косик А.А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) Сухоруков С.І.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ 35.17.3"**



1. Твердость HRC, 45, 50
2. H12 h12 ± $\frac{IT12}{2}$.

| | | | | | | |
|-----------------------|--|--|--|-----------|--------|---------|
| 08-64.MKP.01100.001 | | | | Лист | Масса | Масштаб |
| Вал | | | | 1 | 18,458 | 1:2 |
| Сталь 45 ГОСТ 4561-74 | | | | Лист | Листов | 1 |
| Копирован | | | | Формат А2 | | |

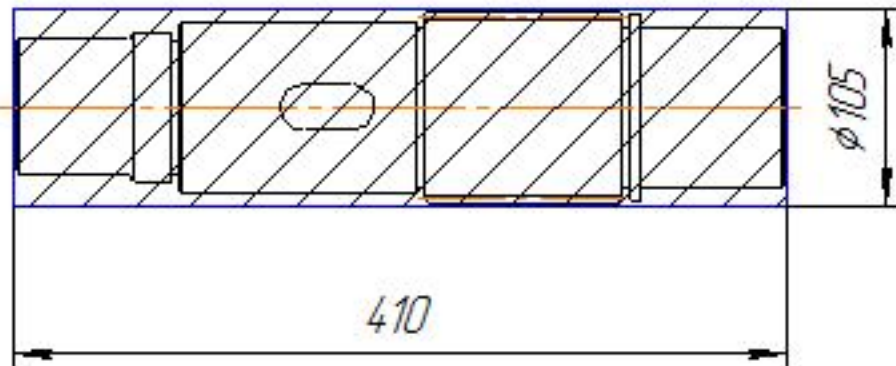
Исполнитель
Лист
Листов
Исполнитель
Лист
Листов
Исполнитель
Лист
Листов
Исполнитель
Лист
Листов

08-64.МКР.011.00.002

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



H14; h14; ±IT 14/2

Подп. и дата

Инд. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

08-64.МКР.011.00.002

Заготовка
(Прокат)

| Лист | Масса | Масштаб |
|------|--------|---------|
| | | 1:4 |
| Лист | Листов | 1 |

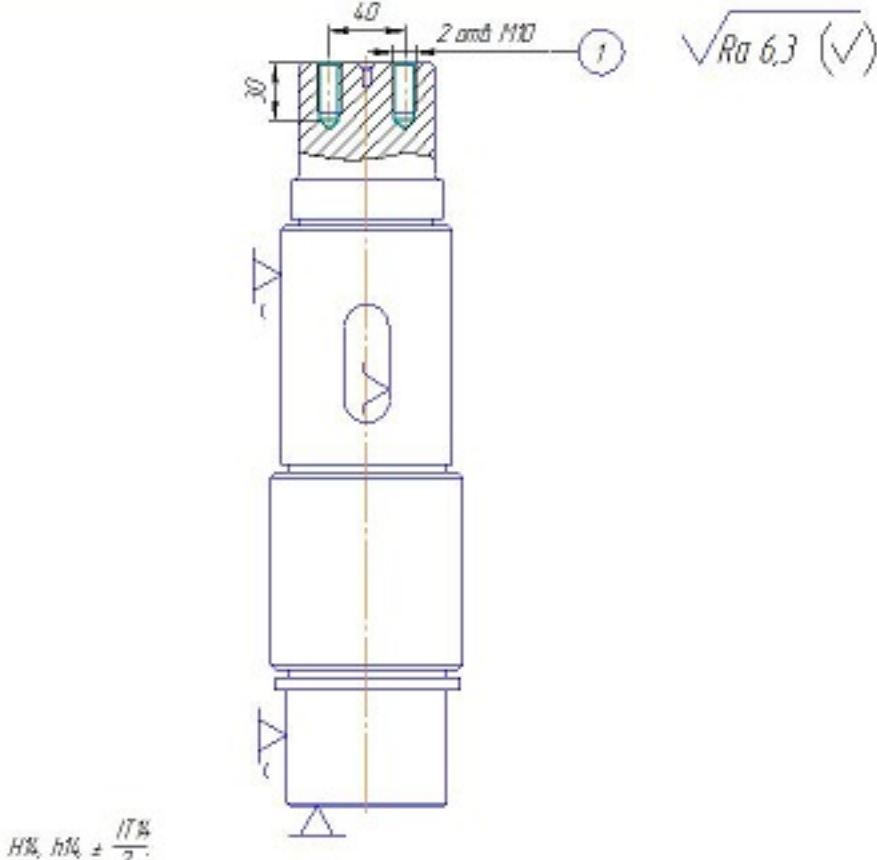
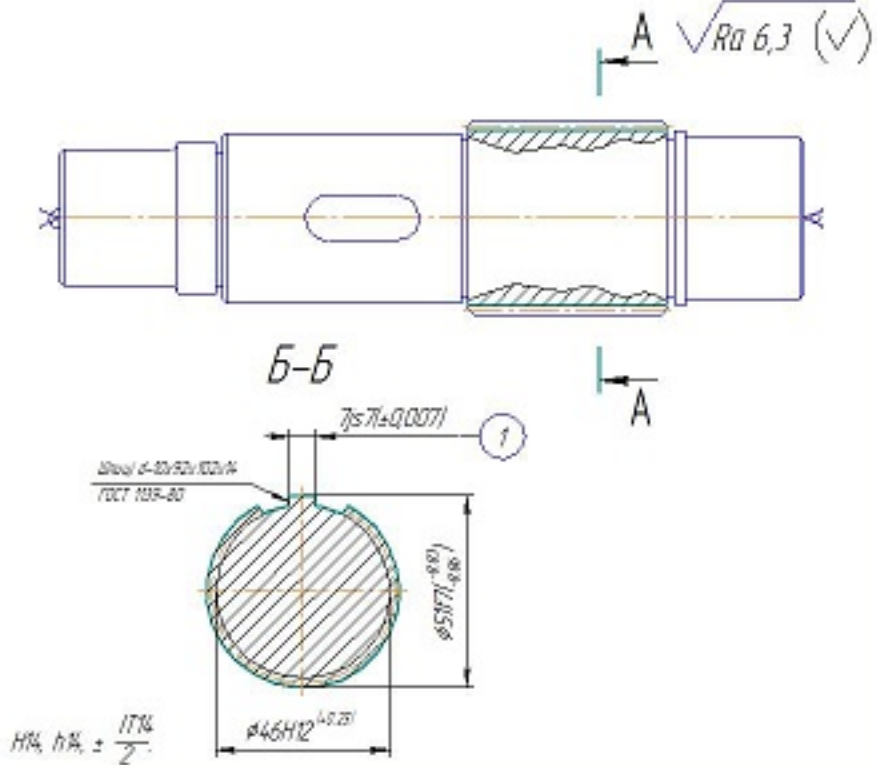
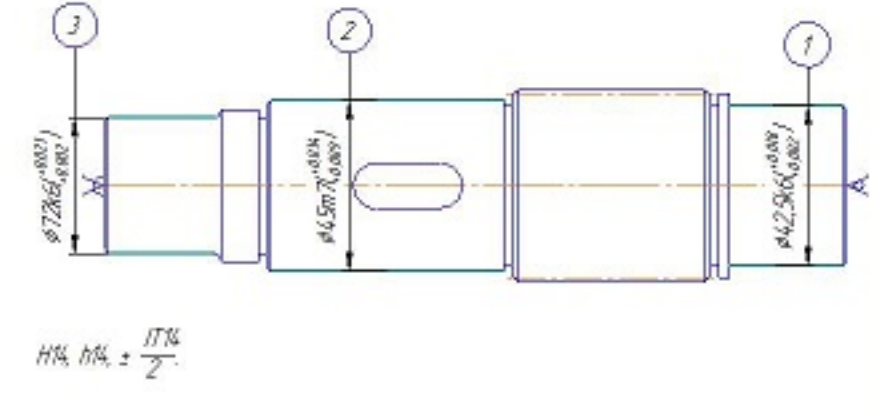
105 ГОСТ 1133-71
Круг 45 ГОСТ 1050-88

гр. 1ПМ-22М

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|----------|------|----------------|-------|------|
| Разраб. | | Косик А.А. | | |
| Пров. | | Сухаруков С.І. | | |
| Т.контр. | | | | |
| И.контр. | | Сердюк О.В. | | |
| Утв. | | Козлов Л.Г. | | |

Технологічний процес механічної обробки (Лист 2)

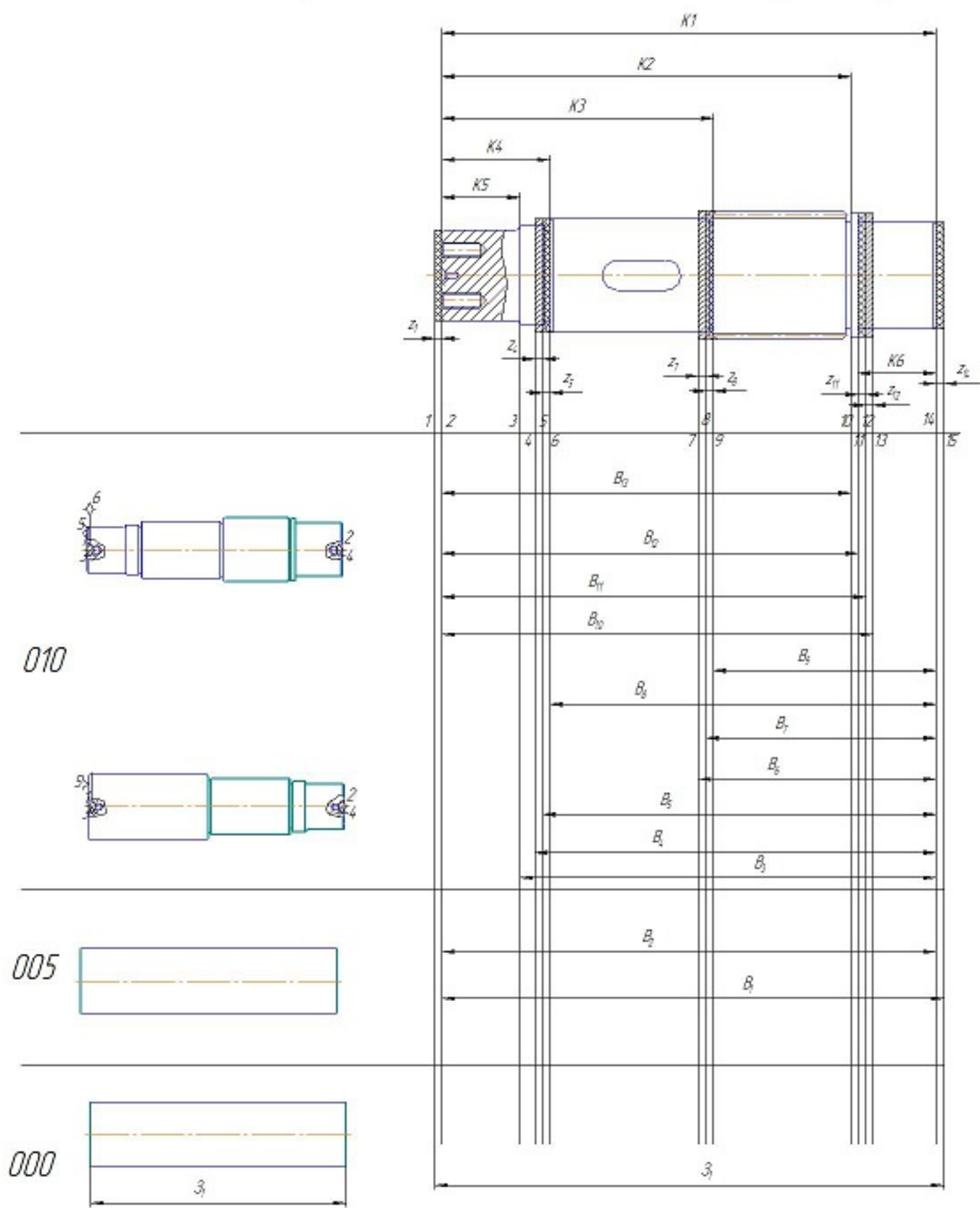
08-64.МКР.01100.100 ПЛ

| № п.п | Назва операції: зміст переходу | Схема установки | Обладнання |
|-------|---|---|---|
| 020 | <p style="text-align: center;"><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Центрувати 2 отв. 1 однократно. 3. Свердлити 2 отв. 1 однократно. 4. Зняти заготовку.</p> |  <p style="text-align: center;">$H_{14}, h_{14} = \frac{IT_{14}}{2}$</p> | <p>Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2</p> |
| 025 | <p style="text-align: center;"><u>Шліцефрезерна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати шліці 1 однократно. 3. Зняти заготовку</p> |  <p style="text-align: center;">$H_{14}, h_{14} = \frac{IT_{14}}{2}$</p> | <p>Шліцефрезерний верстат з ЧПК 5A352ПФ2</p> |
| 030 | <p><u>Термообробка</u></p> | | |
| 035 | <p style="text-align: center;"><u>Кругло-шліфувальна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1, 2 та 3 однократно. 3. Зняти заготовку</p> |  <p style="text-align: center;">$H_{14}, h_{14} = \frac{IT_{14}}{2}$</p> | <p>Кругло-шліфувальний налібтоват з ЧПК 3K1518Ф20</p> |

08-64.МКР.01100.100 ПЛ

Розмірний аналіз технологічного процесу

08-26.МКР.01100.200 П/П

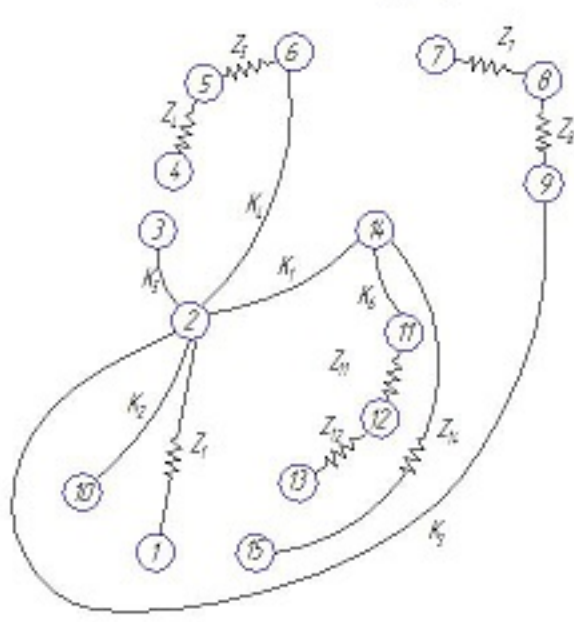


010

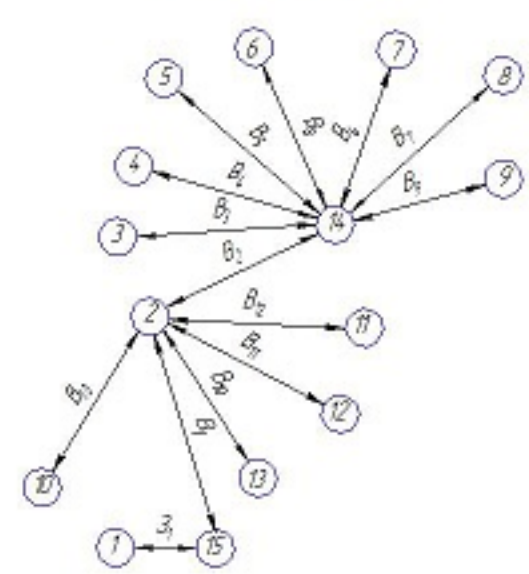
005

000

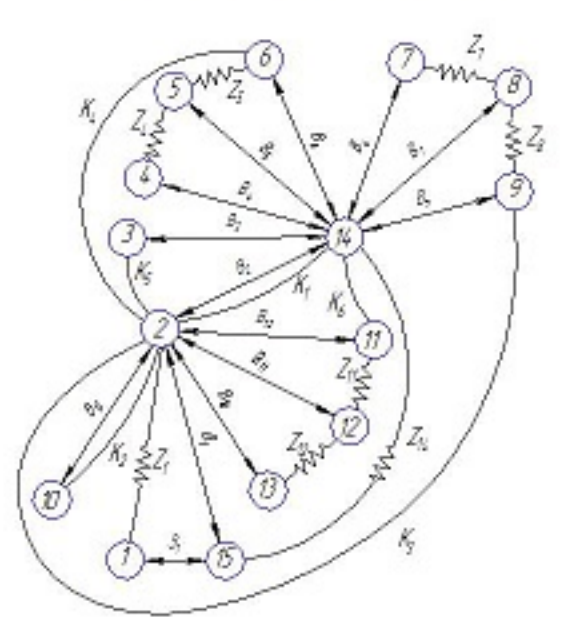
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщене граф-дерево

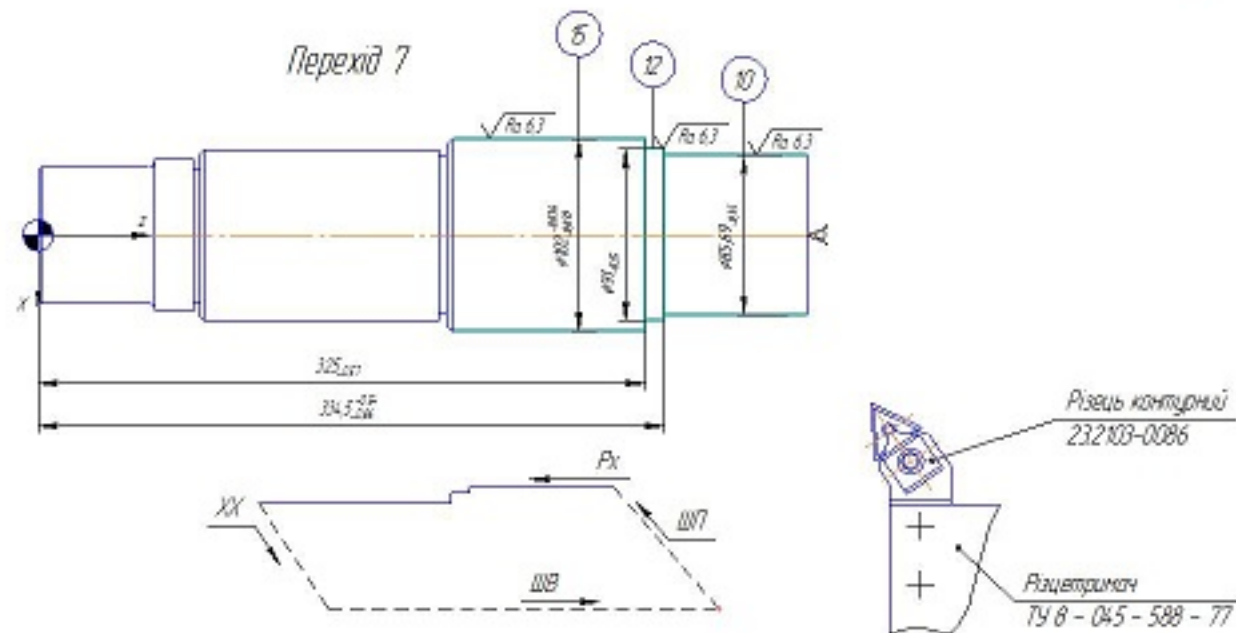
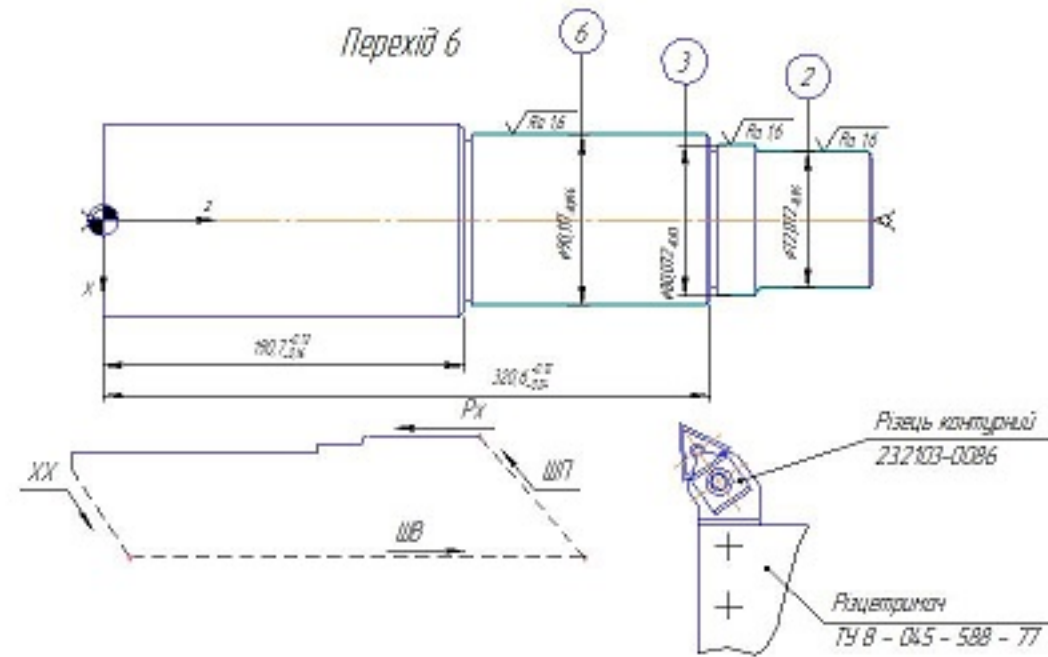
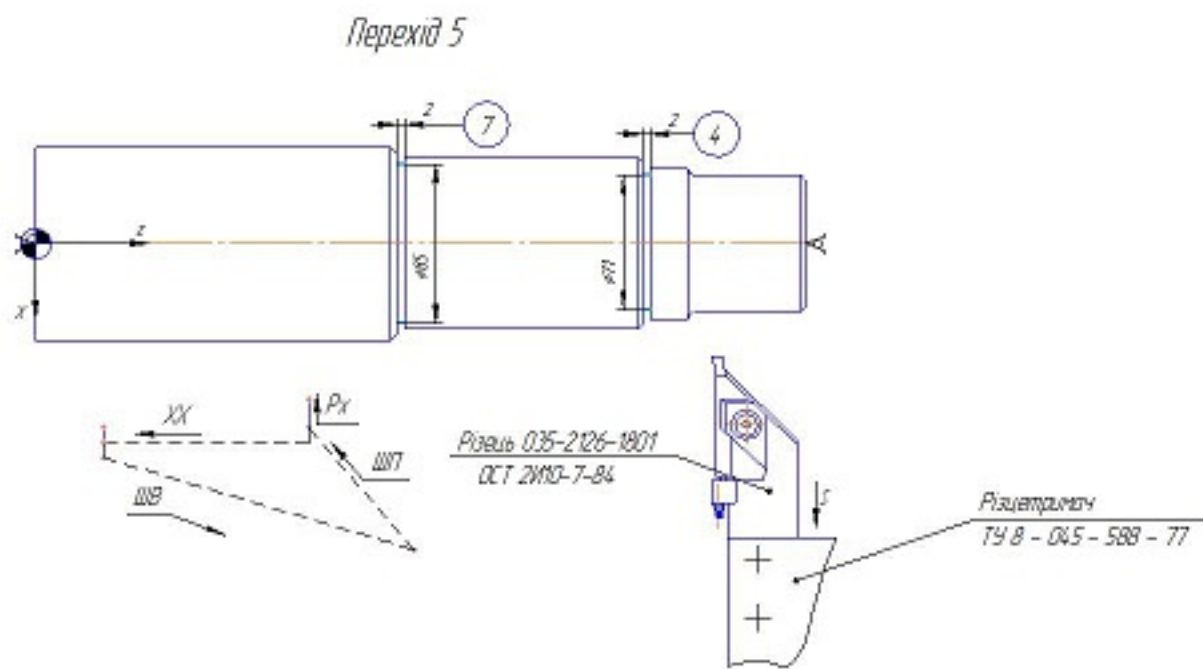
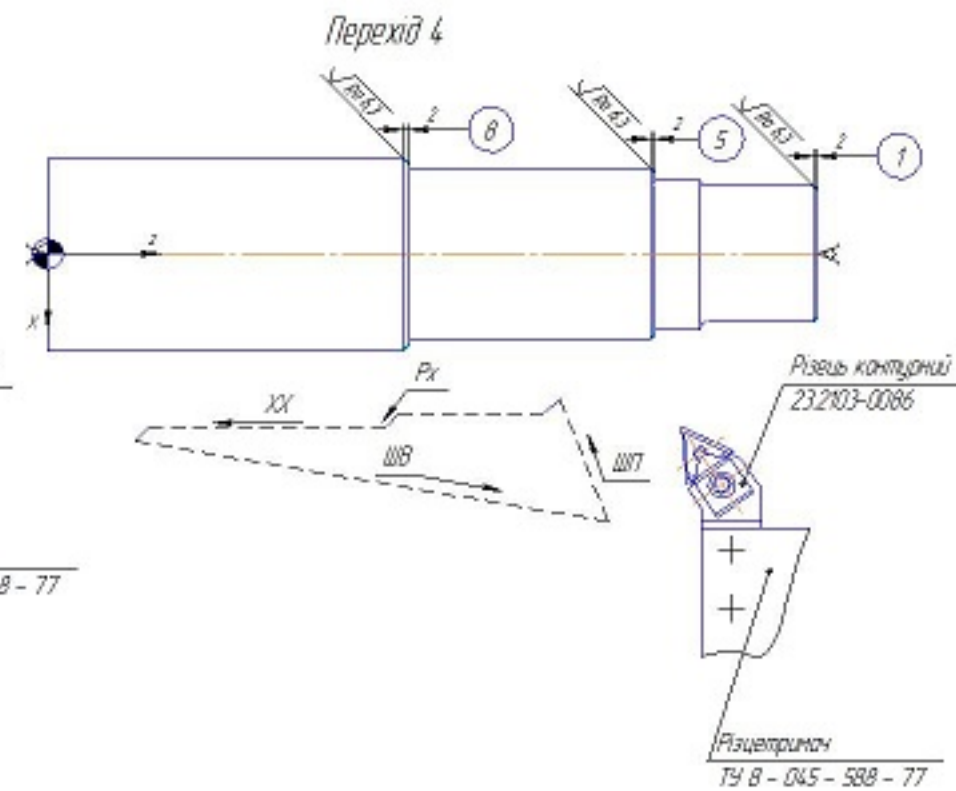
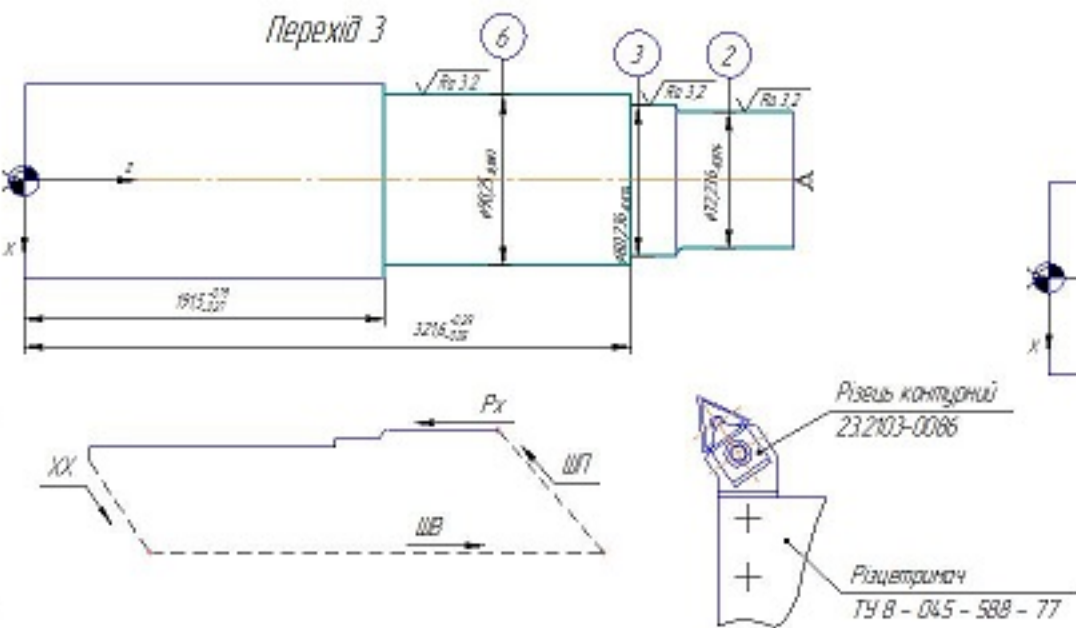
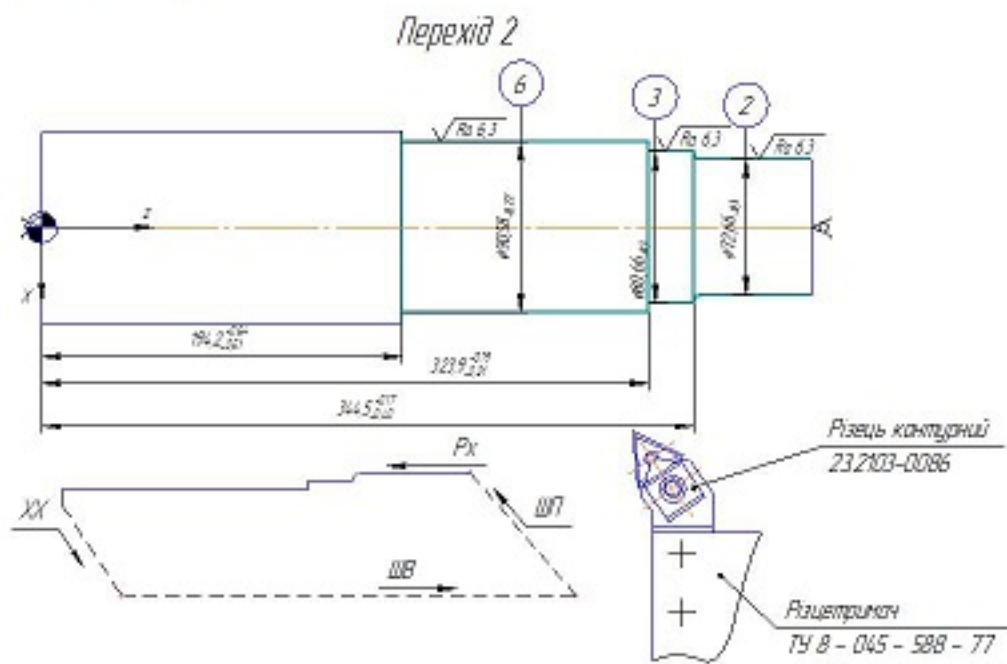


| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 | B_9 | B_{10} | B_{11} | B_{12} | B_{13} | B_{14} | z |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| min | 409,1 | 406,37 | 344,1 | 323,69 | 321,32 | 193,69 | 191,43 | 320,36 | 190,54 | 333,64 | 331,27 | 330,31 | 326,43 | 411,83 | |
| max | 409,73 | 407 | 344,67 | 325,09 | 321,89 | 194,84 | 191,89 | 320,72 | 190,83 | 335,04 | 331,84 | 330,67 | 325 | 413,38 | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|------|--------------|------|-------------------------|---|--|--|--|------|--------------|--------|
| | | | | 08-26.МКР.01100.200 П/П | | | | | | | |
| № | Іст. | № докум. | Лист | Зона | Розмірний аналіз технологічного процесу | | | | Лист | Масштаб | Розмір |
| Розроб. | | Козак А.А. | | | | | | | 1 | | 1 |
| Ізбр. | | Сидоренко С. | | | | | | | | | |
| Ухвал. | | | | | | | | | | | |
| Начальн. | | Сидоренко С. | | | | | | | | | |
| Інж. | | Козак А.А. | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | гр. 1111-22м | |

Лист № 1
Листів усього 1
Лист № 1
Листів усього 1
Лист № 1
Листів усього 1

Карта налагодження на операцію 010



| № | Пункт | Назва операції | Точність | Час | Висота | Діаметр | Довжина | Кількість | Відхилення |
|-------------------|----------|--|----------|-------|--------|---------|---------|-----------|------------|
| | | | | | | | | | |
| 11 | Точка 10 | Постановка по контуру | 0,06 | 0,1 | 1400 | 374 | | | |
| 10 | Точка 9 | по 14 одиниць | 2 | 0,2 | 900 | 254 | | | |
| 9 | Точка 8 | контур 13 одиниць | 3 | 0,2 | 630 | 168 | | | |
| 8 | Точка 7 | по 10 парабол | 0,15 | 0,142 | 900 | 240 | | | |
| 7 | Точка 6 | по 10 парабол по 12 одиниць по контуру | 16 | 0,172 | 750 | 200 | | | |
| 6 | Точка 5 | по 2, 2, 6 парабол по контуру | 0,06 | 0,1 | 1400 | 374 | | | |
| 5 | Точка 4 | по 7 одиниць | 3 | 0,3 | 630 | 168 | | | |
| 4 | Точка 3 | по 1, 5 та 8 одиниць | 2 | 0,2 | 900 | 254 | | | |
| 3 | Точка 2 | по 2, 2, 6 парабол по контуру | 0,15 | 0,142 | 900 | 254 | | | |
| 2 | Точка 1 | по 2, 2, 6 парабол по контуру | 16 | 0,172 | 750 | 212 | | | |
| Точність з ЧК | | 1642071 | | | | | | | |
| Найкраща операція | | Обробка | | | | | | | |
| Результат | | | | | | | | | |

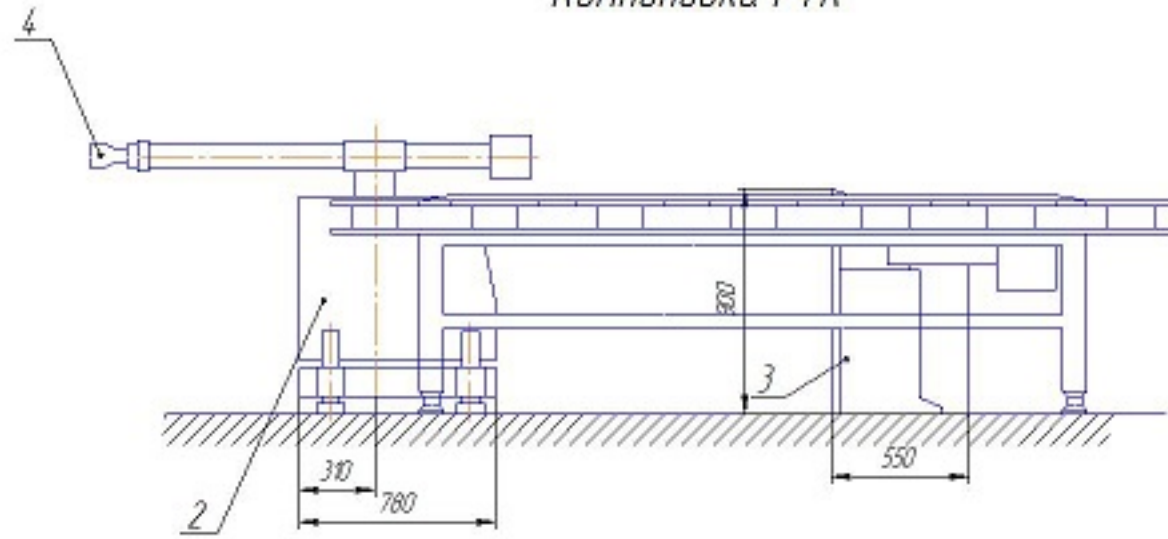
08-26.МКР.011.000.300-ПЛ

Карта налагодження на операцію 010

Лист 1 з 1

зр. 1111-13м

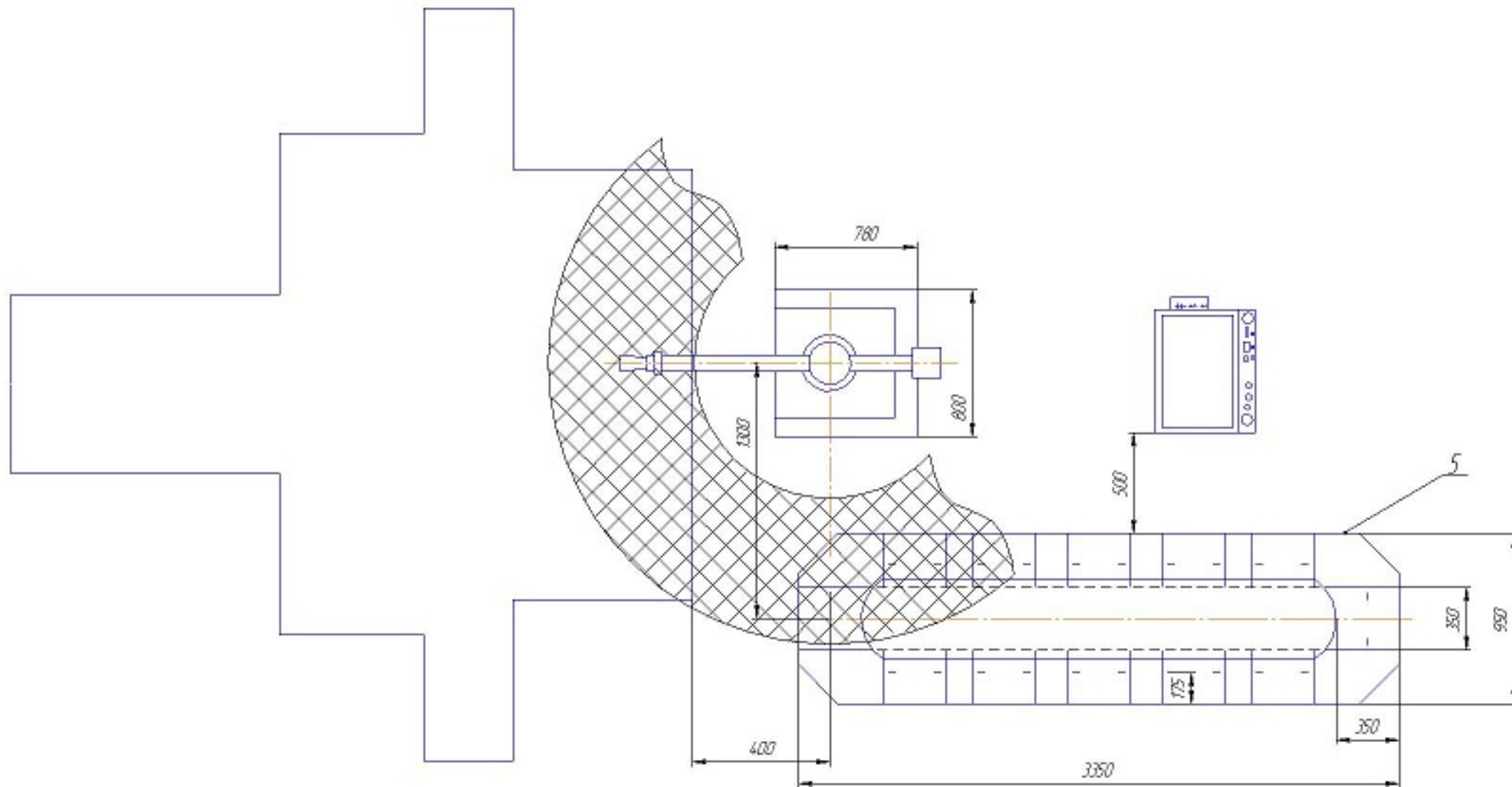
Компоновка РТК



1. Верстат моделі 6Р13РФ3
2. ПР моделі Бриг-10Б
3. Пристрій керування
4. Захватний пристрій
5. Тактовий стіл СТ 350

Технічні характеристики ПР

- вантажопідіймальність - 10 кг;
- число ступенів рухливості - 5;
- число рук - 1;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привід основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклова;
- число програмованих координат - 4;
- засіб програмовання переміщень - по ударам;
- ємність пам'яті системи - число країв - 28;
- похибка позилювання - $\pm 0,3$ мм;
- найбільший вилет руки - 1260 мм;
- лінійні переміщення мм/швидкість м/с:
- $r = 600/0,8$;
- $z = 100/0,3$;
- $x = 400/0,3$;
- кутові переміщення $^{\circ}$ /кутова швидкість $^{\circ}/с$:
- $\alpha = 220/90$;
- $\varphi = 180/90$;
- габаритні розміри мм - 800x780x620;
- маса кг - 300

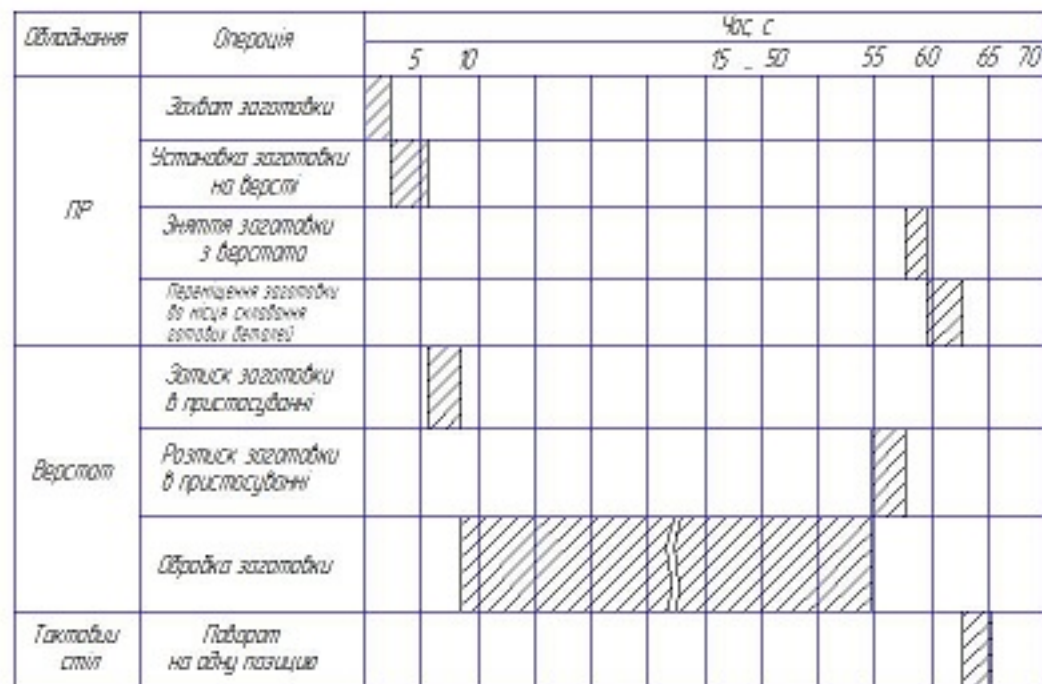


Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність, Q_c 0,0036
- 2 Коefіцієнт відносного завантаження, K_z 0,219
- 3 Режим роботи ПР легкий

| | | | | | | |
|----------------|-------|----------|------|-------------------------|--------|--------|
| | | | | 08-64.МКР.011.00.400 ПЛ | | |
| № | Діаг. | № версії | Лист | Лист | Листів | Всього |
| 01 | 01 | 4.4 | | 11 | | 11 |
| Компоновка РТК | | | | Лист | Листів | 1 |
| | | | | гр. 1011-22м | | |

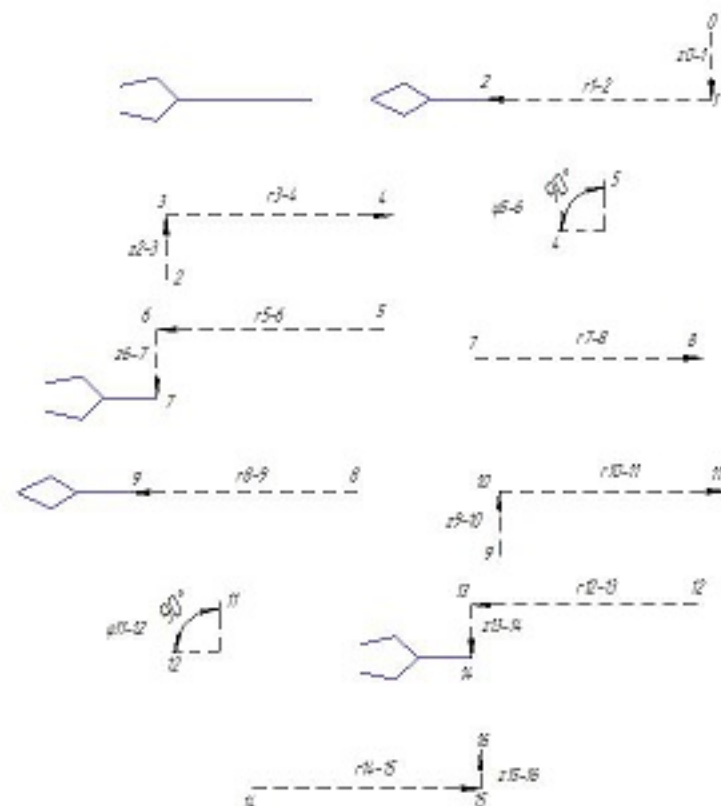
Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК



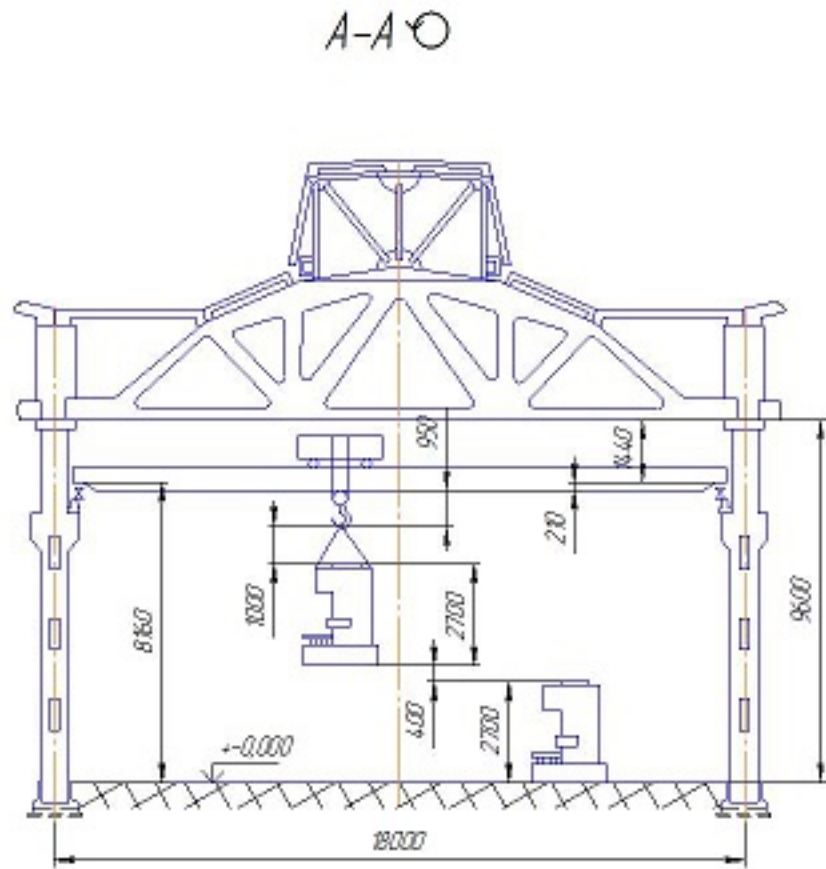
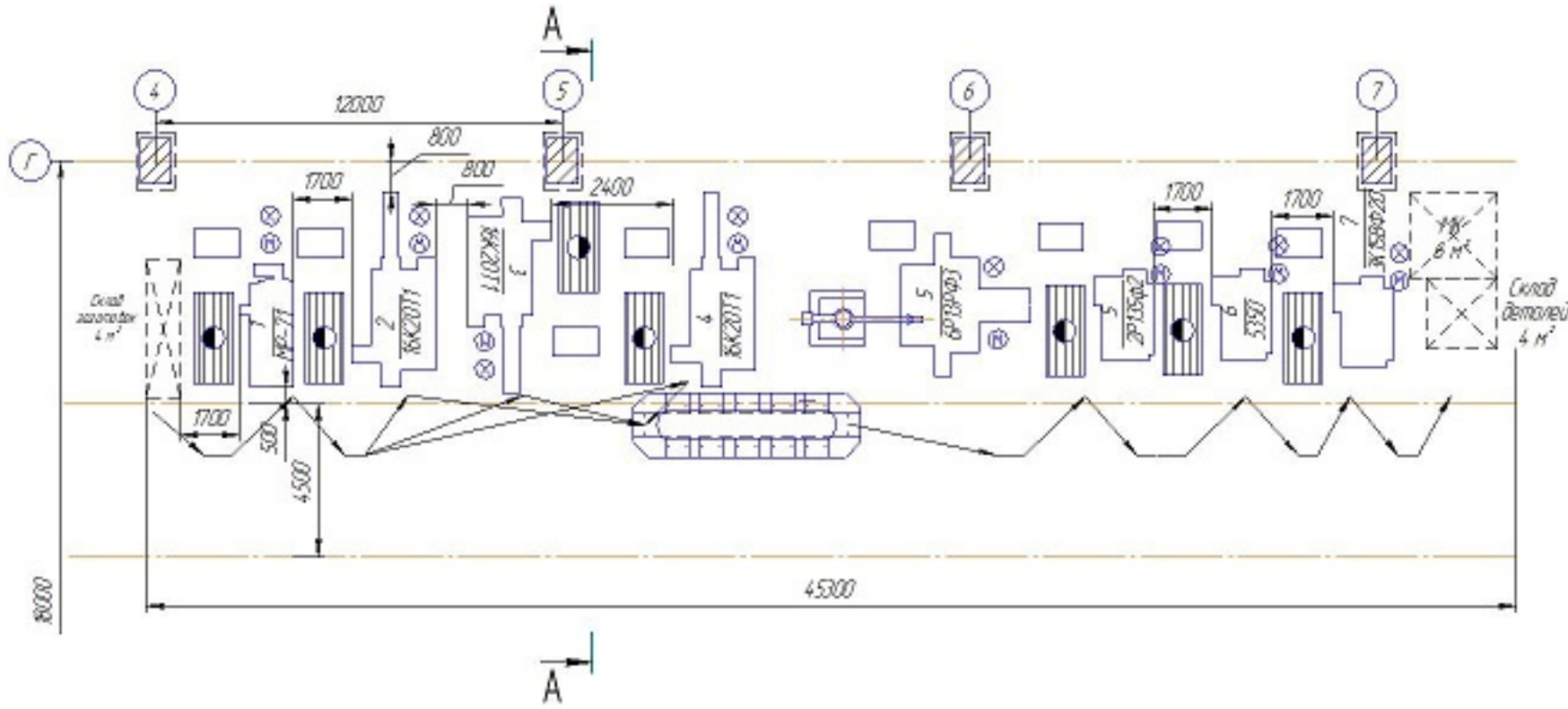
Алгоритм роботи РТК

| | Коментар | Величина переміщення, мм (град) | Швидкість переміщення, м/с, °/с (рад/с) | Час, с |
|--|--|---------------------------------|---|--------|
| Захват заготовки | Переміщення втулки РР вліво | 50 | 0,7 | 0,07 |
| | Переміщення руки РР вперед | 500 | 10 | 0,5 |
| | Затиск заготовки схватом РР | | | 0,2 |
| | Переміщення руки РР вгору | 50 | 0,48 | 0,1 |
| | Переміщення руки РР назад | 500 | 0,367 | 1,36 |
| Сума | | | | 2,23 |
| Установка заготовки на верстат | Поворот руки РР за год. стрижок | 90° | 0,298 | 1,8 |
| | Переміщення руки РР вперед | 500 | 0,367 | 1,36 |
| | Переміщення втулки РР вліво | 25 | 0,48 | 0,05 |
| | Розтиск схвату РР | | | 0,2 |
| | Переміщення руки РР назад | 500 | 10 | 0,5 |
| Сума | | | | 3,29 |
| Верстат | Затиск заготовки на верстатному пристосуванні | | | 3 |
| | Обробка заготовки | | | 46,2 |
| | Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні | | | 3 |
| Сума | | | | 52,2 |
| Зняття заготовки з верстата | Переміщення руки РР вперед | 500 | 10 | 0,5 |
| | Затиск заготовки схватом РР | | | 0,2 |
| | Переміщення втулки РР вліво | 25 | 0,32 | 0,08 |
| | Переміщення руки РР назад | 500 | 0,476 | 1,05 |
| Сума | | | | 1,83 |
| Переміщення заготовки до місця складання готових деталей | Поворот руки РР проти год. стрижки | 90° | 0,298 | 1,8 |
| | Переміщення руки РР вперед | 500 | 0,476 | 1,05 |
| | Переміщення втулки РР вліво | 50 | 0,32 | 0,16 |
| | Розтиск схвату РР | | | 0,2 |
| Сума | | | | 3,16 |
| Тактовий стил | Переміщення на одну позицію | | | 25 |

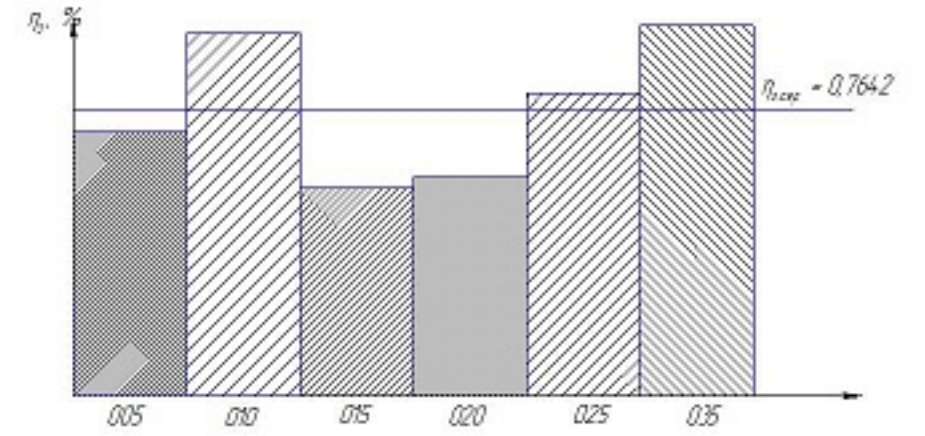
Циклограма функціонування РТК



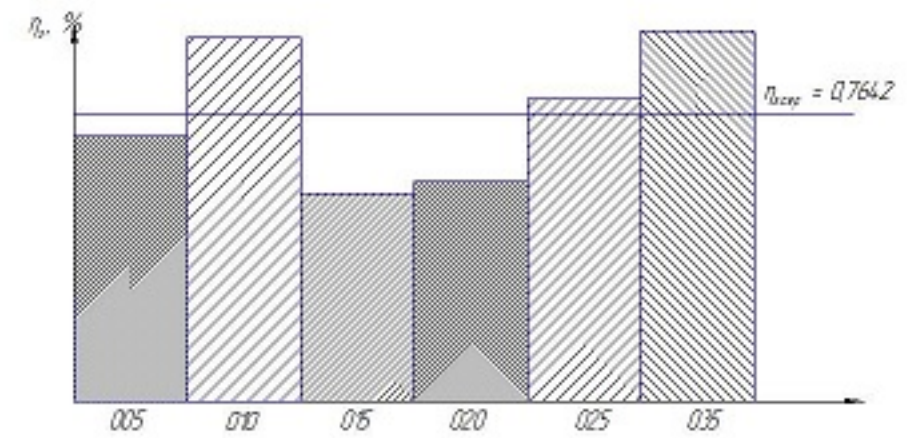
| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------------------------|--------|--|--------------|
| | | | | 08-64.МКР.01100.500 ПЛ | | | |
| № | Діаг. | РР | РГ | Ліній. | Ліній. | Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК | Ліній. |
| Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. |
| Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. | Ліній. |
| | | | | | | | Зр. 1011-22М |



Графік використання обладнання по основному часу



Графік завантаження обладнання



- 1.Програма випуску 3000 шт.
- 2.Кількість змін 1
- 3.Площа ділянки загальна 418 м²
- 4.Кількість верстатів 6
- 5.Кількість працівників основних 4
- допоміжних 1
- ІТР 1
- службовців 1
- МОП 1

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|------|--------|--------|
| 08-64.МКР.01.00.600 ПЛ | | | | Лист | Листів | Всього |
| Дільниця механічної обробки | | | | 1 | 1 | 1 |
| зр. 1011-22м | | | | | | |