

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 КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ
«ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5»»**
08-64.МКР.006.00.000 ПЗ

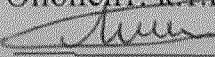
Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-22мз
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр, назва напрямку підготовки, спеціальності)


Олександр КРАВЧУК
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Олег ПІОНТКЕВИЧ
(прізвище та ініціали)

« 06 » червня 2024 р.

Опонент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ

Олег АНТОНЮК
(прізвище та ініціали)

« 16 » червня 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

«16» червня 2024 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

Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г. Козлов



(підпис)

«12» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кравчук Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5»»

керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТАМ Піонткевич О.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року №81

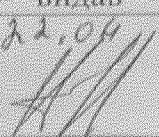
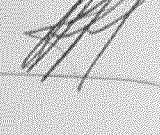
2. Строк подання студентом роботи 14 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: робоче креслення деталі «Вал-шестерня Д02210.5», прототип маршруту механічної обробки заготовки деталі, креслення заготовки та програма випуску 500 шт. режими різання на операції.

4. Зміст текстової частини: аналіз початкових умов, конструкції та службового призначення деталі; розробка пристосування для механізації процесу закріплення деталі на шпонково-фрезерну операцію; розрахунок різучого інструменту на шпонково-фрезерну операцію; розрахунок контрольно-вимірювального інструменту; удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5»; економічне обґрунтування розробки; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5», плакат маршруту механічної обробки, креслення шпонкової фрези та калібр-скоби, плакат удосконаленого робочого місця, креслення пристосування для неї.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	к.т.н., доц. Олег ПОНТКЕВИЧ	22.04 	06.06 
Економічна частина	к.е.н., доц. Ірина ПРИЧЕПА	22.04 	25.05 
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доц. Олександр ПОЛЩУК	22.04 	02.06 

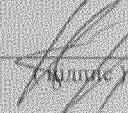
7. Дата видачі завдання 12 березня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	22. 04.2024	Вик
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	22. 04.2024	Вик
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22. 04.2024	Вик
4	Розв'язання поставлених задач	28. 05.2024	Вик
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02. 06.2024	Вик
6	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	02. 06.2024	Вик
7	Виконання розділу «Економічна частина»	02. 06.2024	Вик
8	Перевірка роботи на плагіат	06. 06.2024	Вик
9	Попередній захист МКР	04. 06.2024	Вик
10	Нормоконтроль МКР	12. 06.2024	Вик
11	Рецензування МКР	16.06.2024	Вик
12	Захист МКР	20.06.2024	Вик

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Олександр КРАВЧУК

Олег ПОНТКЕВИЧ

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Кравчук О. О. Удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5»: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / О. О. Кравчук. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2024. 105 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 30; табл. 18.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз деталі «Вал-шестерня Д02210.5»; спроектовано пристосування для обробки пазу 6Р9; забезпечено максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізовано їх вплив на конструкцію пристрою; розрахований ріжучий та контрольно-вимірювальний інструмент; удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5».

Отримала подальший розвиток методика визначення міцності заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5», що дозволило забезпечити необхідні конструктивні параметри та відповідний коефіцієнт запасу міцності.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

Ключові слова: вал-шестерня, робоче місце механічної обробки, пристосування

ABSTRACT

Kravchuk O. O. Improvement of the design and technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Gear Shaft D02210.5" type part: master's qualification work for the competition of the educational qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / O. O. Kravchuk. Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa, 2024. 105 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 30; table 18.

The aim of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the "Gear Shaft D02210.5" type workpiece to improve the productivity of production.

To achieve the goal, an analysis of the "Gear Shaft D02210.5" part was performed; designed a device for processing the 6P9 groove; the maximum productivity of workpiece processing by cutting modes is ensured and their influence on the design of the device is analyzed; calculated cutting and control-measuring tool; the workplace of mechanical processing of the workpiece of the type "Gear Shaft D02210.5" has been improved.

The method of determining the dependence of the clamping force on the parameters of the cutting modes in the key-milling operation of mechanical processing received further development, which made it possible to choose the most productive method of processing the part with rational constructive dimensions of the device for fixing the workpiece.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of machining the workpiece of the part, the payback period and the economic effect are calculated. The work also developed measures for labor protection and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

Key words: gear shaft, machining workplace, device

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5» ТА ЙОГО АНАЛІЗ	7
1.1 Службове призначення деталі «Вал-шестерня Д02210.5».....	7
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Вал-шестерня Д02210.5».....	10
1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Вал-шестерня Д02210.5».....	17
1.4 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу.....	21
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5»	23
2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	23
2.2 Визначення похибки базування.....	24
2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення	27
2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів.....	30
2.5 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність.....	31
2.6 Опис дії верстатного пристосування.....	33
2.7 Розрахунок різучого та контрольно вимірювального інструменту.....	34
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5»	40
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця.....	40
3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця.....	42
3.3 Проєктування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату.....	45
3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота.....	50
3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця.....	52
3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті.....	54
3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота.....	56

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	57
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	57
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	59
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	69
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	77
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	79
5.2.1 Мікроклімат	80
5.2.2 Склад повітря робочої зони	80
5.2.3 Виробниче освітлення	82
5.2.4 Виробничий шум	83
5.2.5 Виробничі випромінювання	84
5.2.6 Психофізіологічні фактори	85
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	86
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91
ДОДАТКИ.....	94
ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬКІ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	95
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	96

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний технологічний процес виготовлення деталей машинобудівного виробництва потребує постійного вдосконалення за рахунок нових обладнання та інструментів. Це напряду впливає на собівартість деталі та продуктивність її виготовлення. Застій в процесі удосконалення технологічних процесів на рівні інженерного складу призводить до конкурентного відставання в розвитку підприємства, що може призвести до його банкрутства. Тому необхідно розвивати нові способи удосконалення технологічних процесів та проводити дослідження по підвищенню ефективності обладнання, а також проводити підвищення кваліфікації технологічно-інженерного складу.

В роботі розглянуто шляхи удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5». Суттєвим недоліком для виготовлення деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» є відсутність механізованого пристосування та автоматизованого робочого місця, що в свою чергу може покращити продуктивність випуску продукції. Тому актуальність вибраної тематики є беззаперечною.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

Для досягнення мети планується розв'язати такі задачі:

- провести аналіз деталі «Вал-шестерня Д02210.5»;
- спроектувати пристосування для обробки пазу 6Р9;
- забезпечити максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізувати вплив на конструкцію пристосування;
- розрахувати ріжучий та контрольно вимірювальний інструмент;
- удосконалити робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5».

Об'єкт дослідження – фізико-механічні процеси в обладнанні.

Предмет дослідження – обладнання для удосконалення технологічного процесу.

Методи дослідження. Математична логіка, методи функціонального моделювання та методи поверхневого і твердотілого моделювання за допомогою програмного пакету SolidWorks та SolidWorks Simulation.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика кінцево-елементного аналізу деталі «Вал-шестерня Д02210.5», що дозволило змінити метод обробки деталі та удосконалити конструкцію з метою забезпеченням необхідного коефіцієнту запасу міцності.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено пристосування для обробки шпонкового пазу 6Р9.

Розраховано конструктивні розміри для шпонкової фрези $\phi 6$ та контрольно-вимірювального інструменту калібр-скоби $\varnothing 20\text{H}9$.

Удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» шляхом встановлення промислового робота «Циклон 5.02».

Особистий внесок магістранта. Основні результати та розрахунки, що наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримано самостійно.

Публікації: Кравчук О. О., Медведєв Р. В., Трегубов В. О. Удосконалення конструкції верстатного пристосування важільного типу з пневмо- або гідроприводом. Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20685>.

РОЗДІЛ 1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5» ТА ЇЇ АНАЛІЗ

1.1 Службове призначення деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Планетарний редуктор – це механізм для передачі обертового моменту, що складається з центрального зубчастого колеса, яке обертається навколо своєї осі, та планетарних зубчастих коліс, які обертаються навколо центрального зубчастого колеса (див. рис. 1.1 та 1.2). Особливістю планетарних редукторів є їх гарна компактність та високі показники міцності, що дозволяє долати великі обертові моменти. Це робить їх надзвичайно ефективними для відповідних інженерних завдань, зокрема, в поєднанні із роботою в конвеєрі.

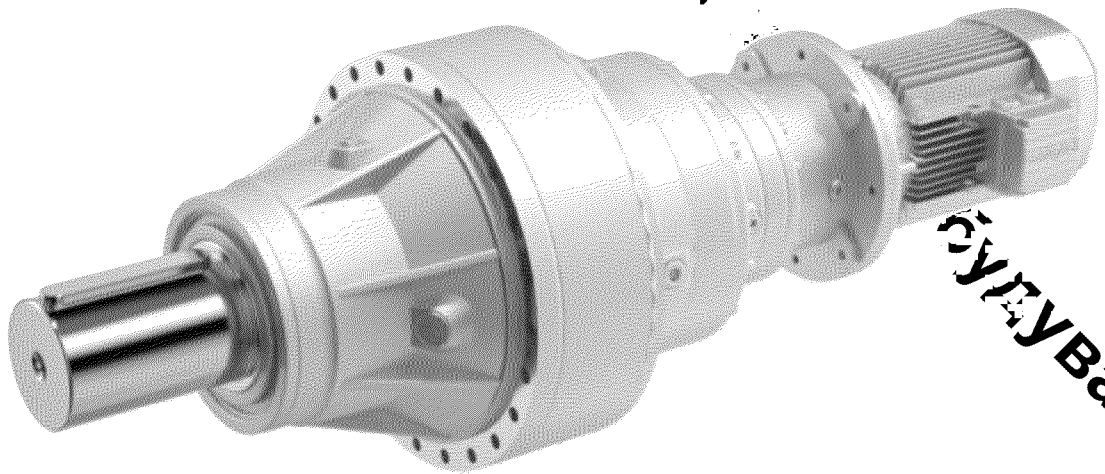


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд планетарного редуктора

Конструктивно планетарні редуктори є складнішими навіть за черв'ячні редуктори. Якщо розглядати корпус планетарного редуктора Bonfiglioli виготовленого з високоміцного чавуну, а шестерні встановлюють до спеціалізованого водила, що забезпечує самоцентрування, для оптимальної дії навантаження. Планетарний редуктор може містити від 1 до 4 ступенів редукції.

При цьому виконують їх з посиленням валом та встановлюють на конічні роликові підшипники. Це робить планетарні редуктори ідеальним вибором для складних умов експлуатації. Також існують планетарні мотор-редуктори, які ще мають додатково привід від електродвигуна чи гідромотору.

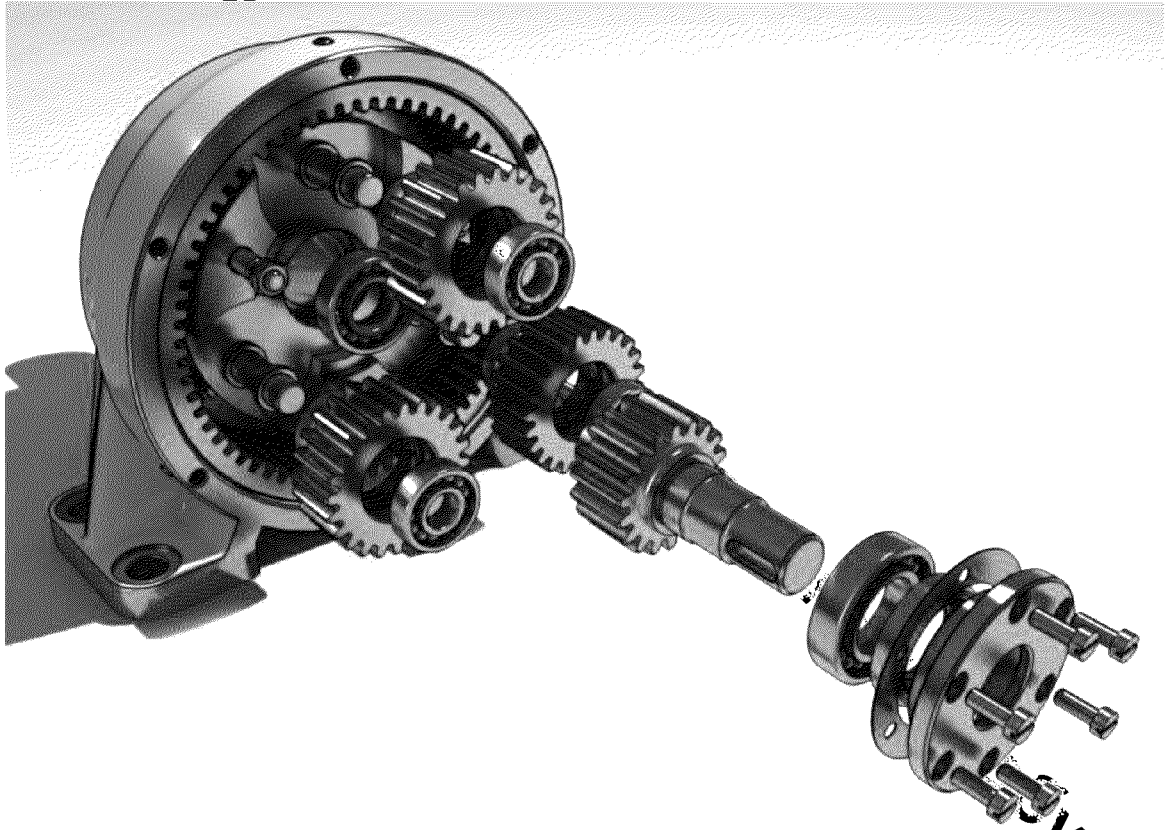


Рисунок 1.2 – Складові частини планетарний редуктора

Планетарні редуктори зазвичай вибираються з урахуванням таких основних критеріїв:

- потужність - при виборі сучасного редуктора обов'язково необхідно орієнтуватися на рейтинг потужності при необхідному навантаженні.
- коефіцієнт передачі - коефіцієнт передачі планетарного редуктора зазвичай відповідає вимушеній зміні в сторону зменшення обертового моменту системи. Саме тому необхідно враховувати, що втрати потужності будуть мінімальні, так як планетарний мотор-редуктор зазвичай має високий коефіцієнт передачі.

• робоче середовище – Це важливий критерій та при виборі необхідно звернути увагу на особливості захисту від вологи, вібрації, пилу та інших небезпек, які безпосередньо впливати на роботу редуктору. Виробники, зазвичай, вказують рівень захисту планетарних редукторів у специфікаціях та це дозволяє вибрати необхідну модель, яка найбільше відповідає для конкретного завдання.

Деталь «Вал-шестерня Д02210.5» для планетарного редуктора являє собою основний елемент для забезпечення його ефективної роботи і передачі крутного моменту. Іншими елементами планетарного редуктора з якими контактує деталь «Вал-шестерня Д02210.5» є:

- інші вали: вали, які відповідають за передачу крутного моменту від деталі «Вал-шестерня Д02210.5» до інших частин планетарного редуктора;
- шестірні: на деталі «Вал-шестерня Д02210.5» розміщено зубчаста поверхня яка контактує з різними зубчастими профілями інших шестірней;
- підшипники: для досягнення плавної роботи та обертання навколо своєї осі деталь «Вал-шестерня Д02210.5» встановлюється на підшипники. Вони забезпечують мінімальний опір обертанню та підтримують його в самому центрі корпусу;
- корпус: захищає деталь «Вал-шестерня Д02210.5» від агресивного зовнішнього середовища, утримує змащувально-охолоджувальну рідину, базу усі елементи планетарного редуктора та дозволяє витримувати значні навантаження за рахунок своєї конструкції.

Згідно розборки планетарного редуктора (див. рис. 1.2) деталь «Вал-шестерня Д02210.5» розміщений в центрі корпусу та безпосередньо контактує з електромотором або гідромотором та вважається вхідним. Шестірня на деталі «Вал-шестерня Д02210.5» забезпечує передачу крутного моменту так само як і шпоночки паз із шпонкою та шириною 6 мм. Максимальна робоча частота обертання деталі «Вал-шестерня Д02210.5» складає до 3000 хв⁻¹. Максимальний крутний момент, який діє від елементи деталі «Вал-шестерня Д02210.5» складає до 300 Нм за рахунок високої частоти обертання вхідного валу.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Деталь «Вал-шестерня Д02210.5» зроблено з сталі марки 40Х ДСТУ 7806:2015. Так як деталь виконує основну функцію планетарного редуктора, а саме обертання зв'язаним з ним частинам. Деталь «Вал-шестерня Д02210.5» є відповідальною, та від її точності обробки поверхонь залежить безпека роботи всього механізму. В результаті обрано матеріал: конструкційна легована сталь 40Х.

Аналізуючи саму конструкцію деталі «Вал-шестерня Д02210.5» (див. рис. 1.3), то це «тілом обертання».

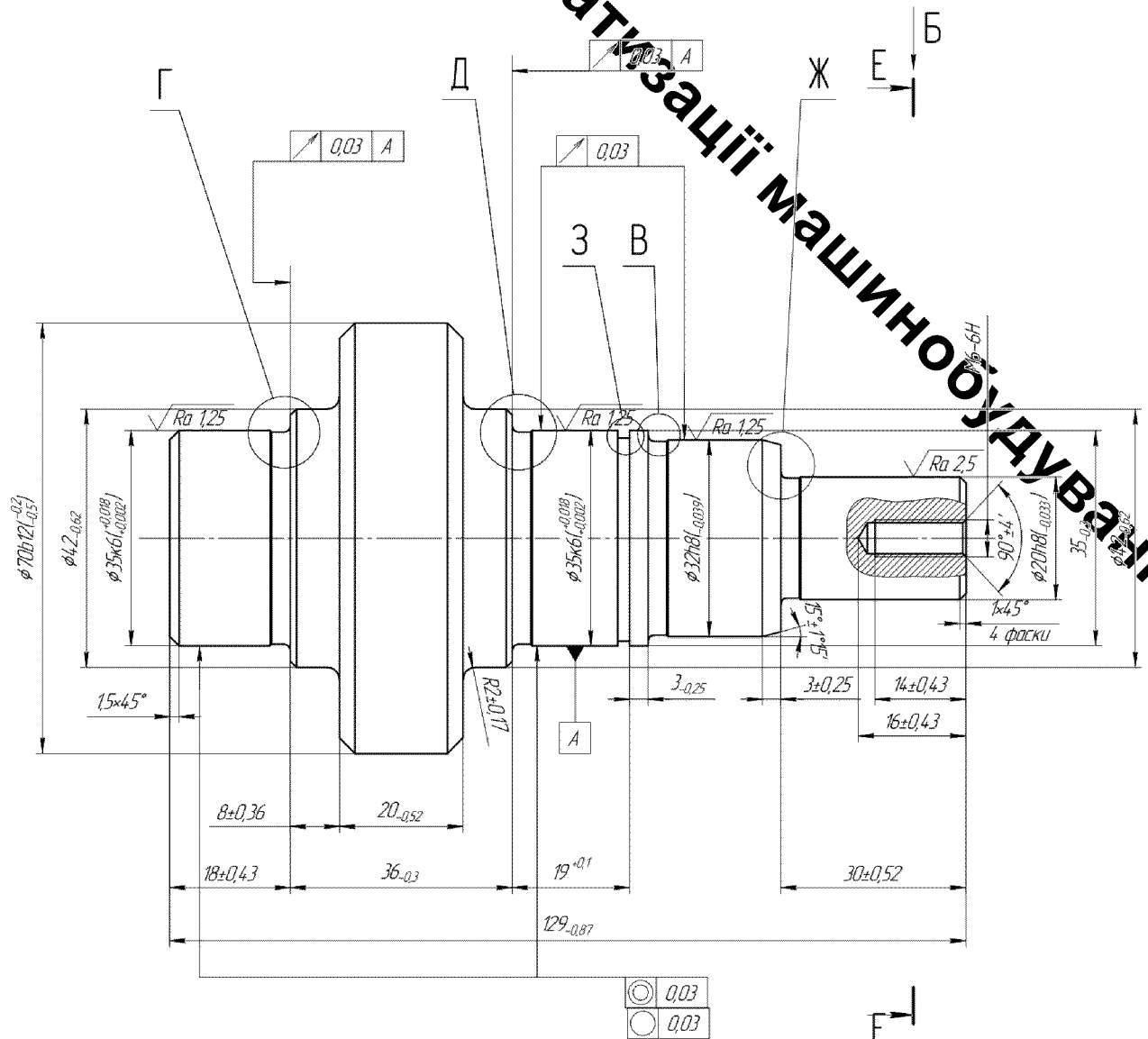


Рисунок 1.3 – Кресленник деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Всі необхідні вимоги для технологічного виготовлення деталі «Вал-шестерня Д02210.5» зображено на конструкторському кресленнику. Найточніші зовнішні поверхні є циліндричні $\varnothing 35k6$ мм, $\varnothing 32h8$ мм та $\varnothing 20h8$ мм. Для передачі крутного моменту на деталі розміщено вінець зубчастої шестерні та шпонковий паз.

В технологічних вимогах зазначено термообробка «Поліпшення», яка складається з високого гартування деталі та високий відпуск, та забезпечується 241-269 НВ по Бренелю. Крім цього проводиться азотування поверхні зубів на глибину 0,25...0,4 мм із забезпечення твердості 460 НВ. Такий підхід дозволяє зменшити знос відповідальної поверхні деталі «Вал-шестерня Д02210.5» під час експлуатації.

До деталі «Вал-шестерня Д02210.5» мають місце вимоги щодо точності радіального биття до його відповідальних циліндричних поверхонь. Якісна обробка відповідальних циліндричних поверхонь включає шорсткість R_a 1,25 мкм.

На основі кресленника на рис. 1.3 розроблено тривимірну модель деталі «Вал-шестерня Д02210.5» на рис. 1.4.

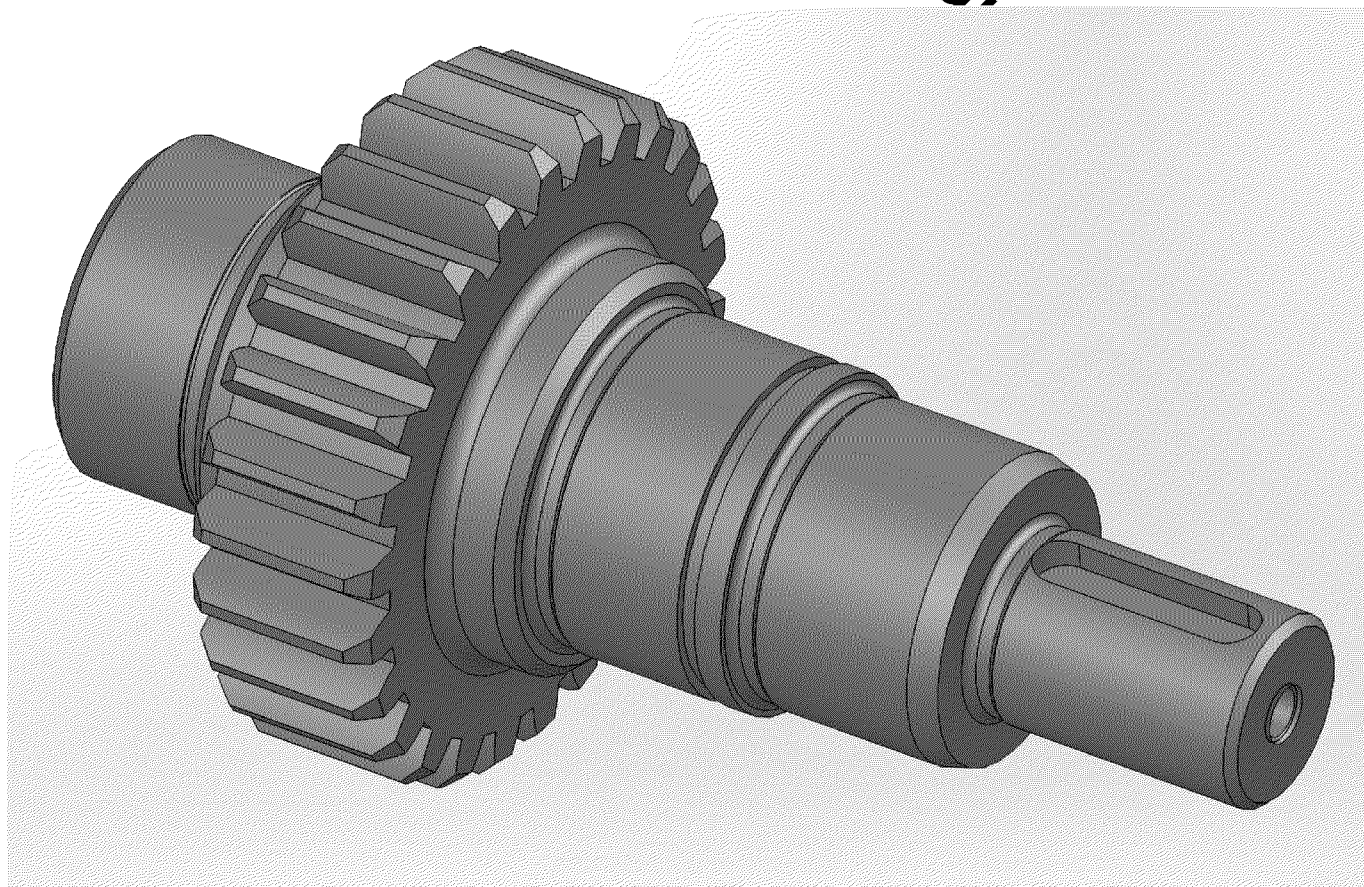


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Згідно попереднього огляду (див. рис. 1.4) зовнішнього вигляду деталі більшість її розмірів є уніфікованими крім габаритного розміру $129_{-0.87}^{0}$ мм, а також розмірів канавок для виходу шліфувального круга. До не технологічних поверхонь можна віднести глухий різьбовий отвір М6-6Н. Усі показники шорсткості є уніфіковані. А співвідношення точності поверхонь не перевищує коефіцієнт точності обробки до 0,8.

Для аналізу конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5» проведемо статичні дослідження її міцність. Для розрахунку використаємо тривимірну модель (див. рис. 1.4) та схему навантаження зубчастого зачеплення (див. рис. 1.5). В результаті дослідження деталі «Вал-шестерня Д02210.5» після дії крутного моменту в 3-х точках 3к Нм знайдемо напруження по Кресу (див. рис. 1.6) в матеріалі.

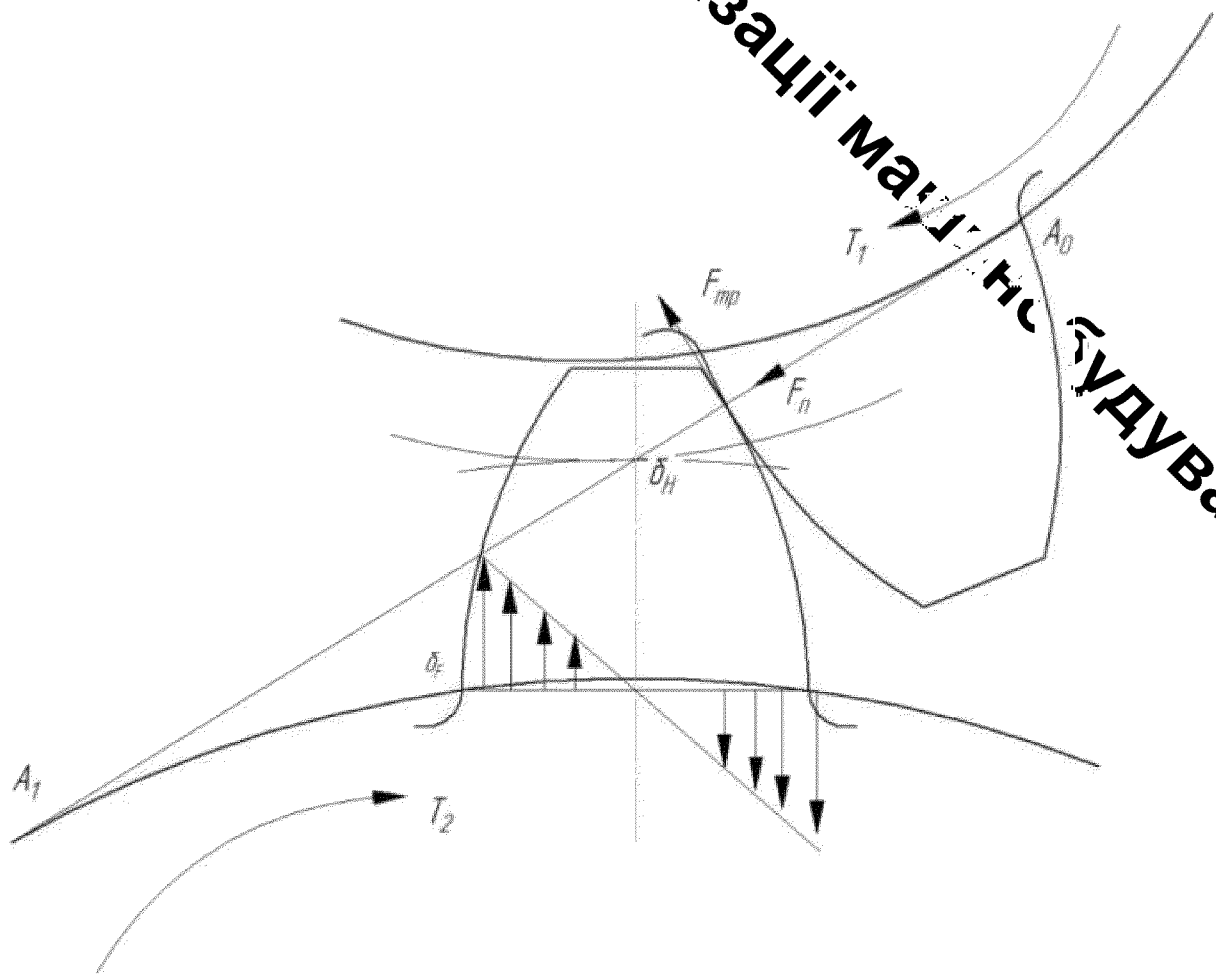


Рисунок 1.5 – Схема навантаження зубчастого зачеплення в планетарному редуктору деталі «Вал-шестерня Д02210.5» із одним сателітом



Рисунок 1.6 – Напруження по Мізсу для деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Встановлено, що в місці перетину шпонкового пазу із канавкою для виходу шліфувального круга виникають значні напруження по Мізсу. В цьому також проаналізовано коефіцієнт запасу міцності (див. рис. 1.7), який менше 1 та дорівнює 0,7.

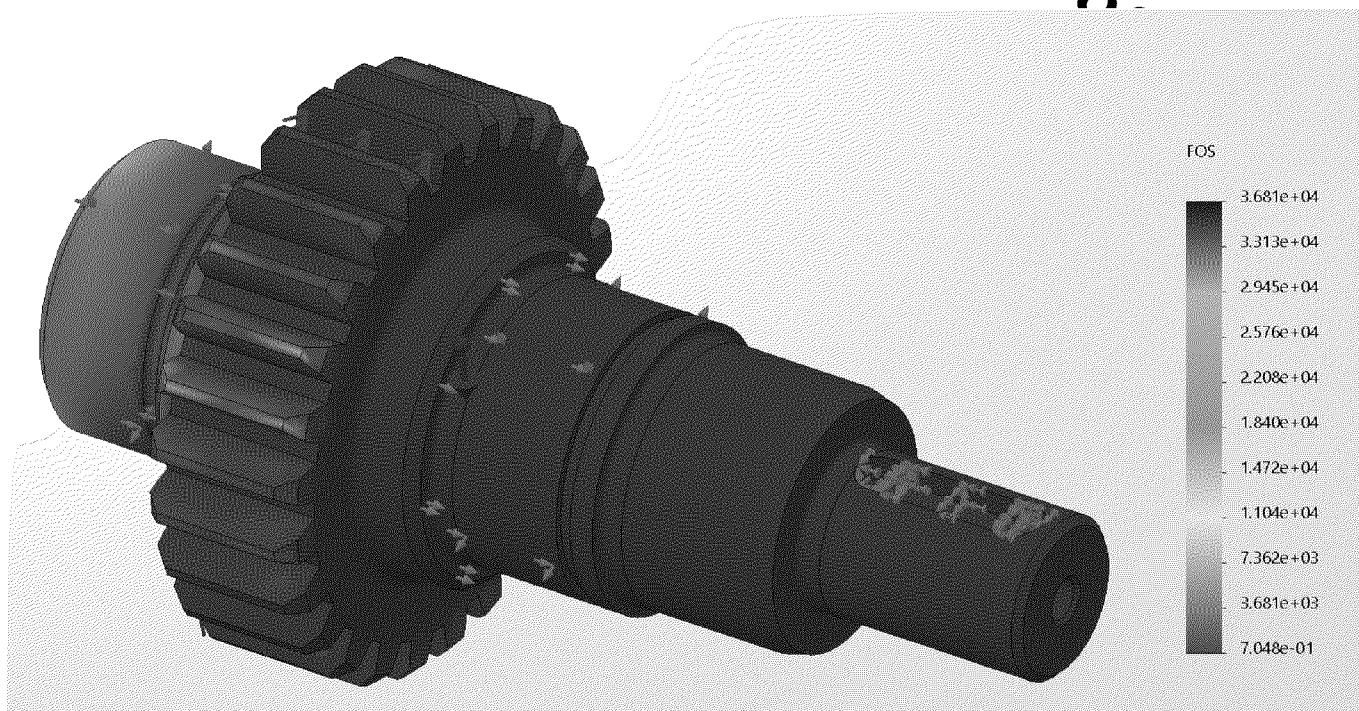


Рисунок 1.7 – Результати розрахунку коефіцієнту запасу міцності для деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Результати розрахунків потребують перегляду конструкції деталі та удосконалення її. Необхідно зменшити довжину шпонкового пазу, щоб уникнути перетину його із канавкою для виходу шліфувального круга. Однак, якщо зменшити довжину шпонкового пазу, то шпонкове з'єднання втратить необхідні показники по міцності, і в свою чергу не зможе передавати необхідне навантаження.

Для забезпечення необхідних показників шпонкового з'єднання, та якості поверхні $\varnothing 20h8$ мм деталі необхідно відмовитися від канавки та виконати гантельний перехід, який досягнемо за рахунок трьох ступеневого точіння. За рахунок цього забезпечимо і точність обробки поверхні і необхідні міцнісні характеристики. Виконає розрахунок нової конструкції на рис. 1.8. При цьому запас міцності для удосконаленої конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5» становить 1.2, що відповідає сучасним вимогам.

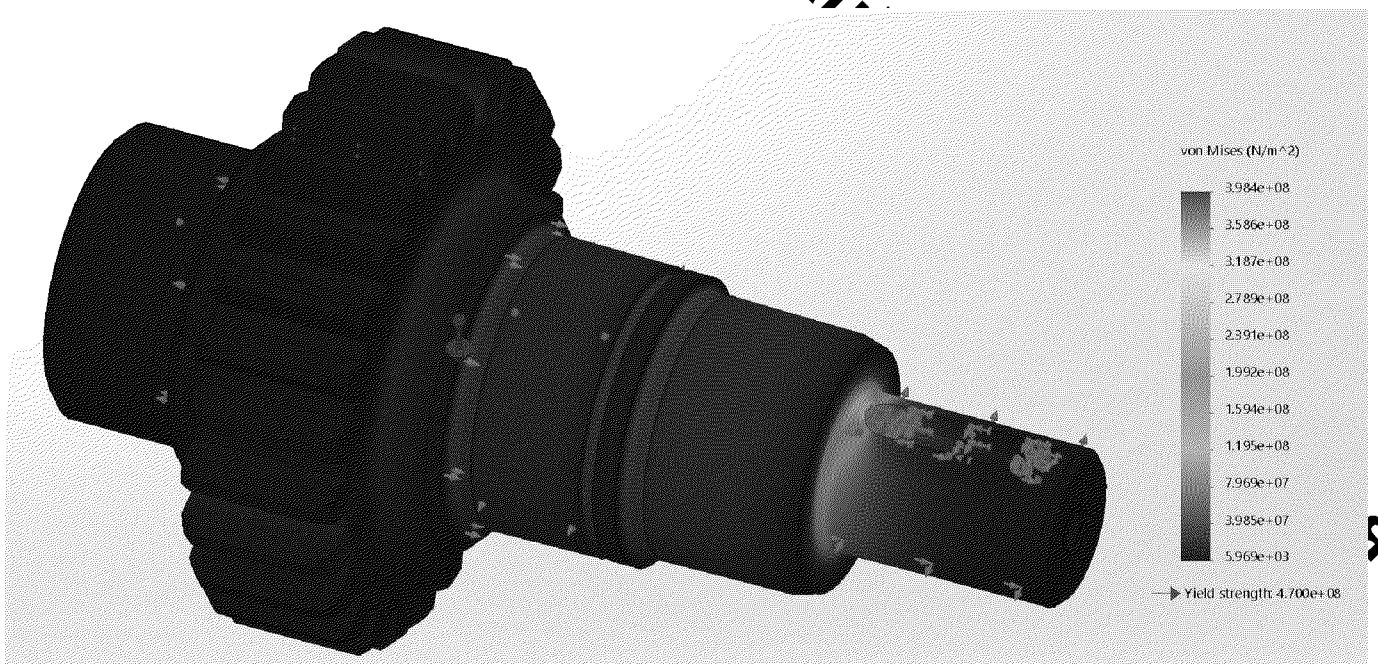


Рисунок 1.8 – Напруження по Мізесу для удосконаленої моделі деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Тривимірна модель удосконаленої конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5» подано на рис. 1.9. Згідно аналізу масових характеристик деталі «Вал-шестерня Д02210.5» встановлено, що маса деталі складе 1,2 кг.

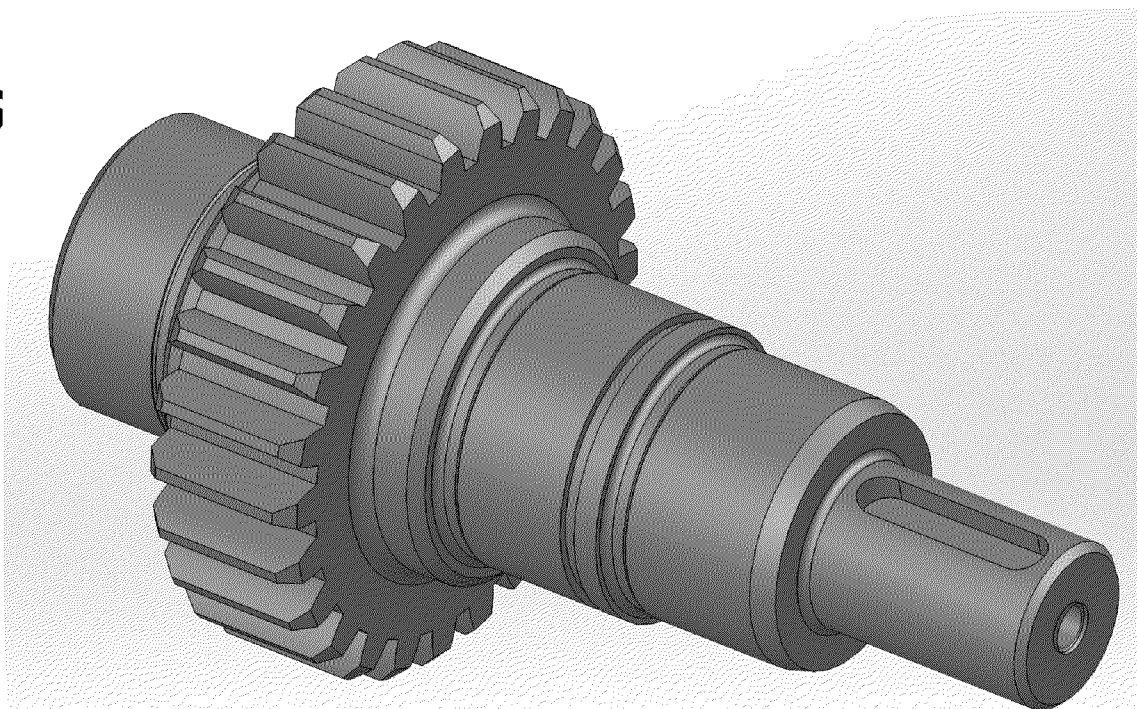


Рисунок 1.9 – Тривимірна модель удосконаленої конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

В якості заготовки обрано проковку отриману способом кування [1] (див. рис. 1.10). Розраховані розміри заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» показано в таблиці 1.1.

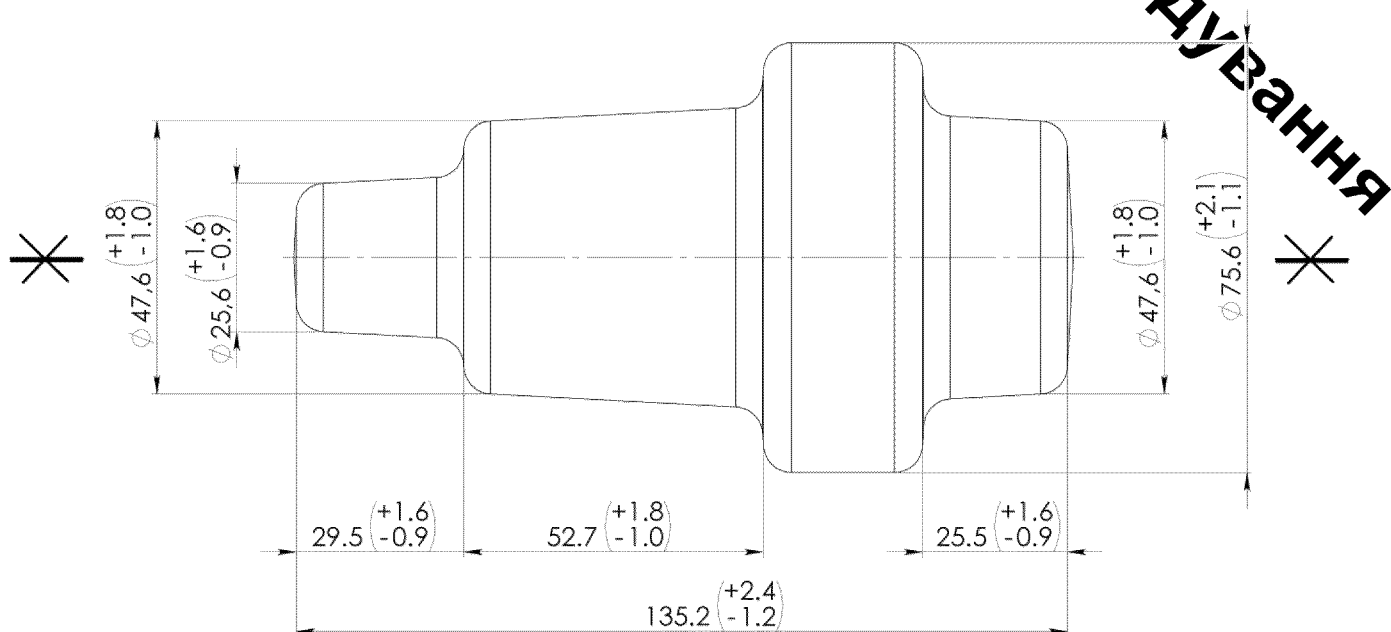


Рисунок 1.10 – Ескіз заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Таблиця 1.1 - Розрахунок розмірів заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Вихідні дані (норми точності)	Обробка куванням						
	Згідно з ГОСТ 7505-89				Прийнято		
Клас точності	Т4 – Т5				Т4		
Група матеріалу	М2				М2		
Ступінь складності	С2				С2		
Індекс	14				14		
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П				П		
Припуски:	Розрахункові розміри, мм						
	Ø20h8	Ø42 _{-0,62}	Ø70h12	26	53	30	129
Основні	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	1,8	2,3
Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски:	Розміри заготовки, мм						
	Ø25,6	Ø47,6	Ø75,6	25,5	52,7	29,5	135,2
Розмірів	2,5 ^{+1,6} _{-0,9}	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}	3,2 ^{+2,1} _{-1,1}	2,5 ^{+1,6} _{-0,9}	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}	2,5 ^{+1,6} _{-0,9}	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,8						
по вигнутість, відхилення від площинності і прямолінійності	0,5						
радіусів заокруглень	5,0						
величини залишкового облою	1,0						
висота облою	7,0						
на відхилення від концентричності отворів	1,5						

Під час оформлення кресленика заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» призначаємо наступні тех. вимоги на заготовку на форматі аркуша А3:

1. Клас точності штамповки – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Не вказані штампувальні нахили 3°, радіуси $r=5\text{мм}$.
3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа 0,8мм.
4. Не вказані допуски радіусів заокруглень 0,5мм.
5. Допустиме відхилення від площинності 0,5 мм.
6. Допустимі відхилення штампувальних нахилів 30'.

Маса заготовки становить 2,3 кг, так як маса обробленої деталі – 1,2 кг. Розрахований коефіцієнт точності маси деталі складає 52% , що є гарним значенням для заготовки дрібносерійного виробництва.

1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Згідно орієнтованих даних для попереднього визначення типу виробництва [1] розраховано тип виробництва та форма організації роботи: кількість деталей у партії 10 шт, а тип виробництва дрібносерійний (для 500 шт деталей річної програми) при формі організації роботи – групова.

Для деталі «Вал-шестерня Д02210.5» прийнято зовнішні поверхні за чистові технологічні бази для майже усієї обробки деталі. Тобто базування деталі «Вал-шестерня Д02210.5» відбуватиметься в тьохулачковому патроні для майже на всіх операціях.

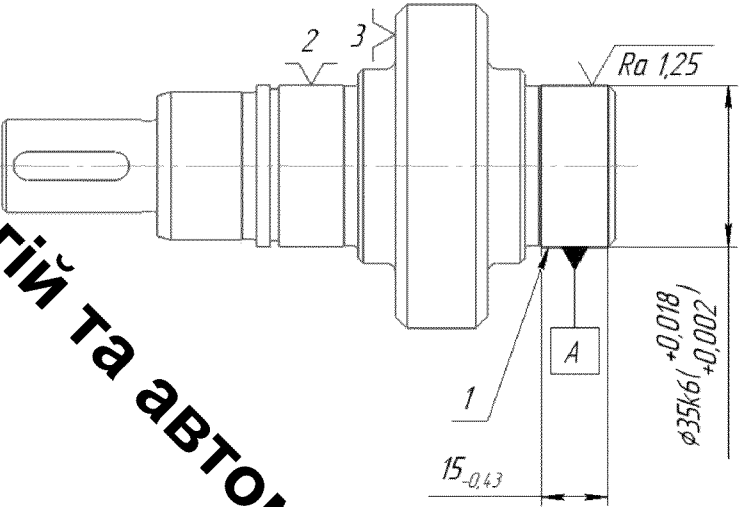
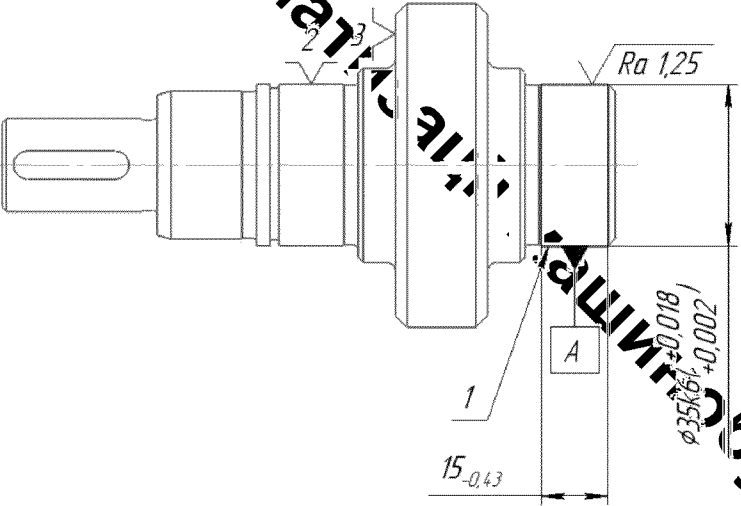
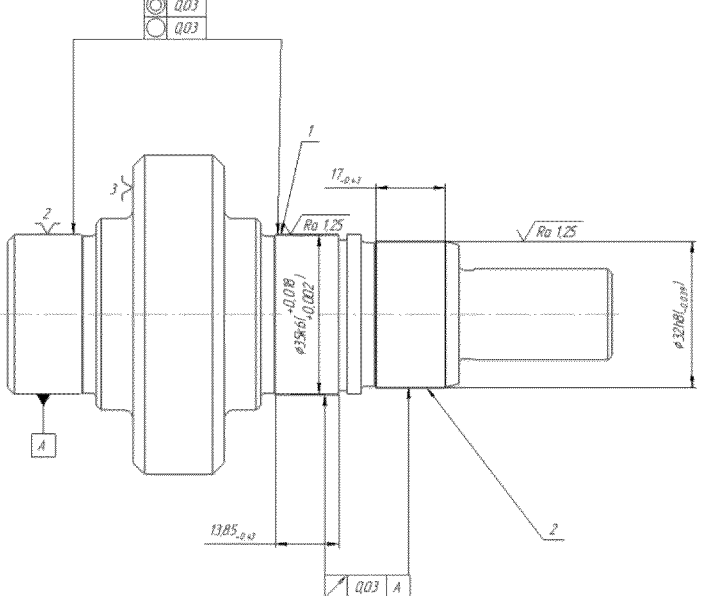
Прийнята класична схема базування для фрезерно-центрувальної операції, а саме за зовнішній діаметр заготовки та торця прийнято в якості чорнової бази. В якості чистових баз обрано зовнішні поверхні та центрувальні отвори, які дозволяють забезпечити всі вимоги до деталі.

Під час обробки похибки базування на токарні, шліфувальні зубофрезерувальну операції відсутні. Похибка базування присутня при фрезерування шпонкового пазу в призмі на розмір $16,5_{-0,1}^{+0,1}$ мм. А розраховане значення похибок базування для даного розміру не перевищує допуску на нього та в запропоновані схеми базування будуть використовуватися у маршруті мехобробки деталі «Вал-шестерня Д02210.5».

При складанні маршруту мехобробки нами дотримано принцип, що точність оброблюваних розмірів є завжди більшою по мірі мехобробки деталі. Крім цього, в самому кінці маршруту мехобробки присутні миюча та контрольна операції. Ці операції забезпечать очистку від стружки і бруду деталей «Вал-шестерня Д02210.5» з перевіркою її розмірів (див. таблицю 1.2).

Аналіз маршруту мехобробки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» в нас є обробка за два установи на 015 операції токарній з ЧПК 1П420ПФ40. Це дозволяє розмістити програмованого робота з тактовим столом, щоб зменшити час на допоміжні та міжопераційні переходи виключився працю робітника.

1	2	3
020 Шпонково-фрезерная 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпонковий паз. 3. Зняти деталь.		Шпонково-фрезерный верстат 692Р
025 Зубофрезерная 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати зуби шестірні. 3. Зняти деталь.		Зубофрезерный верстат 5К301

1	2	3
<u>030</u> <u>Ліко-термічна</u>	Азотування	
<u>035 Кругло-шліфувальна ЧПК</u> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2
<u>040 Кругло-шліфувальна з ЧПК</u> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2
<u>045 Кругло-шліфувальна з ЧПК</u> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 та 2. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2

Продовження таблиці 1.2.

1	2	3
054 Кругло-шліфувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 та 2. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2
055 Промити деталь		
060 Технічний контроль		

1.4 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу

В таблиці 1.3 вказано режими різання для операцій мехобробкою 015-050 для деталі «Вал-шестерня Д02210.5».

Таблиця 1.3 – Режими різання на операції з мехобробкою 015-050

№	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	v _c , м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 015					
2	Точити торець 1 однократно.	1,5	0,2	1225	100
3	Центрувати отвір 2.	1,575	0,05	800	8
4	Свердлити отвір 2.	2,5	0,22	955	15
5	Точити поверхні 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 попередньо.	1,5	0,2	680	150
6	Точити поверхні 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 остаточно	0,3	0,2	1140	250
7	Точити фаски 13, 14, 15, 16, 17, 18.	1,0	0,2	910	200
8	Нарізати різь в отворі 2.	0,5	0,5	265	5
10	Точити торець 1 однократно	1,5	0,2	710	100
11	Точити поверхні 2, 3, 4, 5 попередньо	1,5	0,2	680	150
12	Точити поверхні 2, 3, 4, 5 остаточно	0,3	0,2	1140	250

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
1	Точити фаски 6, 7, 8, 9, 10	1,0	0,2	910	200
Операція 020					
2	Фрезерувати шпонковий паз.	0,2	0,1	1190	22,3
Операція 025					
2	Фрезерувати зуби шестірни.	1,5	0,1	64	20
Операція 035					
2	Шліфувати поверхню 1.	0,015	0,06	265	30
Операція 040					
2	Шліфувати поверхню 1.	0,01	0,01	560	63
Операція 045					
2	Шліфувати поверхню 1 та 2	0,015	0,06	265	30
Операція 050					
2	Шліфувати поверхню 1 та 2.	0,01	0,003	560	63

В таблиці 1.4 вказано результати розрахунку технологічних норм часу для мехобробкою 015-050 для деталі «Вал-шестерня Д02210.5».

Таблиця 1.4 – Розрахунок технічних норм часу

Номер і назва операції	T_o , хв	φ_K	$T_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	5,7	1,5	8,6
020 Шпонково-фрезерна	4,2	1,84	7,7
025 Зубофрезерна	27,2	1,66	45,2
035 Кругло-шліфувальна з ЧПК	0,3	1,6	0,5
040 Кругло-шліфувальна з ЧПК	0,9	1,6	1,5
045 Кругло-шліфувальна з ЧПК	0,6	1,6	1,0
050 Кругло-шліфувальна з ЧПК	1,8	1,6	2,9

Отримані розрахунки дозволяють проводити розробити шляхи із покращенням продуктивності виготовлення деталей «Вал-шестерня Д02210.5». Це досягається за рахунок проєктування спеціального пристосування для автоматизованого закріплення деталі «Вал-шестерня Д02210.5» під час шпоночно-фрезерної операції 020, встановлення сучасного роботизованого комплексу на операції 015, вибором більш стійкішого різального інструменту (шпонкова фреза) та спеціального вимірювального інструменту (калібр-скоба).

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5»

2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування

Розробка пристосування для деталі «Вал-шестерня Д02210.5» доцільно використати наступну послідовність [9]:

1) Встановити габаритні розміри установчого області верстата і розміри його основних елементів, тобто тих, до яких буде кріпитися спеціальне пристосування.

2) Проаналізувати схему базування на обробку деталі «Вал-шестерня Д02210.5», її точності та шорсткості поверхонь, врахувати тип і розміри елементів для встановлення. Підібрати їхнє число і взаємне розташування. Розрахувати похибку базування на операцію.

3) Враховуючи дрібносерійне виробництво визначити тип спеціального пристосування та кількість одночасно оброблюваних або затиснутих деталей.

4) Визначити напрямок дії сил затиску деталі «Вал-шестерня Д02210.5» виходячи із схеми базування, величина дії сил, а також місця прикладання.

5) Вибрати тип затискного елемента механізму в залежності від необхідної сили затиску та визначити його конструктивні розміри, параметри та вихідну силу приводу.

6) Вибрати сам тип силового приводу і розрахувати для нього розміри. Притримуватися принципу вибору стандартних розмірів силового приводу.

7) Обов'язково розрахувати похибку закріплення та похибку встановлення деталі «Вал-шестерня Д02210.5» в пристосуванні.

8) Якщо необхідно, то встановити який тип та розміри напрямних елементів для ріжучого інструменту.

Тепер розробляємо конструктивну схему спеціального пристосування, яку показано на рис. 2.1.

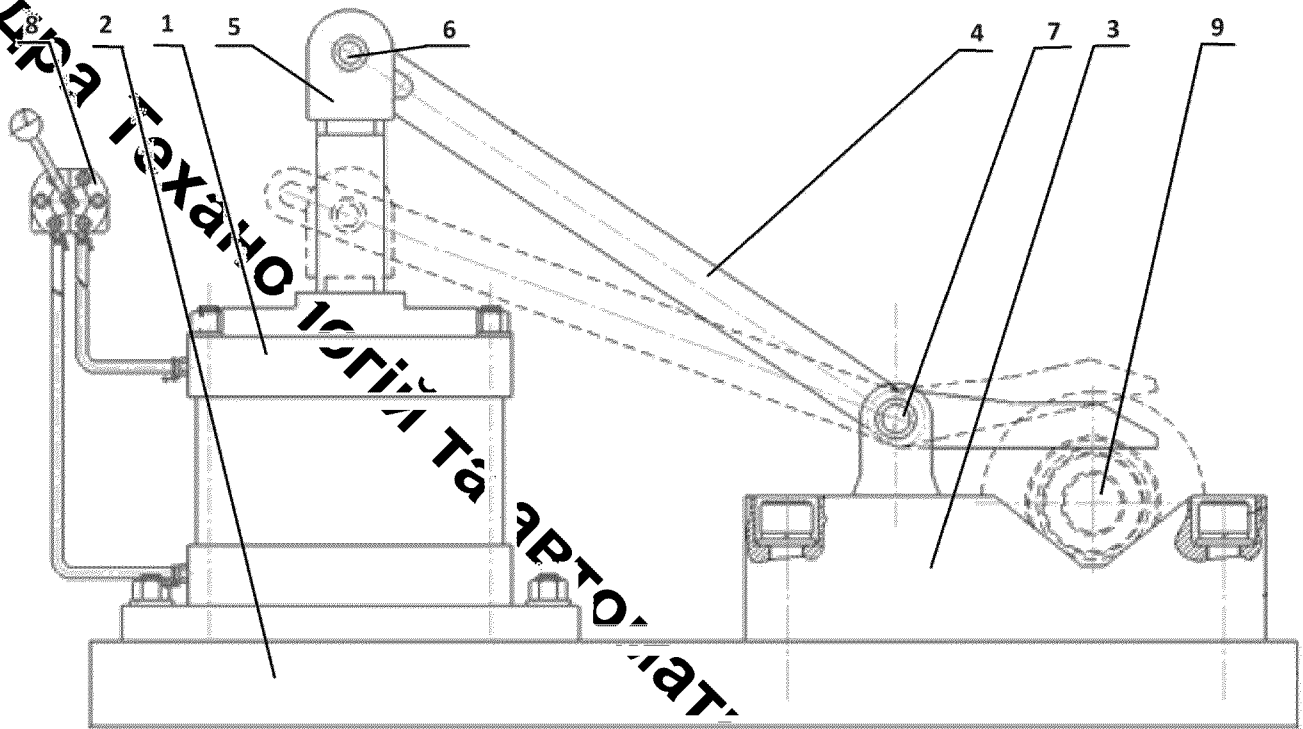


Рисунок 2.1 – Ескіз спеціального пристосування для шпоночно-фрезерної операції 020

Основними елементами спеціального пристосування (див. рис. 2.1) для шпоночно-фрезерної обробки 020: 1 – пневмоциліндр, 2 – плита кріпильна, 3 – призма, 4 – важіль зігнутий, 5 – штовхач, 6 та 7 – вісі обератні, 8 – важіль керування, 9 - заготовка та інші елементи є кріпильними.

2.2 Визначення похибки базування

Базуванням заготовки деталі називають надання їй необхідного положення в просторі відносно металорізального інструменту. У проєктованому спеціальному пристосуванні забезпечується неповне базування заготовки за рахунок базування в призмi.

Виконаємо схему базування (див. рис. 2.2). Згідно розробленої схеми маємо:

1) Поверхня I (зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35k6$) є подвійна направляючою базою, так як позбавляє заготовку деталі чотирьох рухів: переміщення вздовж осей OX та OZ та двох поворотів навколо осей OX та OZ.

2) Поверхня II (правий торець деталі) виконує функцію опорної бази, так як позначає заготовку лише одного руху: переміщення вздовж осі ОУ.

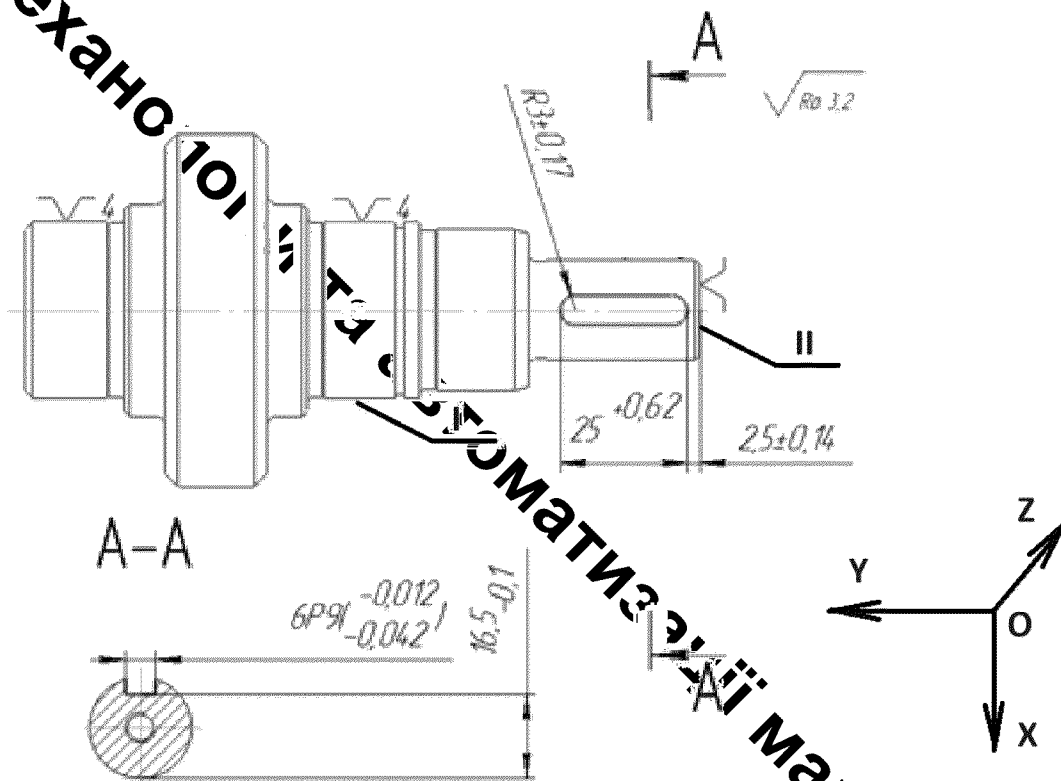


Рисунок 2.2 – Схема базування деталі «Вал-шестерня Д022-0.5»: I, II – бази; XYZ – система координат деталі із центром О.

Схема для базування (див. рис. 2.3) складається з: 1 – призма; 2 – корпус пристрою; 3 – заготовка, 4 – штир опорний.

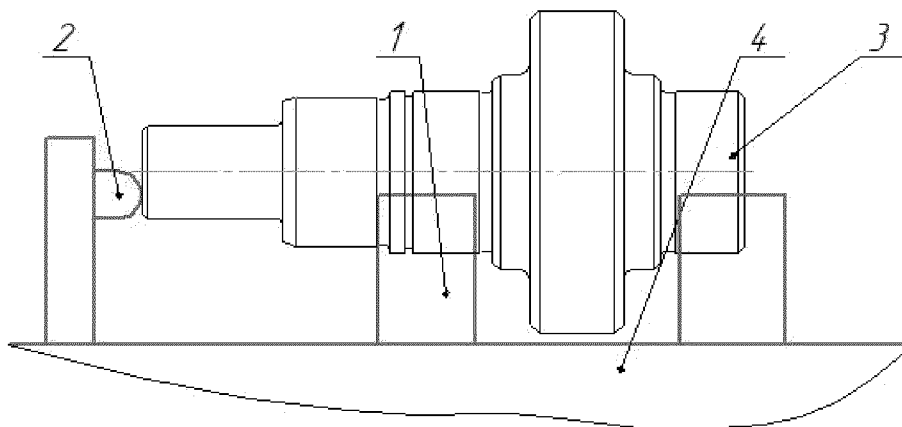


Рисунок 2.3 – Реалізація схеми базування

Схема для базування реалізовано так: заготовку 3 циліндричною поверхнею $\phi 35_{-0,002}^{+0,001}$ встановлюють на призми 1, які закріплено до корпусу 4 спеціального пристрою. Лівий торець заготовки деталі впирається в штир опорний 2.

Визначення похибки базування звучить так, це поле розсіювання розмірів між вимірювальною і установочною базою в напрямку виконуваного розміру. Іншими словами можна трактувати, що похибка базування – це відхиленням положення оброблюваної деталі у спеціальному пристосуванні відносно інструменту від її необхідного положення.

Як видно із схеми базування (див. рис. 2.4), де 1 – призма, а 2 – деталь, установочна і вимірювальна бази для розміру $16,5_{-0,1}^{+0,1}$ мм не співпадають.

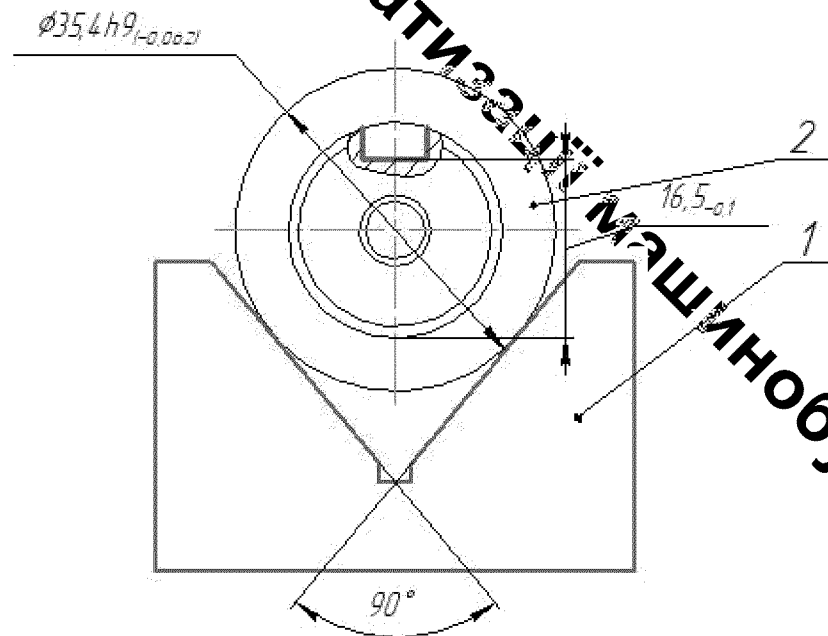


Рисунок 2.4 – Реалізація схеми базування на розмір $16,5_{-0,1}^{+0,1}$ мм, де 1 – призма; 2 – заготовка.

Це означає, що для цього розміру буде мати місце похибка базування. Розрахунок похибки базування виконуємо за формулою 2.1:

$$\xi_{3,5} = 0,5 \times TD \times \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

де TD – допуск базового розміру $\phi 35,4h9$ після точіння і дорівнює $0,062$ мм.

$$\xi_{3,5} = 0,5 \times 0,062 \times \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) = 0,012 \text{ мм}$$

Тоді, похибка базування на розмір $16,5_{-0,1}$ мм після розрахунків $\xi_5 = 0,012$ мм, що є допустимо при допуску на розмір $0,1$ мм.

Отже, розраховане значення похибок базування не перевищує допуску на розмір $16,5_{-0,1}$ мм та запропоновані осі базування будуть використовуватися у маршруті мехобробки деталі.

2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення

Розглянемо схему дії сил на заготовку деталі під час виконання шпоночно-фрезерної операції 020 (див. рис. 2.5).

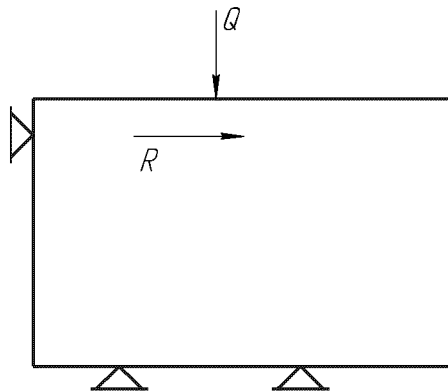


Рисунок 2.5 – Схема дії сил на заготовку деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

При фрезеруванні пазу в деталі «Вал-шестерня Д02210.5», сили, що виникають під час обробки намагаються зсунути заготовку від опор. Зміщенню заготовки запобігає лише сили тертя від важеля та призм. Вона виникає в самих місцях контакту заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» з опорами та затискними механізмами.

Необхідна сила затиску при цьому визначається за формулою 2.2

$$W_z = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}, [H] \quad (2.2)$$

де P - готова складова сили різання, Н; $P = P_z$

f - коефіцієнт тертя сталь по сталі; $f = 0,1 \dots 0,2$; приймає $f = 0,16$.

K - коефіцієнт запасу сили затиску;

Коефіцієнт запасу обчислюємо за формулою 2.3 [2, 3]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.3)$$

де: K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу; приймаємо $K_0 = 1,5$;

K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок випадкових нерівностей на поверхнях, що оброблюються; приймаємо $K_1 = 1,0$;

K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту; приймаємо $K_2 = 1,6$;

K_3 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання при перервному різанні; приймаємо $K_3 = 1,2$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили затиску в затискному механізмі; при використанні пневмоциліндра двосторонньої дії $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів; приймаємо $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку; приймаємо $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,88$$

Отже, приймаємо $K = 2,88$. Розрахуємо силу різання за формулою 2.4:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, [H] \quad (2.4)$$

Необхідні параметри розрахунку сили різання вибираємо із рекомендацій, де:
 $C_p=68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $u=1,0$; $w=0$; $q=0,86$; $t=0,2$ мм; $S_z=0,1$ мм/зуб; $n=1190$ хв⁻¹

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1; \quad (2.5)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 1190^0} = 83,7(H).$$

Отже, необхідна для затиску сила буде довінювати згідно формули 2.2:

$$W_z = \frac{2,88 \cdot 83,7}{0,16 + 0,16} = 732,3(H).$$

По отриманому сили затиску розраховуємо значенню, враховуючи роботу прихвата. Формула за якою обчислюється:

$$Q = \frac{W_z \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta_2}, [H] \quad (2.6)$$

де l_1 – відстань від дії сили пневмоциліндра до осі опори;

l_2 – відстань від дії сили затиску до осі опори; $l_1=62$ мм, а $l_2=205$ мм;

η_2 - ККД від дію прихвату приймаємо 0,9.

$$Q = \frac{732,3 \cdot 205}{62 \cdot 0,9} = 2690 (H).$$

2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів

В якості силового приводу спеціального пристосування обираємо пневмоциліндр (див. рис. 2.6). Основними складовими пневмоциліндра є: шток 1, поршень 2, кришка передня 3, кришка задня 4, гільза 5, шпильки з гайками 6. Також невід'ємною частиною пневмоциліндра є ущільнення, що знаходяться на кришці передній 3 та поршні 2. Також передбачено комплекс ущільнень між гільзою 5, кришками передньою 3 і задньою 5.

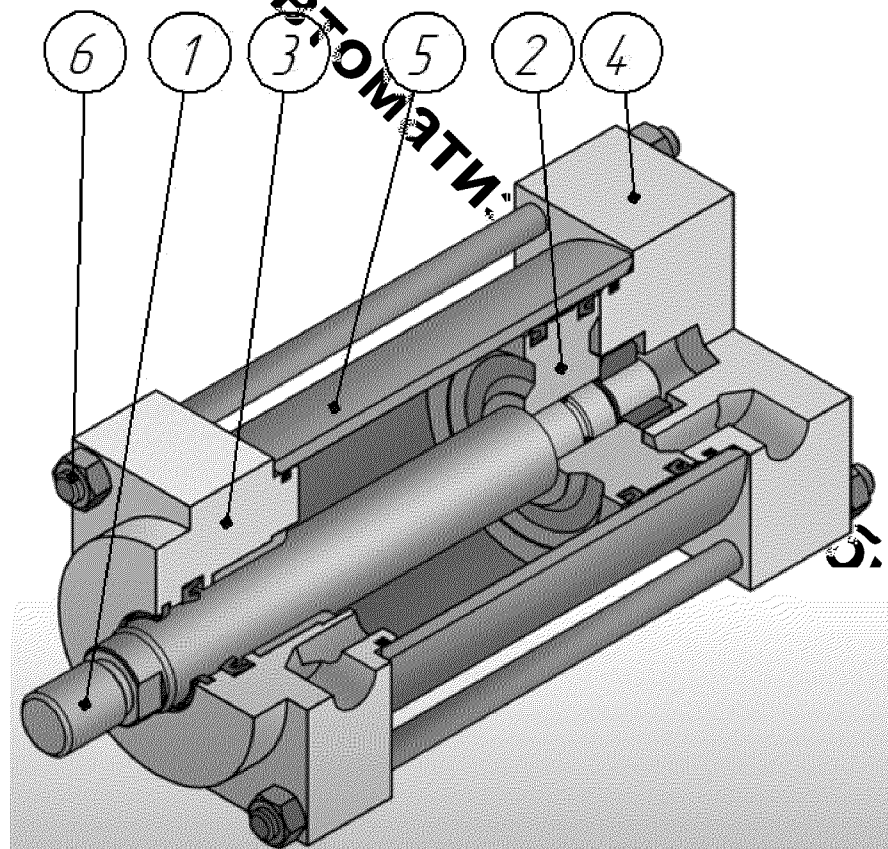


Рисунок 2.6 – Пневмоциліндр в розрізі

Проведемо розрахунок діаметра поршня пневмоциліндра аналітично і виберемо за нормативами. Діаметр поршня пневмоциліндра визначаємо за формулою 2.7 в режимі штовхання:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta_1}} \quad (2.7)$$

де η_1 - ККД пневмоциліндра; $\eta_1 = 0,85$

P – тиск стисненого повітря, $P=0,4$ МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2690}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо діаметр поршня пневмоциліндра 100 мм, а діаметр його штоку 25 мм.

2.5 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність

Аналітично проведемо розрахунок найслабшої ланки пристрою. В даному випадку найслабшою ланкою пристрою є його вісь, котра з'єднує важіль із тягою. Умова міцності розраховується за формулою 2.9:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (2.9)$$

де: $[\sigma_p]$ - стандартне допустиме дотичне напруження матеріалу на зріз;

σ_p - дотичне напруження на розрив в небезпечному перерізі, його величина визначається за формулою 2.10:

$$\sigma_p = \frac{N}{A}, [\text{МПа}] \quad (2.10)$$

де: N - поперечна сила, яка діє на вісь;

A - площа місця розрахонку небезпечного перерізу;

Площу небезпечного перерізу A можемо знайти за формулою 2.11:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, [\text{мм}^2] \quad (2.11)$$

де: D - діаметр вісі дорівнює 10 мм.

Підставляємо проектне значення у формулу 2.11:

$$A = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 (\text{мм}^2)$$

Поперечна розрахункова сила N дорівнює реакції від сили закріплення та сили дії самого поршня від пневмоциліндра, тобто $2 \cdot Q$ і дорівнює $2 \cdot 2690 = 5380$ (Н). Тоді σ_p буде дорівнювати:

$$\sigma_p = \frac{5380}{78,5} = 68,5 (\text{МПа})$$

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{n}; \quad (2.12)$$

де: σ_T - границя текучості для матеріалу вісі;

n – запас міцності для матеріалу вісі.

При цьому σ_T для Сталь 40Х дорівнює 360 МПа. Запас міцності рекомендується брати в межах 1,4...1,6. Приймаємо 1,5.

$$[\sigma_p] = \frac{360}{1,5} = 240 (\text{МПа})$$

В результаті розрахунку маємо, що $68,5 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа}$, тобто важіль на вісі спеціально пристрою витримає розтяг.

2.6 Опис дії верстатного пристосування

Згідно службового призначення цей пристрій вважається спеціальним верстатним фрезерувальним пристосуванням. Це обґрунтовується тим, що воно використовується для закріплення деталі «Вал-шестерня Д02210.5» на універсальному шпонково-фрезерному верстаті моделі 692Р для фіксації при виготовленні шпонкового пазу В=6Р9. Даний пристрій вважається механізованим, одномісним та однопозиційним.

Застосування цього пристрою підвищує продуктивність праці робітника за рахунок зменшення його норми часу на операцію через скорочення допоміжного часу на операції встановлення деталі, забезпечення точності механічної обробки, досягнення безпеки праці та культури виробництва.

Із принципової схеми на рис. 2.9, спеціальний пристрій складається з наступних елементів: пневмоциліндр 1, його вісь 2, плита із шпонками 3. На плиті 3 кріпляться 2 призми стандартні позиція 7 за допомогою 10-ох гвинтів 10. Деталь до призм притискається важілем 5, до якого кріпиться штовхач 4. Керування пневмоциліндром 1 відбувається через ручку 6. Пневмоциліндр 1 кріпиться за допомогою шпильок 8.

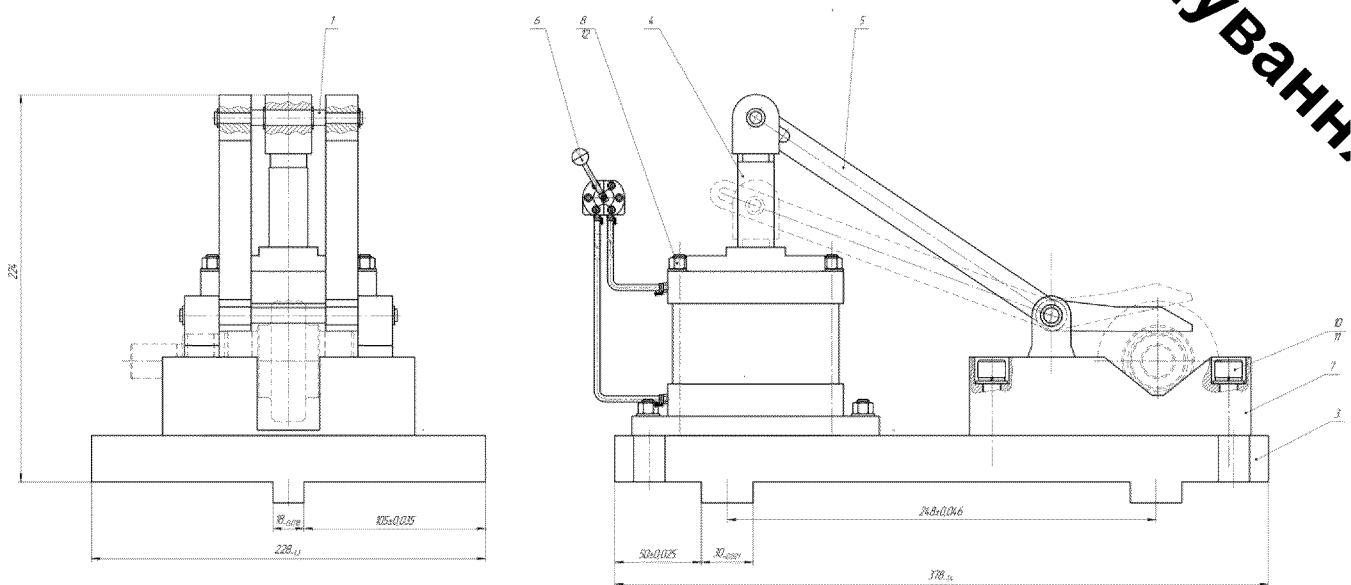


Рисунок 2.9 – Принципова схема спеціального пристрою для фрезерування пазу

в=6Р9

З'єднання штока пневмоциліндра та тяги фіксується кільцем. Для забезпечення необхідного взаємного положення пристрою на столі верстату служать дві шпонки 18_{-0,018} мм.

Принцип дії спеціального пристрою наступний. Заготовка деталі «Вал-шестерня Д02210.5» встановлюється на призму 7 поверхню $\phi 35,4h9$. При цьому тяга 5 знаходиться в крайньому верхньому положенні. Після встановлення заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» повітря подається у без штокову порожнину пневмоциліндра 1, його поршень рухається вгору. Рух передається тязі 5, яка пересувається вгору разом з штоковачем 4. Так здійснюється затиск заготовки.

Після виконання необхідної технологічної операції, фрезерування шпонкового пазу, змінюємо напрямок руху повітря у штокову порожнину. Вся система (поршень, тяга 5, штоковач 4) рухається вниз. Відбувається розтиснення, деталь «Вал-шестерня Д02210.5» можна знімати із призми 7.

Для механічної обробки наступної деталі «Вал-шестерня Д02210.5» процес повторюється.

2.7 Розрахунок ріжучого та контрольно вимірювального інструменту

Підбір та розрахунок металоріжучого інструменту для обробки шпонкового пазу В=6Р9 (фреза шпонкова $\phi 6$). Шпонкова фреза являє собою звичайне тіло обертання і складається із ріжучої та хвостової частини. Ці частини нормалізовані по ГОСТ 9140-78. Проектуючи фрезу виконано із циліндричним хвостовим та двоперовою ріжучою частиною. Матеріал ріжучої частини прийнято швидкоріжучу сталь марки Р6М5 по ДСТУ 7807:2015. Циліндричну хвостову частину будемо застосовувати для кріплення фрези в патроні.

Вибір основних геометричних параметрів та розрахунок конструктивних елементів фрези [4]:

1. Діаметр фрези: приймаємо діаметр ріжучої частини виходячи із розміру оброблюемого пазу; $d_{\text{фрези}} = 6 \text{ мм}$.

2. Діаметр хвостовика: приймаємо також рівним - $d_{\text{хвостовика}} = 6 \text{ мм}$.

3. Враховуючи оброблювану глибину пазу $h=3,5\text{мм}$, приймаємо довжину ріжучої та хвостової частини, а загальну довжину фрези по ГОСТ 9140-78.

$$L_{\text{заг.}} = 46\text{мм}; L_{\text{роб.част.}} = 10\text{мм}; L_{\text{хвост.част.}} = 28\text{мм}.$$

4. Кількість пір'їв для фрези: $z=2$.

5. Загальний кут α можемо знайти за формулою: $\sin \alpha = \frac{C}{a_{\text{max}}^{0,3}}$, де C - постійний

коефіцієнт, який прийнятий при обробці сталі: $C=0,21$ [4]; a_{max} - максимальна зрізувана товщина стружки, що відповідає подачі на зуб. По ГОСТ 9140-78 $\alpha = 20^\circ$.

6. Приймаємо передній кут за нормативами: $\gamma = 5^\circ$.

7. Вибираємо кут нахилу гвинтових зубців шпонкової фрези: $\omega = 20^\circ$.

8. На задній поверхні зубів фрез допускається виготовлена циліндрична стрічка шириною " f " і не більше $0,5\text{мм}$. Інші параметри приймаємо: $d_1 = 6\text{мм}$; $h = 1,8\text{мм}$; $r = 0,3\text{мм}$; $f = 0,8\text{мм}$; $f_1 = 0,7\text{мм}$. Встановлюємо крок гвинтової канавки 52мм .

Проводимо основні перевірочні розрахунки. Визначаємо напруження для небезпечного перерізу фрези $\sigma_{\text{оп.}} = \frac{M_{\text{пр.}}}{\omega} \leq [\sigma]$, де $M_{\text{пр.}}$ - приведений момент (Нм).

$$M_{\text{пр.}} = \sqrt{M_{\text{зг.}}^2 + M_{\text{кр.}}^2}; [\text{кгс} \cdot \text{мм}]; \quad (2.13)$$

$$M_{\text{зг.}} = Pz \cdot L; \quad (2.14)$$

$$M_{\text{кр.}} = \frac{Pz \cdot D}{2}; \quad (2.15)$$

$Pz = 83,7\text{Н}$; - за розрахунками в попередньому підрозділі в формулі (2.4)

$$M_{\text{зг.}} = 83,7 \cdot 46 = 3850,2 (\text{Н} \cdot \text{м});$$

$$M_{\text{кр.}} = \frac{83,7 \cdot 6}{2} = 251,1 (\text{Н} \cdot \text{м});$$

$$M_{\text{пр.}} = \sqrt{3850,2^2 + 251,1^2} = 3858,4 (\text{кгс} \cdot \text{мм});$$

$$\omega = 0,1 \cdot D^3 = 0,1 \cdot 6^3 = 21,6 (\text{мм}^3),$$

$$\sigma_{on.} = \frac{3858,4}{21,6} = 178,6 (\text{МПа}) < 750 (\text{МПа}) \Rightarrow \sigma_{on.} < [\sigma].$$

В результаті розрахунків на міцність отримуємо висновок, що $\sigma_{on.} < [\sigma]$, і тому розрахунок фрези виконано правильний.

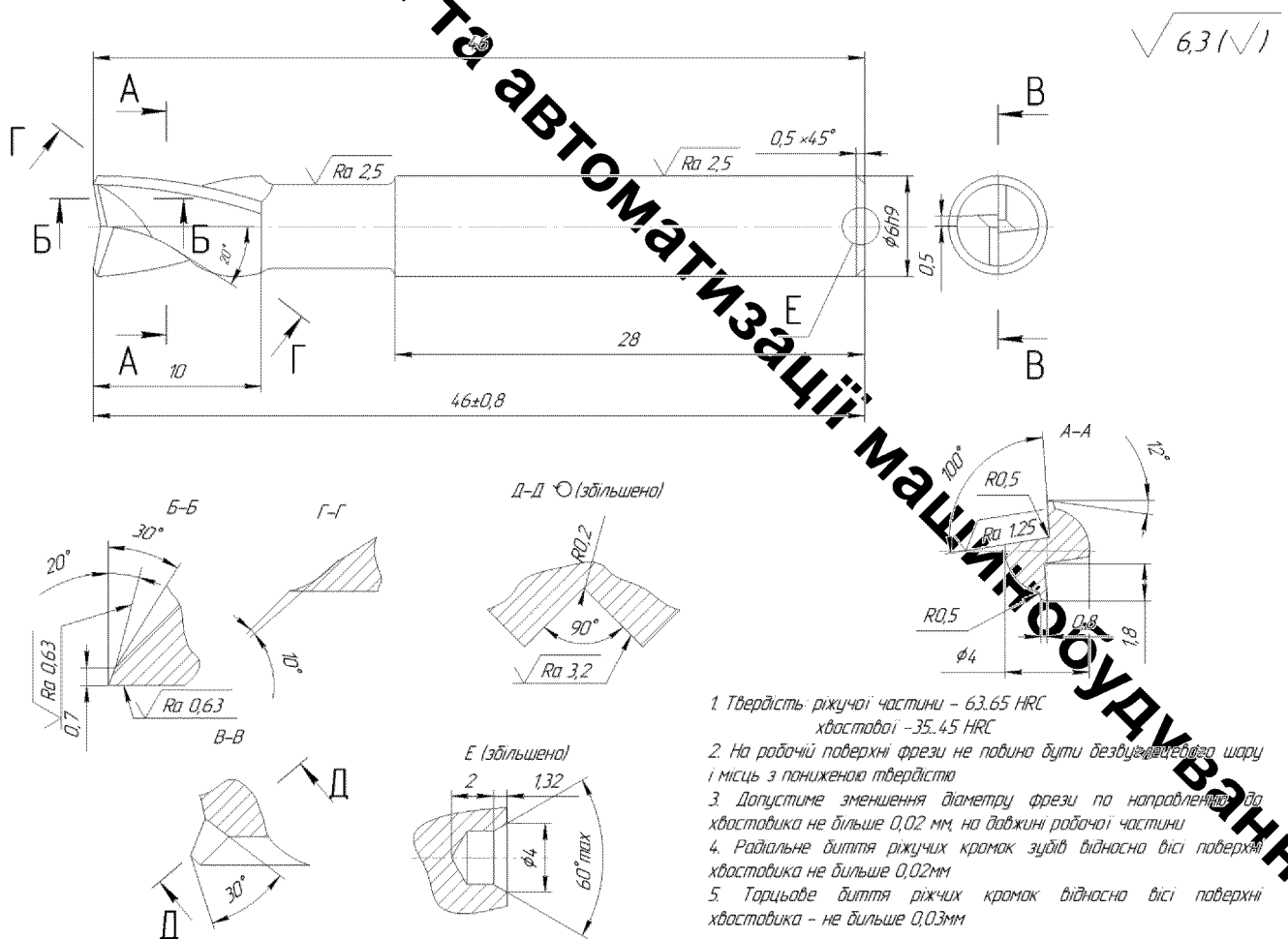


Рисунок 2.10 – Конструкція спроектованої шпонкової фрези для обробки шпонкового пазу В=6Р9

Також проведемо розрахунок контрольно-вимірювального інструменту для перевірки та контролю поверхні $\varnothing 20\text{h}8$ [4, 10]. Зробимо основний вибір граничних відхилень та граничних розмірів деталі з інструментом.

За ГОСТ 25347-82 обираємо граничні відхилення для валу діаметром

Ø20h8/k8

$$es = 0;$$

$$ei = - 0,033 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничні розміри та допуск деталі «Вал коробки швидкостей»:

$$d_{\max} = d + es = 20 + 0 = 20 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min} = d + ei = 20 - 0,033 = 19,967 \text{ (мм)}.$$

$$Td = es - ei$$

(2.16)

$$Td = 0 - (- 0,033) = 0,033 \text{ (мм)}.$$

За ГОСТ 24853-81 обираємо основні граничні відхилення і допуск для виготовлення калібр-скоби:

$$H_1 = 4,0 \text{ (мкм)} = 0,004 \text{ (мм)};$$

$$Y_1 = 3,0 \text{ (мкм)} = 0,003 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 3,0 \text{ (мкм)} = 0,003 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо побудову схеми розташування полів допусків (див. рис. 2.19).

Розрахунок основних виконавчих розмірів контрольно-вимірювального обладнання. Визначаємо розміри калібр-скоби:

а) Прохідна калібр-скоба:

$$PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2}. \quad (2.17)$$

$$PP_{\max} = 20 - 0,003 + \frac{0,004}{2} = 19,999 \text{ (мм)}.$$

$$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}. \quad (2.18)$$

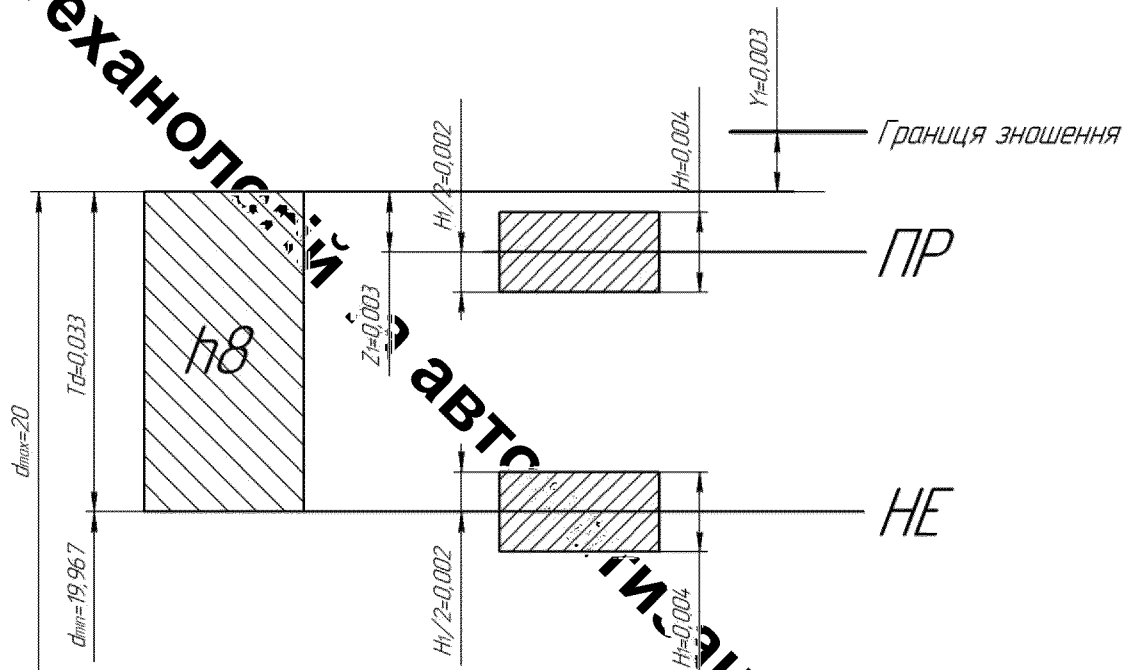


Рисунок 2.11 – Схема розташування полів допусків для виготовлення калібр-скоби

Границя зношення:

$$ПР_{3Н} = d_{\max} + Y_1. \quad (2.19)$$

$$ПР_{3Н} = 20 + 0,003 = 20,003 \text{ (мм)}.$$

Виконавчий розмір: $ПР = 19,995^{+0,004} \text{ (мм)}.$

б) Непрохідна калібр-скоба:

$$НЕ_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}. \quad (2.20)$$

$$НЕ_{\max} = 19,967 + \frac{0,004}{2} = 19,969 \text{ (мм)}.$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2}. \quad (2.21)$$

$$HE_{\min} = 19,967 - \frac{0,004}{2} = 19,965 \text{ (мм)}$$

Виконавчий розмір: $HE = 19,965^{+0,004}$ (мм).

Розміри корпусу для калібр-скоби за ГОСТ 18362-73: $D = 20$ мм; $D_1 = 60$ мм; $H = 55$ мм; $h = 24$ мм; $S = 5$ мм; $l = 18$ мм; $l_1 = 11$ мм; $l_2 = 2$ мм.

Розміри накладки на ручки за ГОСТ 18369-73: $L = 25$ мм; $H = 14$ мм; $B = 5$ мм.

Конструкція складеної калібр-скоби для контролю поверхні $\varnothing 20h8$ показано на рис. 2.12. Основні елементи конструкції калібру-скоби: 1 - скоба, 2 - гайка, 3 - гвинт та 4 – накладка для ручки.

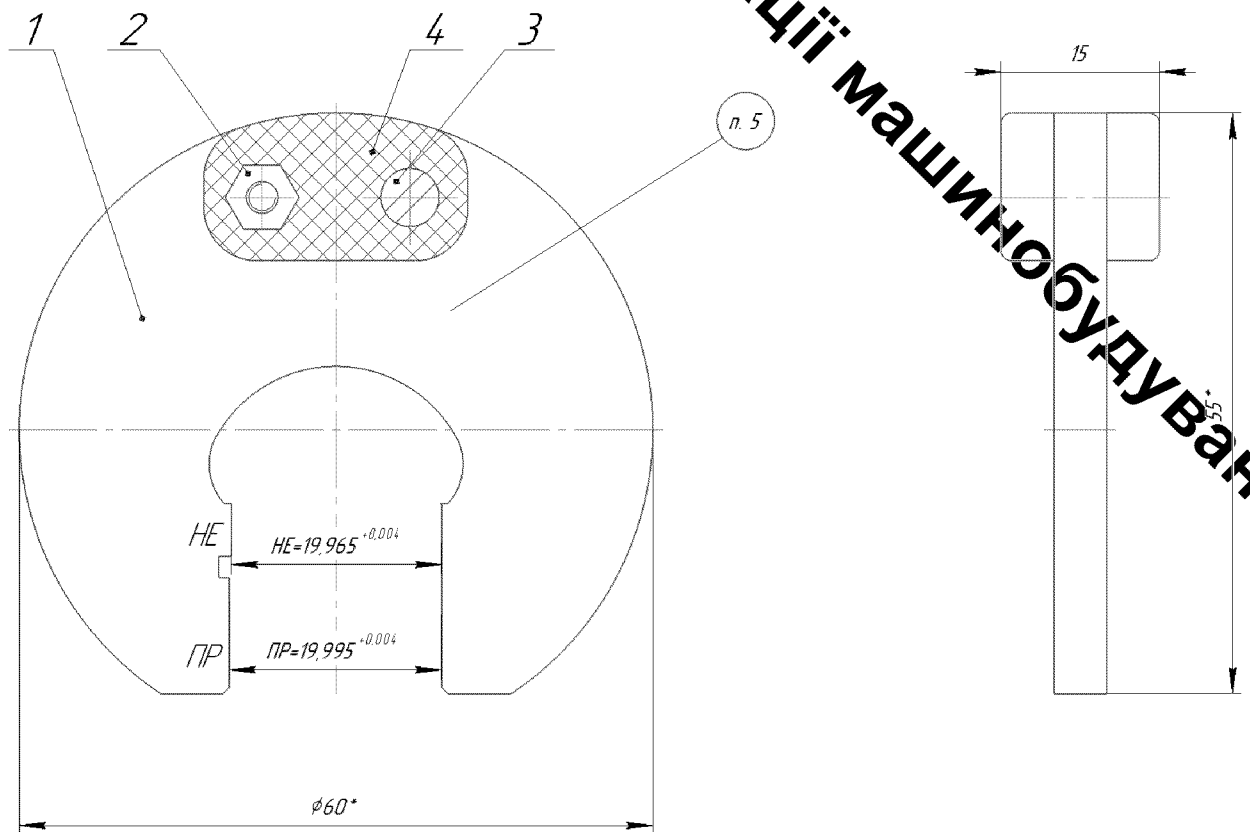


Рисунок 2.12 – Кресленик калібр-скоби для контролю поверхні $\varnothing 20h8$ мм

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д02210.5»

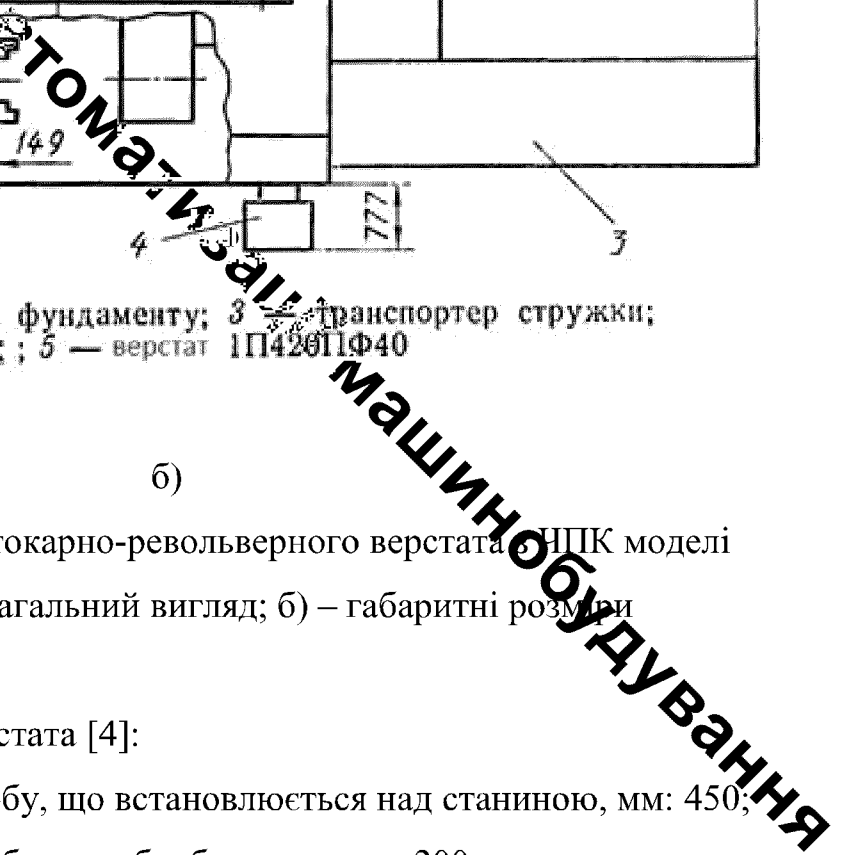
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця

Проведемо удосконалення технологічного процесу шляхом удосконалення самого робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» [5, 6]. Розглянемо операцію 015, яка виконується на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ40 з 12 інструментами в револьверній головці та пристроєм для їх автоматичної зміни при встановленні заготовки в трьохкулачковий патрон з автоматичного затискання (розтискання). Операція 015 виконується в два установи, тому буде актуально використати послуги обслуговування промислового робота.

В подальшому використовуємо токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ40. Загальний вигляд верстата та його габарити показані на рис. 3.1:



а)



6)

Технічні характеристики верстата [4]:

- Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм: 450;
- Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм: 200;
- Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм: 130;
- Діаметр затискного патрона, мм: 200;
- Частота обертання шпинделя, об/хв: 20...4000, 20...2500;
- Межі подач револ. поздов. та попер. супорта, мм/хв: 1-5000 та 1-5000;
- Потужність електродвигуна головного руху, кВт: 30/22;
- Габаритні розміри, мм: 3470x2260x2300;
- Маса, кг: 5900.

3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця,

Проводимо важливий етап, а це вибір промислового робота для автоматизації процесу виробництва. Він запрограмований працювати у складі робочого місця біля верстату з ЧПК. Зараз необхідно закласти основні вимоги для керування промисловим роботом [7, 8]:

- необхідно забезпечити вантажопідємність;
- не повинні перевищувати розміри зони обслуговуваного обладнання за розмірами робочої зони від промислового робота;
- програма керування для промислового робота має врахувати кількості керуючих координат, місця позиціонування робочого органу та об'єму пам'яті;
- захватний пристрій приймаємо враховуючи конструктивної особливості деталі «Вал-шестерня Д02210.5»;
- вантажопідємність самого промислового робота обов'язково має бути більшою не менше ніж на 10% за масу об'єкту маніпулювання.

Підібрані форма і розміри робочої зони мають бути передбачені такі, щоб завантаження і вивантаження оброблюваних заготовки та деталі з цієї робочої зони здійснювалося без явних перешкод. Для обраного нами промислового робота, який буде працювати у складі робочого місця, має місце кількість ступенів вільності і зазвичай залежить від форми, розміру та положення робочої зони самого обладнання, а також відносно самого положення обмежувальних зон для завантаження-розвантаження.

Отже, для деталі «Вал-шестерня Д02210.5» керуючись основними рекомендаціями [7], обираємо промисловий робот типу "Циклон 5.02" (див. рис. 3.2). Його задача полягає в автоматизації процесів холодного штампування, а також завантажувально-розвантажувальних операціях і міжверстатного транспортування та міжопераційного складання у заготівельних та інших цехах машинобудівних заводів. Промисловий робот типу "Циклон 5.02" замінює багато робітників на циклічних чи небезпечних видах операцій. Системи керування для промислового робота типу "Циклон 5.02" передбачає марку УЦМ-30.

Основні характеристики промислового робота типу "Циклон 5.02":

- вантажопідємність робота - 10 кг;
- число ступіней рухливості робота - 5 або 7;
- кількість рук робота - 2;
- кількість основних захватних пристроїв на одній руці - 1;
- тип приводу основних рухів - пневматичний;
- система керування передбачена циклова;
- кількість програмованих координат- 6;
- засіб програмування переміщень - по упорам;
- емність пам'яті системи, число кроків - 31;
- наявна похибка позиціонування - $\pm 0,1$ мм;
- конструктивно найбільший виліт руки - 1560 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с,
- $\Gamma = 600/1,5$;
- $z=100/0,2$
- $x=400/0,5$;
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с;
- $Q=180/120$;
- $a=180/180$;
- габаритні розміри, мм - 860x110x1630;
- маса, - 780 кг.

Для необхідного підвищення вантажопідємності промислового робота «Циклон 5.02» зазвичай підвищують тиск в повітряній мережі до 0,6 МПа та тримають його на такому максимальному рівні. Варто зрозуміти, що тиск більше 0,6 МПа зазвичай може призвести до аварійних ситуацій, адже не всі пристрої повітряної мережі розраховані на такий підвищений тиск.

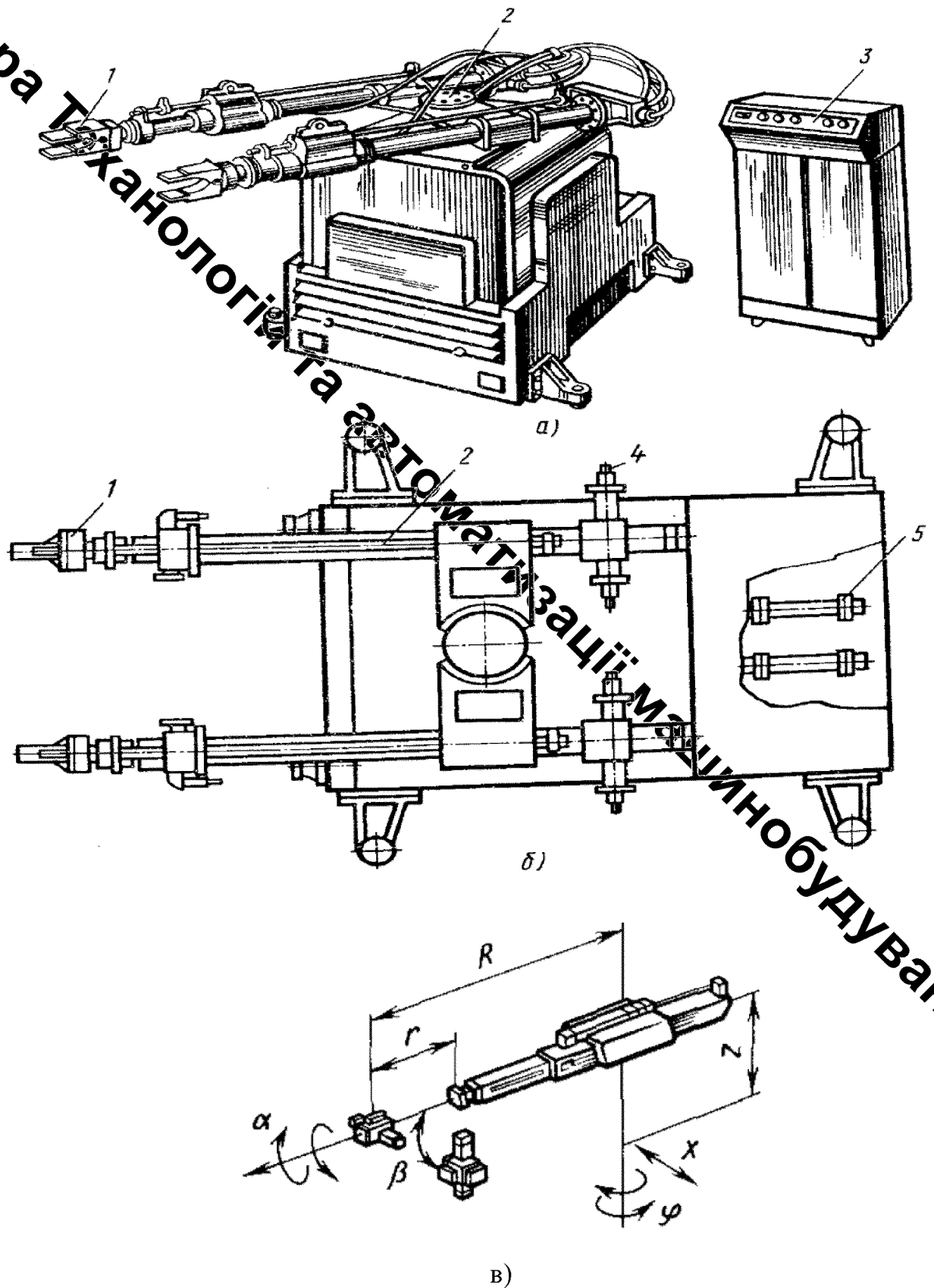


Рисунок 3.2 – Зображення частин промислового робота типу «Циклон 5.02»

а) загальний вигляд, б) схема, в) степені вільності

3.3 Проектування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату

Заготовка деталі «Вал-шестерня Д02210.5» розташовується в токарному трьохкулачковому патроні за допомогою зовнішньої циліндричної поверхні та її торця. Тому необхідно щоб вони залишилися доступними після перенесення заготовки промисловим роботом. Для переміщення заготовки у необхідне місце, її установку в захваті промислового робота плануємо виконувати за зовнішню циліндричну поверхню, яка є знаменою (див. рис. 3.3).

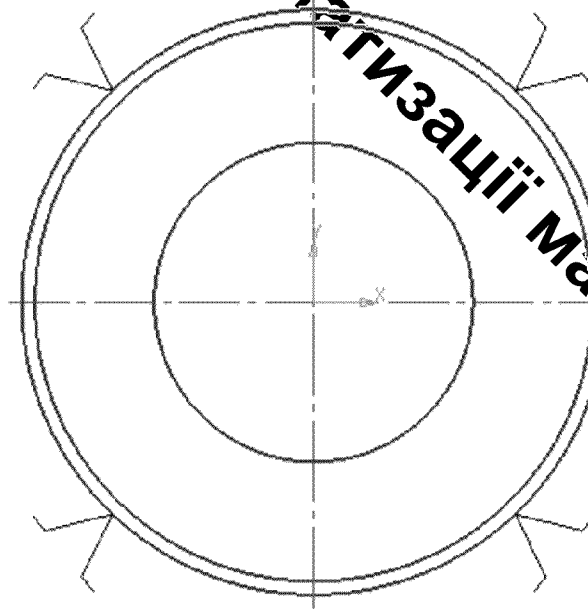


Рисунок 3.3 – Схема закріплення заготовки в захваті промислового робота

Для моделі промислового робота «Циклон 5.02» зазвичай використовують захватний механізм такої конструкції (див. рис. 3.4): на кожному кінці маніпулятора розміщений фланець із закріпленим механізмом. Він має 2 призматичні губки та невеликі пневматичні циліндри, які здійснюють поступальний рух. Вони змушують через важільні механізми рухатися затискні губки на зустріч одна одній.

Схема із пневматичним циліндром працює наступним чином. При русі стисненого повітря до штокової порожнини пневмоциліндра, він починає втягувати шток. Пружина в пневмоциліндрі буде стискатися. Через звичайну систему важелів

губки на кінці механізму будуть ставати ближче на зустріч одна одній. При цьому забезпечується необхідне зусилля F для затискання.

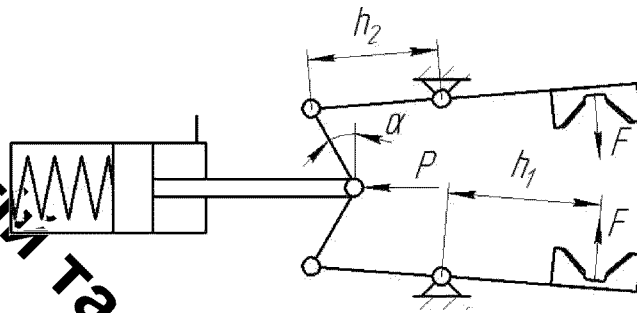


Рисунок 3.4 – Схема захватного пристрою для промислового робота «Циклон 5.02»

Для розтискання деталі «Вал-шестерня Д02210.5», за рахунок переключення пневматичного розподільника і стисненої пружини, з штокової камери стравлюють стиснене повітря. При цьому шток витягнеться і через систему важелів, буде досягнуто розходження губок та розтискання деталі «Вал-шестерня Д02210.5».

Зусилля для затискання деталі «Вал-шестерня Д02210.5» визначаємо із припущення, що утримання деталі «Вал-шестерня Д02210.5» відбувається за рахунок сил тертя, які виникають за рахунок цього зусиллям.

Зусилля для затискання деталі «Вал-шестерня Д02210.5» визначаємо за формулою 3.1 [7]:

$$F = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot g, [H]$$

де m – маса деталі «Вал-шестерня Д02210.5»;

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

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1 = 1,2 \div 2,0$, приймаємо $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від максимального прискорення A , з яким промисловий робот переміщує деталі «Вал-шестерня Д02210.5», для пневматичних роботів: $A = g = 1 + A/g = 1 + 1 = 2$;

K_3 – коефіцієнт передачі, який залежить від конструкції самого захвату та розташування у ньому об'єкту маніпулювання:

$$K_3 = \frac{\sin \alpha}{2\mu}, \quad (3.2)$$

де α – половина кута нахилу губок затискного пристрою, $\alpha = 60^\circ$;

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

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,15} = 2,9.$$

Тоді:

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 2,3 \cdot 9,81 = 157 \text{ (Н)}$$

Зусилля затискання для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \alpha \quad (3.3)$$

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \alpha \cdot F. \quad (3.4)$$

$$P = 0,035/0,045 \cdot 2 \cdot \sin(45^\circ) \cdot 157 = 172 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо діаметр поршня який входить до циліндра односторонньої дії:

$$P = p_v \cdot \frac{\pi D^2}{4} - F_{тр} - F_{пр}. \quad (3.5)$$

де P_v – робочий тиск повітря в системі, приймаємо $P_v = 0,5$ МПа;

– діаметр поршня;

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

приймаємо $F_{тр} = 17,2$ Н;

$F_{пр}$ – зусилля, створене пружиною (в кінці ходу дорівнює 10% від зусилля, що розвивається), приймаємо $F_{пр} = 17,2$ Н.

$$D = \sqrt{\frac{4(P + F_{тр} + F_{пр})}{\pi \cdot P_v}} = \sqrt{\frac{4(172 + 17,2 + 17,2)}{\pi \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 0,0229(м) = 22,9(мм).$$

Отже, приймаємо діаметр поршня $D = 25$ мм.

Знайдемо похибку розміщення заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5». Складовими частинами установчих розмірних ланцюгів є розміри заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5», пристосування, що розраховано відповідно загальній методиці розмірного аналізу конструкції.

Розглянемо розміри, які виникають при автоматизованій роботі програмного робота із заготовкою деталі «Вал-шестерня Д02210.5» на верстат 1П450ПФ40 (див. рис. 3.5):

V_Δ – відхилення осей самого затискного пристрою верстата та, відповідно, завантажувальної заготовки;

V_1 – відхилення обох осей заготовки та захватного пристрою;

V_2 – відхилення які враховують основні програмовані переміщення (в даному випадку це відстань між накопичувачем заготовок та верстатним пристосуванням);

V_3 – відхилення осі захвату від бази промислового робота;

V_4 – відхилення загальної відстані між верстатом та роботом;

V_5 – відхилення загальної відстані від осі пристосування до основної бази верстата з ЧПК.

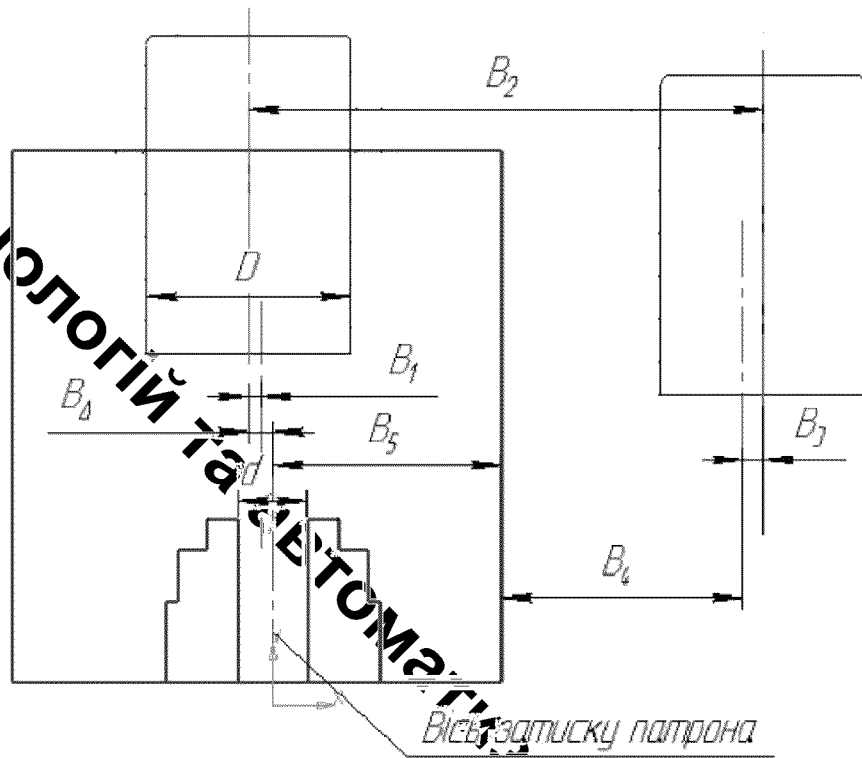


Рисунок 3.5 – Розрахунок похибки розміщення заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5»

Встановлення заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» безпосередньо на призму можливе лише тоді, коли B_{Δ} не перевищує значення:

$$B_{\max} = \frac{d - D}{2K_3}, [\text{мм}]$$

де $K_3 = 1,1 \div 1,2$ (коефіцієнт запасу);

d – діаметр розкриття кулачків патрона (70 мм);

D – діаметр поверхні базування деталі (47,6 мм).

$$B_{\max} = (70 - 47,6) / 2 / 1,2 = 9,3 \text{ (мм)}.$$

Отже, приймаємо допуск на розмір базування заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» $47,6^{+1,8}_{-1,0}$ мм, тоді інші параметри будуть дорівнювати:

$$B_1 = \frac{0.5}{2} \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 0.04 \text{ (мм)}$$

$$B_2 = 1400 \pm 1,55 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = \frac{0.5}{2} \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 0.04 \text{ (мм)}$$

$$B_4 = 60_{-0,72} \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 940_{-2,3} \text{ (мм)}.$$

$$T_{\Delta} = 0,04 + 3,1 + 0,04 + 0,72 + 2,3 = 5,87 \text{ (мм)}$$

Оскільки $T_{\Delta} < B_{\max}$, то розрахована точність позиціонування заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» достатня для виконання необхідної операції.

3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота

Виконуємо розрахунок траєкторії закладемо у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розраховані елементи траєкторії переміщення заготовки робота

Елемент Траєкторії	Найменування та напрямок руху	Величина переміщення мм (град)
1	2	3
r0–1	Переміщення руки робота вперед	1000
	Затиск заготовки схватом робота	-
r1–2	Переміщення руки робота назад	100
z2–3	Переміщення руки робота вгору	100
φ3–4	Поворот корпусу за год. стрілкою	90
r5–6	Переміщення руки робота вперед	1000
z6–7	Переміщення руки робота вниз	100

Продовження таблиці 3.1.

	2	3
x7-8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату руки	-
x9-10	Переміщення корпусу робота вправо	100
z10-11	Переміщення руки робота вгору	100
z11-12	Переміщення руки робота назад	100
	Вистій руки робота	-
r12-13	Переміщення руки робота вперед	1000
z13-14	Переміщення руки робота вниз	100
x14-15	Переміщення корпусу вліво	100
	Затиск схвату руки	-
x15-16	Переміщення корпусу вправо	100
z16-17	Переміщення руки робота вгору	100
φ17-18	Поворот заготовки проти год. стрілкою	90
φ18-19	Поворот руки за год. стрілкою	100
φ19-20	Поворот корпусу проти год. стрілкою	90
r20-21	Переміщення руки робота вперед	1000
z21-22	Переміщення руки робота вниз	100
x22-23	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату руки	-
x23-24	Переміщення корпусу вправо	100
z24-25	Переміщення руки робота вгору	100
z25-26	Переміщення руки робота назад	100
	Вистій руки робота	-
r26-27	Переміщення руки робота вперед	1000
z27-28	Переміщення руки робота вниз	100

Продовження таблиці 3.1

x28-29	Переміщення корпусу вліво	100
	Затиск схвату руки	-
x29-30	Переміщення корпусу вправо	100
z30-31	Переміщення руки робота вгору	100
φ31-32	Поворот корпусу проти год. стрілкою	90
	Затиск схвату руки	-
r32-33	Переміщення руки робота назад	100

3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця

Основними функціями згідно рекомендацій для допоміжного устаткування є:

- функція накопичення;
- функція транспортування та поштучної видачі виробів;
- функція орієнтації та переорієнтації виробів.

Під час вибору інженером допоміжного устаткування робочого місця необхідно врахувати, що заготовка деталі «Вал-шестерня Д02210.5» під час початку руху повинна ставати в відповідне положення щодо захватного пристрою промислового робота, а сама зона роботи допоміжного устаткування повинна перетинатися з робочою зоною прийнятого промислового робота типу «Циклон 5.02».

Тому до складу удосконаленого робочого місця входить спеціальний тактовий стіл. На робочу поверхню тактового стола встановлюють пристосування із заготовкою деталі «Вал-шестерня Д02210.5». В якості пристосування зазвичай використаємо опорні елементи: призми та упори. Оскільки габаритні розміри заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» суттєво не відрізняються, то опорні елементи для них будуть однакові. Схема тактового столу СТ 350 і розміри пластини подано на рисунку 3.6.

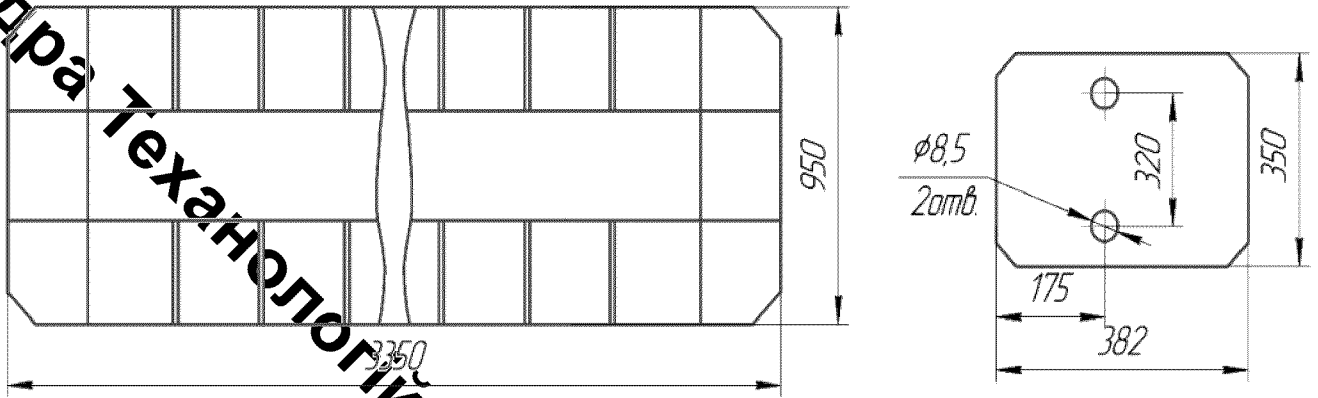


Рисунок 3.6 – Схема гартового столу СТ350 з розмірами елемента пластини

Отже, застосуємо кільцеву компоновку (див. рис. 3.7) устаткування розташованого безпосередньо навколо роботи робота. Кільцева компоновка робочого місця дозволяє зручно завантажувати і розвантажувати заготовок, а також безперешкодне переміщення самого захватного пристрою робота. Основна перевага полягає в наступному: забезпеченні скорочення допоміжного часу на закріплення і установку заготовки, що дозволяє зменшити штучно-калькуляційний час, а також підвищити продуктивність.

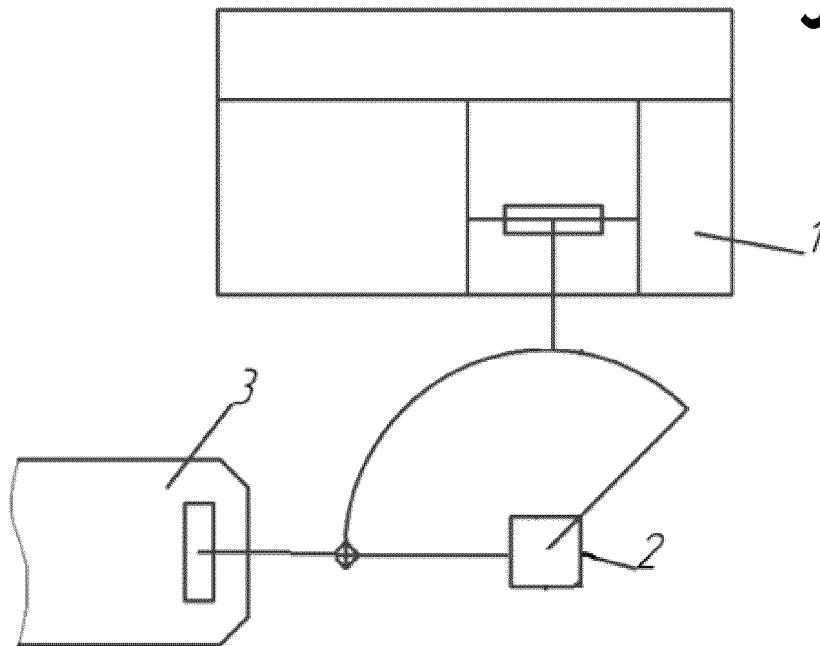


Рисунок 3.7 – Кільцева компоновка робочого місця з промисловим роботом

3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті

Проведемо розрахунок швидкості лінійних переміщень. Для цього визначимо швидкість лінійного позиціювання в діапазоні робочої зони руки промислового робота, використовуємо формулу 3.7:

$$V_x = \frac{2L_x \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (3.7)$$

де L_x – виліт руки робота;

Δl – похибка позиціювання (5,87 мм).

M – маса заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» (2,3 кг).

Отже, швидкість лінійного позиціювання заготовки деталі «Вал коробки швидкостей» перед операцією:

$$V_r = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{2,3}} = 0,42 (\text{м} / \text{с}).$$

а під час відведення самої руки від накопичувача:

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{2,3}} = 0,04 (\text{м} / \text{с}).$$

Знайдемо швидкість вертикального переміщення. Для визначення швидкості цього переміщення застосуємо умову зрівноваження мас:

$$V_z = \frac{\alpha_z \sqrt{l_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (3.8)$$

де α_z – коефіцієнт, який залежить від конструкції приводу робота, для пневматичного приводу $\alpha_z=3$;

L_z – довжина шляху при вертикальному переміщенні деталі «Вал-шестерня Д02210.5».

Швидкість вертикального переміщення із заготовкою деталі «Вал-шестерня Д02210.5»:

$$v = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{2,3}} = 0,2 (м / с).$$

Знайдемо швидкість кутового переміщення. Кутова швидкість при повороті руки промислового робота типу «Циклон 5.02» щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{град/с}] \quad (3.9)$$

де δ – похибка кутового позиціювання:

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0,0001}{1} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 20,64 (с) ;$$

φ – кут повороту руки, град.

Тому, для повороту станини з рукою робота на 90° :

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sqrt[4]{20,64}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1)^4}} = 1,5 (рад/с).$$

3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота

Циклограма роботи розрахованого промислового робота типу «Циклон 5.02» є графічним відображенням послідовності роботи під час механічної обробки деталі «Вал-шестерня 202210.5» з врахуванням окремих його елементів і підсистем (див. рис. 3.8).

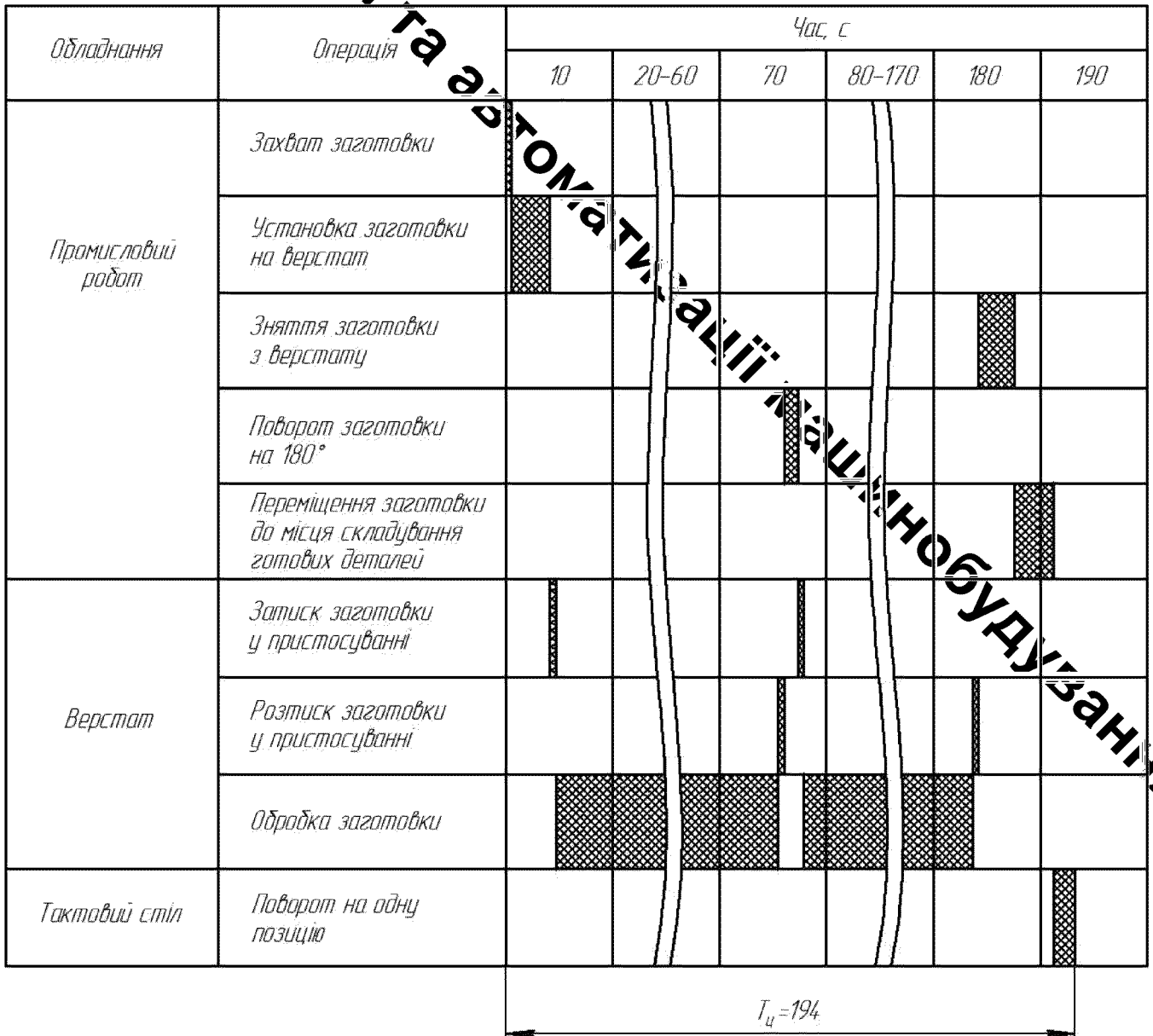


Рисунок 3.8 – Циклограма роботи промислового робота типу «Циклон 5.02»

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання *комерційного потенціалу розробки*, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснюється за 12-ма критеріями [16]. Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Петров О.В.	Козлов Л.Г.	Лозінський Д.О.
1	2	3	4
1. Технічна здійсненність концепції	3	3	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	2	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	2

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	3	3
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	2	4	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	2	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	3	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	3
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	3
Сума балів	СБ ₁ =33	СБ ₂ =35	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{33 + 35 + 34}{3} = 34$		

Згідно результатів оцінювання можна охарактеризувати рівень комерційного потенціалу розробки «вище середнього» ($\overline{CB}=34$), а також розкрити такі аспекти:

- розробка може бути реалізована на таких підприємствах як АТ Бердичівський машинобудівний завод «Прогрес», ООО «Вінницький інструментальний завод»;

- загальна якість розробки має високі показники: коефіцієнт запасу міцності деталі «Вал-шестерня Д02210.5» складає 1,2, точність обробки поверхонь забезпечує точність позиціонування та виконання функціональних обов'язків;

- за рахунок удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня Д02210.5» забезпечується підвищення продуктивності випуску продукції та економія енергетичних ресурсів, що дозволяє покращити співвідношення ціна-якість;

- ринками збуту продукції можуть стати підприємства України, що займаються виготовлення обладнання для перетворення електричної енергії в механічну за допомогою планетарних редукторів;

- планетарний редуктор є досить перспективний проєкт, а потенційними покупцями цього товару можуть бути підприємства машинобудівної галузі;

- оскільки загальний ресурс роботи планетарного редуктора з деталлю «Вал-шестерня Д02210.5» є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко-економічні показники можна припустити, що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 15 років.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z_o , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (4.2)$$

де М – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн. У 2024 році величини окладів рекомендується брати до 15372 грн. за місяць для працівників професійної, наукової та технічної діяльності;

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = (21 \dots 23)$ дні, Приймаємо 22 робочих дні;

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Таблиця 4.2 – Розрахунки основної заробітної плати розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Керівник проектувальник	15372	698,72	16	11180
Інженер-конструктор 1-ї категорії	11556	525,27	16	8404
Технік 1-ї категорії	8172	371,45	8	2972
Всього				22556

Основна заробітна плата робітників Z_p , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \text{ [грн.]}, \quad (4.3)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу; C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_{\text{мкс}} \cdot K_c}{T_p \cdot T_{\text{зм}}} \quad [\text{грн./год}], \quad (4.4)$$

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_m=8000,00$ грн./міс.;

$K_{\text{мкс}}$ – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду: 1,35 – 3 розр.; 1,7 – 5 розр.; 2 – 6 розр.;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношення місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати: приймаємо 1,8.

T_p – число робочих днів в місяці; Прийняте $T_p = 22$ дні;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год.

Тоді

$$C_3 = \frac{8000 \cdot 1,35 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 110,45 \text{ (грн/год);}$$

$$C_5 = \frac{8000 \cdot 1,7 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 139,09 \text{ (грн/год);}$$

$$C_6 = \frac{8000 \cdot 2 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 163,64 \text{ (грн/год).}$$

Таблиця 4.3 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати на робітника грн.
Шліцефрезерна операція	0,03	6	163,64	4,91
Шліфувальна операція	0,06	6	163,64	9,82
Токарна з ЧПК	0,14	5	139,09	19,47
Зубофрезерна	0,75	5	139,09	104,32
Шпонково-фрезерна	0,13		139,09	18,08
Обслуговування промислового робота	0,01	5	139,09	1,39
Слюсарна операція	0,8	3	110,45	88,36
Миюча операція	0,4	3	110,45	44,18
Всього				290,53

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]},$$

$$Z_{\text{дод}} = 0,11(22556 + 290,53) = 2513 \text{ (грн.)}.$$

Відрахування на соціальні заходи. До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ — єдиний соціальний внесок). Розраховуються за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (4.6)$$

$З_0$ – основна заробітна плата розробників, грн.;

$З_р$ – основна заробітна плата робітників, грн.;

$З_д$ – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$H_{zn}=22\%$ – норма нарахування на заробітну плату.

$$З_{zn} = (22556 + 290,53 + 2513) \cdot \frac{22}{100} = 5579 \text{ (грн.)}$$

Сировина та матеріали. Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

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

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ приймаємо $1,1$;

V_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

C_v – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.4 - Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Поковка d=75,6/135,2 мм	45	2,3	1,1	7,2	95,58
Всього:					95,58

Розрахунок витрати на комплектуючі K_e , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K_e = \sum_1^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \text{ [грн.]}, \quad (4.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_j – ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ приймаємо 1,1;

n – кількість видів комплектуючих.

Всі необхідні данні для розрахунку витрат на комплектуючі вироби зведемо в таблицю 4.5

Таблиця 4.5 - Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Електродвигун на 3 кВт	1	10000	10000
Інші дрібні комплектуючі планетарного редуктора	50	800	40000
Всього			50000

Спецустаткування для наукових робіт. Проектування та удосконалення деталей планетарного редуктора виконувалася на ноутбучі ASUS VivoBook X571GT-BQ073 Star Black. Балансова вартість спецустаткування розраховується за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_1^k C_i \cdot C_{\text{пр.}j} \cdot K_j \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн.;

$C_{пр.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$) приймаємо 1,1;

k – кількість найменувань устаткування;

$$\varphi_{\text{спец}} = 23999 \cdot 1 \cdot 1,1 = 26398,9 \text{ (грн)}.$$

Програмне забезпечення для наукових робіт

При виконанні МКР використовуються програми, які є у вільному доступі та на підприємстві.

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування $A_{обл}$ в цілому бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_с} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн]}, \quad (10)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_с$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	20	1	375
Вир. прим.	150000	20	1	625
Ноутбук	25000	5	1	400
Шпонково-фрезерна	200000	15	1	1111,11
Зубофрезерна операція	300000	15	1	1666,67
Токарна з ЧПК	400000	15	1	2222,22
Шліфувальна операція	200000	15	1	1111,11
Робот типу «Циклон 5.02»	45000	15	1	250
Інше обладнання	10000	5	1	166,67
Всього				7927,78

Паливо та енергія для науково-виробничих цілей. Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн]}, \quad (4.11)$$

W_{yi} - встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e - вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

K_{eni} - коефіцієнт, що враховує використання потужності, приймаємо 0,75;

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання, приймаємо 0,8.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{opt} + C_{розп} + C_{пост})(1 + \frac{ПДВ}{100\%}) \quad (4.12)$$

C_{opt} - середня оптова ціна електроенергії, яка визначається оператором ринку, грн за 1кВт·год [17, 18]

$C_{розп}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ) для ПАТ «Буніцяобленерго», грн за 1кВт·год [19];

$C_{пост}$ - вартість постачання електроенергії від енергорозподільчої компанії до конкретного споживача (без ПДВ), грн за 1кВт·год [20].

$$C_e = (5243,53 + 344,82 + 528,57) \cdot (1 + 0,2) / 10^3 = 7,34 \text{ грн}$$

Таблиця 4.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Ноутбук	0,3	160	330,5
Шпонково-фрезерна	3	0,13	2,68
Зубофрезерна операція	11,15	0,75	57,54
Токарна з ЧПК	6,3	0,14	6,07
Шліфувальна операція	3	0,09	1,86
Робот типу «Циклон 5.02»	1	0,14	0,96
Інше обладнання	2	10	137,63
Всього			535,46

Службові відрядження Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% (приймаємо 22%) від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$B_{cv} = \frac{H_{cv}}{100\%} (3_o + 3_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

$$B_{cv} = 0,22(22556 + 290,53) = 5026,24 \text{ (грн)}.$$

Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації. До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Таких робіт не передбачено на час виготовлення зразка. Адже всі дослідження проведено на нашому підприємстві. Тому витрати на цю статтю дорівнюють 0.

Інші витрати. До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_s = \frac{H_{is}}{100\%} (3_o + 3_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.14)$$

$$I_s = 0,5(22556 + 290,53) = 11423,27 \text{ (грн)}.$$

Накладні (загальновиробничі) витрати. До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

$$B_{H3B} = \frac{H_{H3B}}{100\%} (3_o + 3_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.15)$$

$$H_{H3B} = 1,25(22556 + 290,53) = 28558,16 \text{ (грн)}.$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи. Цей показник розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат:

$$B_{заг} = 22556 + 290,53 + 2513 + 5579 + 95,58 + 50000 + 26398,9 + 0 + \\ + 7927,78 + 535,46 + 5026,2 + 0 + 11423,27 + 28558,16 = 160903,92 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково—дослідної (науково— технічної) роботи та оформлення її результатів, із врахуванням того розробка знаходиться на стадії розробки впровадження зразка:

$$ЗВ = 160903,92 / 0,9 = 178782,13 \text{ (грн)}$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5», то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів планетарних редукторів із деталлю «Вал-шестерня Д02210.5», в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – (40 шт за 2025 рік, 30 шт за 2026 рік, 15 штук за 2027 рік та 10 шт за 2028 рік); кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 400 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 60000 грн; зміна вартості пристрою

зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу 1000 грн.

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

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

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

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n \Delta \Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta \Pi_o \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100) \text{ [грн]}, \quad (4.16)$$

де $\Delta \Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

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

$\mathcal{G}$ – ставка податку на прибуток. $\mathcal{G} = 18\%$.

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

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_1 &= (1000 \cdot 400 + 60000 \cdot 40) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 478314.2 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_2 &= (1000 \cdot 400 + 60000 \cdot (40 + 30)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 785801.9 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_3 &= (1000 \cdot 400 + 60000 \cdot (70 + 15)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 939545.8 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_4 &= (1000 \cdot 400 + 60000 \cdot (85 + 10)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1042041.7 \text{ (грн)};\end{aligned}$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \text{ [грн]}, \quad (4.17)$$

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 роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{478314.2}{(1+0,1)^2} + \frac{785801.9}{(1+0,1)^3} + \frac{939545.8}{(1+0,1)^4} + \frac{1042041.7}{(1+0,1)^5} = 2274433.86 \text{ (грн)}.$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{inv} \cdot ZB \text{ [грн]}, \quad (4.18)$$

де k_{inv} – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай $k_{inv} = 2 \dots 5$, приймаємо 2.

$$PV = 2 \cdot 178782,13 = 357564,26 \text{ (грн)}.$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \text{ [грн]}, \quad (4.19)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Тоді

$$E_{abc} = (2274433,86 - 357564,26) = 1916869,6 \text{ (грн.)}.$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів роботи 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.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v . Для цього користуються формулою:

$$E_v = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (4.20)$$

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, років.

$$E_v = \sqrt[5]{1 + \frac{1916869,6}{357564,26}} - 1 = 0,45 = 45\%.$$

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{мін}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{мін}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.21)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,16...0,22)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше.

Якщо величина $E_B > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{\min}$. Припустимо, що за даних умов:

$$\tau_{\min} = 0,22 + 0,1 = 0,23 = 23\%.$$

Оскільки $E_B = 45\% > \tau_{\min} = 23\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B} \text{ [років]}. \quad (4.22)$$

Якщо $T_{ок} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

$$T_{ок} = \frac{1}{0,45} = 2,23 \text{ (років)}.$$

Це свідчить про можливу доцільність фінансування даної наукової розробки. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали і таке

ниче. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та 4 ефективності вкладених інвестицій і періоду їх окупності. За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою. Термін окупності вкладених коштів у реалізацію наукового проекту становить $T_{ок}=2,23$ роки. Крім того відносна ефективність вкладень $E_b=45\%$ є більшою за мінімальну ставку дисконтування $\tau_{мін}=23\%$, що може зацікавити у фінансуванні даної наукової розробки. Приведена вартість прибутків становить $ПП=2274433,86$ грн.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Закондавство України з охорони праці декларує однакові для всіх роботодавців, незалежно від їх рівня, стандарти щодо створення безпечних умов праці. Однак, жорстка конкуренція спонукає багатьох роботодавців зменшувати фінансування заходів з охорони праці, сприймаючи профілактику травматизму та збереження здоров'я працівників як зайві витрати, що заважають зниженню собівартості продукції та нарощуванню прибутків. Важливо усвідомити, що інвестування в охорону праці – це не додаткові витрати, а запорука успішного та стійкого розвитку будь-якого підприємства. Дотримання норм охорони праці не лише гарантує безпеку працівників, але й сприяє створенню сприятливого мікроклімату в колективі, підвищує мотивацію та лояльність до роботодавця.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вел-шестерня Д02210.5». На розробника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискість; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони; падіння виробів техніки, інструмент і матеріали під час роботи; машини, що рухаються, автотранспорт і механізми.

2. Психофізіологічні перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці).

3. Хімічні: підвищені запыошеність й загазованість повітря;

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання токарних робіт

Будь-який технологічний процес, що впроваджується у виробництво, повинен відповідати правилам безпеки, а саме: єдиним правилам, що розповсюджуються на всі галузі народного господарства; міжгалузевим правилам, що розповсюджуються на декілька галузей; галузевим правилам, що розповсюджуються на окремі галузі, характерні своєю специфічністю. Важливе місце серед правил та норм відводиться системі стандартів безпеки праці, що являє собою комплекс пов'язаних стандартів, направлених на забезпечення безпеки праці.

Технологічний процес, що проектується має порівняно традиційний характер для машинобудівного комплексу. Він складається з процесу отримання заготовки, механічної обробки на металорізальних верстатах, контролю браку, транспортування та складування. Загальні вимоги до безпеки, що висуваються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої мають захищати працівника від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини. Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні – не забруднювати відлогу змащувально-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання. Автомати та напіваавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у

верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм – 10 с. Цей час для свердильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточувальних верстатів – 6 с, для універсально-фрезерних – 5 с.

Складальні одиниці і деталі масою більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів тощо, призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання. На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати спеціальні підйомні засоби.

До окремих верстатів стандартом обумовлені додаткові вимоги безпеки. Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм. Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків обладнати огороженнями, які мають шумопоглинальні властивості пристрої. Шліфувальні верстати повинні мати підвищену надійність кріплення захисного кожуха, що забезпечує утримання його на місці в разі розриву кріпа. Круглошліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю круга 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки повністю закриту захисним пристроєм. Захисний кожух і його оглядове вікно обладнуються відповідно до вимог до швидкісного різання. У верстатів стругального типу огорожуються зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата. Огороження може бути виконане у вигляді бар'єру або іншого пристрою, що перегороджує доступу працюючих в цю зону. На верстатах свердильного типу оброблювані вироби встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або

додаті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту.

Автоматична лінія механічної обробки виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів. Управління автоматичною лінією здійснюється з центрального пульта, що забезпечує роботу у налагоджувальному і автоматичному режимах. При цьому система автоматичного управління повинна виключати можливість самоперемикання лінії з налагоджувального режиму на автоматичний. Обов'язково мають бути передбачені сигнальні пристрої про включення лінії на налагоджувальний або автоматичний режим. Необхідно також, щоб всі верстати і агрегати автоматичної лінії (як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах) щоб уникнути аварій, працювали в послідовності, встановленій технологічним процесом, і мали справну систему блокування для дотримання цієї послідовності. Рухомі частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, а також інструмент і оброблюваний виріб, огорнуті надійними кожухами, що виключають можливість доступу робочого до небезпечної зони під час роботи лінії. Видалення стружки від місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно відбуватися автоматично, наприклад змив її рідиною, використання скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв тощо. Контроль виробів під час роботи лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися тільки за допомогою контрольних приладів на лінії.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії у виробничому приміщенні під час удосконалення конструкції та технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5»

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях значно впливає на стан організму працівника та його працездатність. Під мікрокліматом розуміються умови внутрішнього середовища приміщень, які впливають на тепловий обмін між працівниками та оточенням. Ці умови визначаються комбінацією температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, температури поверхонь, що оточують людину, та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення. Хоча параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях можуть значно змінюватися, температура тіла людини залишається сталою (36,6 °C) завдяки терморегуляції.

За енерговитратами робота розробника згідно Гігієнічної класифікація праці відноситься до категорії I б. Нормовані значення параметрів мікроклімату для цієї категорії у теплий період року наведені в табл.5.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99)

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	v, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,5
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено централізовану парову систему опалення (для обігріву в холодну пору року) та систему припливно-витяжної вентиляції.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час роботи людина зазнає впливу багатьох факторів, які можуть мати небажані наслідки. Шкідливі речовини, що потрапляють у повітря робочої зони, змінюють його склад, через що він може істотно відрізнятися від складу атмосферного повітря. У виробничих умовах у повітря можуть потрапляти тверді й

рідкі частки, а також пари та гази. Пари та гази утворюють з повітрям суміші, а тверді й рідкі частки – аеродисперсні системи або аерозолі. Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК), вираженими в мг/м^3 . Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,06	0,03	1
Вуглекислий газ (CO_2)	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.194-03. Згідно з цим документом регламентують: мінімально допустимий рівень, максимально допустимий рівень, коефіцієнт уніполярності (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см^3	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для забезпечення відповідного складу повітря робочої зони використовується система припливно-витяжної вентиляції, яка забезпечує постійний обмін повітря. Додатково здійснюється систематичне вологе прибирання для зменшення пилу та

них забруднень. У разі потреби проводиться провітрювання приміщень для швидкого очищення повітря. Також встановлюються повітряні фільтри для затримання шкідливих часток і пилу.

5.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення має значний вплив на здоров'я та працездатність працівників. Часті зміни рівнів яскравості призводять до зниження зорових функцій та стомлення через переадаптацію ока. Зорове стомлення, викликане напруженою роботою, знижує як зорову, так і загальну працездатність. Оптимальне освітлення сприяє підвищенню ефективності праці та зниженню кількості помилок і нещасних випадків. Норми освітленості, які необхідно забезпечити для виконання поставлених завдань при штучному освітленні, а також коефіцієнт природного освітлення (КПО) при природному та комбінованому освітленні, згідно з ДБН В.2.5-28:2018, наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - 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		Місцеве освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високі точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення систематично здійснюється чищення віконного скла та очищення ламп від пилу, а також систематична заміна світильників, що перегоріли.

5.2.4. Виробничий шум

У робітників, які працюють з машинами та механізмами, що є джерелом шуму, часто спостерігаються стійкі порушення слуху, що нерідко призводять до професійних захворювань, таких як часткова чи повна втрата слуху. Найбільша втрата слуху відбувається протягом перших десяти років роботи, причому з часом ця небезпека лише зростає. Тривалий вплив шуму на організм людини може призвести до розвитку хронічної переслухотності, зниження працездатності та появи таких симптомів, як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це підвищує ризик виникнення аварій на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити розрив барабанної перетинки, що супроводжується відчуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком такої баротравми нерідко буває повна втрата слуху. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення. Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку Дб в приміщенні наведені у таблиці 5.5. (згідно ДСН 3.3.6.97-99).

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньо-геометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБ
	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 в приміщенні передбачено використання звукопоглинальних матеріалів, раціональне розташування виробничого обладнання та дотримання рекомендованих режимів роботи та відпочинку.

5.2.5. Виробничі вібрації

Крім впливу шуму на ділянці робітники піддаються впливу вібрації. За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну вібрацію. Загальна вібрація передається на тіло людини, яка сидить або стоїть, переважно через опорні поверхні. Локальна вібрація передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням, деталями, які обробляються та ін. Нормування вібрацій на робочому місці наведено в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброскорість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	X _п , Y _а , Z _п	2,0	12.5	2,0	93
Загальна	3 тип “а”	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92

Рівень вібрації знижується за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинальній підшві, рукавиці з м'якими наладонниками. Вібробезпека на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин та введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

До небезпечних та шкідливих психофізіологічних виробничих чинників належать фізичні навантаження (статичні, динамічні та гіподинамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове, зорове, емоційне). Робота працівників, які займаються розробкою та проектуванням виробничих процесів, характеризується тривалою, багатогодинною (8 годин і більше) роботою в одноманітному напруженому положенні з малою руховою активністю при значних локальних динамічних навантаженнях. Оцінка психофізіологічних факторів під час виконання роботи здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну) до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

- сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями.

Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

- розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (% за зміну) – до 5-75%;
- щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;
- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

- спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.
- навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи;
- ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

- тривалість робочого дня – більше 8 год;
- змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

У процесах механічної обробки заготовки металів піддають пилянню, струганню, фрезеруванню, точінню, довбанню, шліфуванню й висіканню. Специфічні вимоги пожежної безпеки при проведенні процесів механічної обробки металів:

- дотримання справності й ефективності роботи систем охолодження верстатів. Вода не тільки охолоджує матеріал і інструмент, але і видаляє з робочого місця пожежонебезпечні відходи (крихти, пил, стружку й ін.), а також запобігає можливості утворення на матеріалі зарядів статичної електрики. Систему подачі води блокують із системою запуску верстата, щоб виключити можливість його пуску при виключеній або несправній системі подачі води:

- дотримання справності масляної системи. Вихід масла назовні повинен бути виключений. Не допускається розлив масла і забруднення робочих поверхонь верстата, а також прилеглого простору. У випадку витоку масла проводиться прибирання й очищення з застосуванням технічних миючих засобів;

— не допускається порушувати режим обробки, використання в роботі несправного й неправильно заточеного інструменту, а також верстатів, не пристосованих для обробки даного матеріалу.

Специфічні вимоги пожежної безпеки при механічній обробці виробів з магнієвих і титанових сплавів передбачені НПАОП 0.00-1.42-83, зокрема обробка магнієвих сплавів повинна вестися тільки гострим, правильно заточеним інструментом, що виключають можливість підвищеного тертя й загоряння від перегрівання (температура стружки, не повинна перевищувати 200 °С). Не допускається працювати з подачею менше 0,06 мм або швидкістю різання більше 100 м/хв. Електроустаткування верстатів у цеху має бути тільки у вибухозахищеному виконанні процес механічної обробки повинен проводитися, як правило, без застосування мастильно-охолоджуючих рідин (у технічно обґрунтованих випадках для охолодження допускається застосування мінеральні масла без вмісту кислот і води). Верстати й робочі місця повинні очищатися від стружки й пилу не рідше 2-3 разів на зміну. Стружку й відходи магнієвих сплавів слід збирати в спеціальну закриту або герметичну тару, що має напис «Відходи магнію» і встановлювану на відстані не менше 6 м від верстатів. Суху, сиру і забруднену стружку варто зберігати в окремих ящиках. Особливо небезпечне збереження сирої стружки.

Прибирання робочих місць від стружки й пилу має проводитися таким чином, щоб виключити появу пилу й аерозолів у повітрі робочої зони. Пил, що утворюється при обробці виробів, повинен відсмоктуватися за допомогою спеціальної вентиляційної системи. Елементи витяжної установки для видалення магнієвого пилу, особливо ротор вентилятора, повинні виконуватися з матеріалів, що не висікають іскор. Повітря перед надходженням у вентилятор повинно очищатися від вибухонебезпечного магнієвого пилу в спеціальних фільтрах. Можливість утворення іскор має зводитись до мінімуму. Для цього кожухи верстатів, повітроводи повинні виконуватися з металів, що при ударі не висікають іскор.

Забороняється змішувати відходи магнієвих сплавів з відходами інших металів. Забруднена стружка має збиратися в окремі металеві ящики із кришками й

Випалятися у відведене для їхнього збору місце. Підлоги в цехах, де здійснюється обробка магнієвих сплавів повинні бути клінкерні або з кам'яних плит. Застосування цементних і бетонних підлог – неприпустиме. Горіння на цементній або бетонній підлозі магнієвих сплавів може викликати руйнування цементу чи бетону, викидання і розбризкування палаючого металу. Канали в підлозі мають бути щільно закриті, щоб у них не потрапили магнієві стружки і пил.

Спецодяг працівників має систематично очищатися від осілого пилу, провітрюватися, зберігатися в металевих шафах і пратися не рідше одного разу на тиждень. Відходи титанових сплавів мають зберігатися в герметичній тарі в спеціально відведеному сухому приміщенні. Промаслена дрібна стружка й пил титанових сплавів по мірі накопичення мають утилізуватися на спеціально відведеному майданчику.

Забороняється:

- проводити заточування інструментів і обробку виробів із чорних металів на верстатах, призначених для обробки виробів з магнієвих сплавів;
- видаляти пил із зони обробки стисненим повітрям;
- виконувати в приміщеннях роботи, пов'язані із застосуванням відкритого вогню;
- користуватися водопінними та водяними вогнегасниками або водою на ділянках обробки магнієвих сплавів.

Пожежна профілактика процесу механічної обробки титану і цирконію і їхніх сплавів має бути спрямована головним чином на запобігання утворення вибухонебезпечного пилу, його видалення і поглинання.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було удосконалено конструкцію деталі та технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня Д02210.5» шляхом покращення продуктивності виготовлення продукції за рахунок використання механізованого розробленого пристосування та удосконаленого робочого місця.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкції деталі «Вал-шестерня Д02210.5» та її службове призначення. Виявлено шляхів удосконалення конструкції деталі «Вал коробки швидкостей», та забезпечення коефіцієнт запасу міцності до 1,2. В результаті закріплено тип виробництва – дрібньосерійний з формою організації роботи – групова. Проведено огляд попередніх розрахунків, обрано заготовку, попередньо сформульований маршрут механічної обробки та режими різання.

В другому розділі складено спроектовано та удосконалено конструкцію верстатного пристосування для обробки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5». Досліджено силові характеристики затискного пристрою і підібрано максимально продуктивні режими різання із забезпеченням його ефективної роботи. Розраховано ріжучий інструмент для обробки шпонкового пазу 6Р9 та контрольно-вимірювальний інструмент – калібр-скобу для перевірки $\varnothing 20h8$.

В третьому розділі запропоновано удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня Д02210.5» за рахунок використання промислового робота «Циклон 5.02». Підібрано також тактовий стіл СТ350 для автоматичної подачі заготовок до рукояті робота типу «Циклон 5.02». Це дозволило зменшити витрати на допоміжні операції до 20 секунд, що складає 10% штучно-калькуляційного часу, та замінити двох робітників токарно-револьверного верстата з ЧПК 1П450ПФ40 на одного оператора промислового робота і верстатного обладнання.

Четвертому розділ МКР розраховано економічну доцільності виготовлення виробу в якому зазначено, що річний прибуток виробника складе більше 2274,43 тисяч грн з терміном окупності за 2,23 роки.

В останньому розділі МКР розкрито питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано всі умови праці присутні на дільниці механічної обробки, включаючи: виробничу санітарію, пожежну безпеку, освітлення, шум і т.д., а також дія іонізуючих та електромагнітних випромінювання на електронні та електричні системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні Київ: Вища школа, 1993. 414 с.
2. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія. К.: Книжкове видавництво ІАУ, 2005. 280с.
3. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
4. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2010. 392 с.
5. Л. Є. Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко, Д. О. Міщук, І. В. Русан Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник. К.: ТОВ; Інтерсервіс, 2016. 256.
6. Д.О. Лозінський. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Роботизовані технологічні комплекси” / Лозінський Д.О. Вінниця: ВНТУ, 2013 43 с.
7. Ю.І. Муляр Методичні вказівки до виконання домашньої роботи з дисципліни “Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК ” / Муляр Ю.І. Вінниця: ВНТУ, 2010 89с.
8. Комп’ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с
9. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин : навч. посібник / За ред. проф. З. А. Стецька. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 321 с
10. Підбір шпинделя для фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / О. А. Солецький, К. О. Воловий, П. А. Кузьменко [та ін.] // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23

червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17390>.

11. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Буткалюк, А. М. Гуцалюк, Б. В. Василюк, О. В. Піонткевич // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.

12. SolidWorks 2022 Step-By-Step Guide: Part, Assembly, Drawings, Sheet Metal, & Surfacing, 5th Edition / Amit Bhatt. Mark Wiley. India : CADFolks, 2022. 438 p.

13. Analysis of Machine Elements Using SolidWorks Simulation 2021 / Shahin S. Nudehi, John R. Steffen. USA : SDC Publications, 2021. 559 p.

14. Introduction to Finite Element Analysis Using SolidWorks Simulation 2021 / Randy H. Shih. USA : SDC Publications, 2021. 551 p.

15. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. Вінниця : ВНТУ, 2021. 42 с.

16. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/market/>

17. Тарифи на електроенергію для підприємств. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/>

18. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozvivachiv/tarifi-na-poslugi-z-rozpodilu-elektrichnoyi-energiyi>

19. Тарифи на постачання електричної енергії. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozvivachiv/tarifi-na-poslugi-postachalnikov-universalnih-poslug/tarifi-na-poslugi-postachalnikov-universalnih-poslug-shcho-prodovzhuyut-diyati-z-01042023>

20. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К.: ТП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с

21. НПА ОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_траор_0_00-7_15-18_01_ua.php.

22. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

24. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

25. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvishennja-nor8425.html>

26. 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>

27. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист". Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. Вінниця : ВНТУ, 2017. 32 с.

28. Кравчук О. О., Медведєв Р. В., Трегубов В. О. Удосконалення конструкції верстатного пристосування важільного типу з пневмо- або гідроприводом. Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20685>.

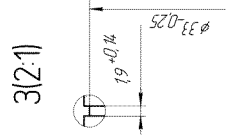
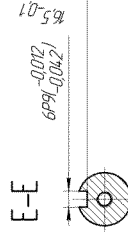
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

ДОДАТОК Б

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ
«ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ Д62/10.5»

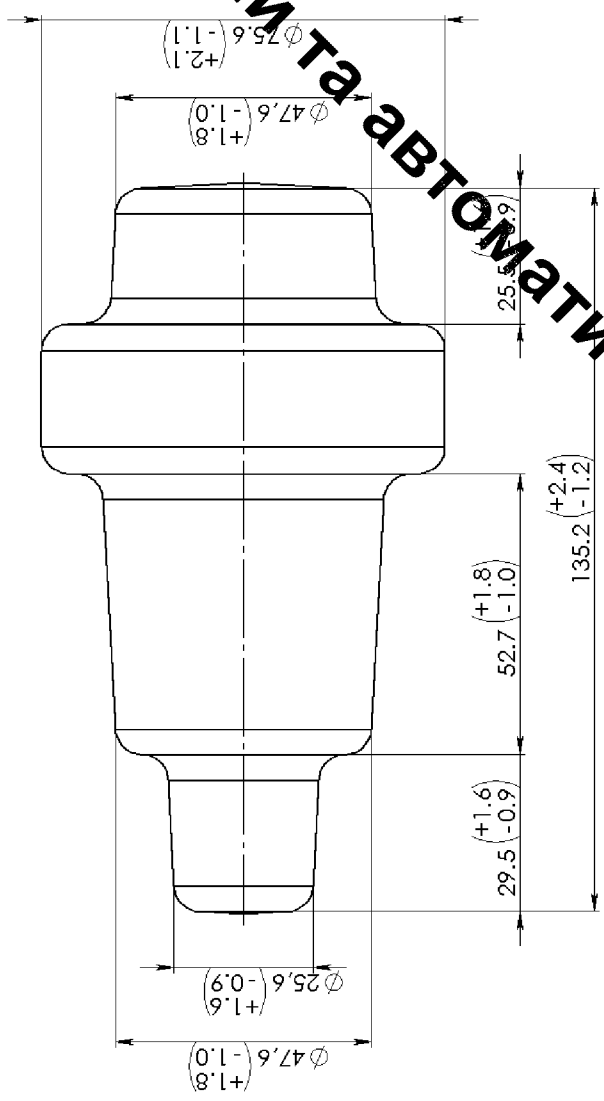
[illegible]

1. Азотувати h 0,25...0,40 > 460 НВ
Твердість 241...269 НВ
2. Невказані граничні відхилення до:

[illegible]

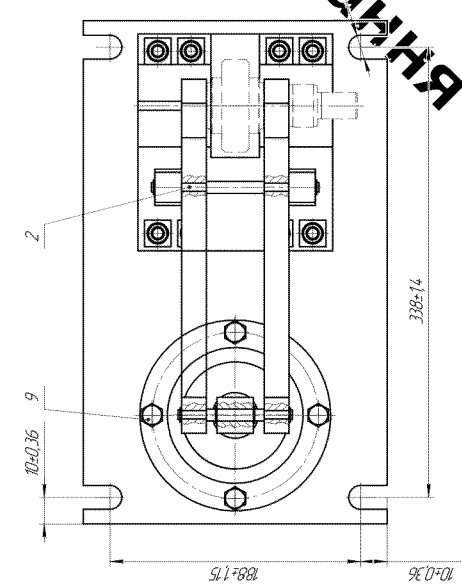
08-64.МКР.006.00.002

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



1. Клас точності штампівки – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Не вказані штампувальні нахили 3°, радіуси r=5мм.
3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампів 0,8 мм.
4. Не вказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм.
5. Допустиме відхилення від площинності 0,5 мм.
6. Допустимі відхилення талпувальних нахилів 30'.

08-64.МКР.006.00.002											
						</					



Технічна характеристика

1. Радіочий тиск в пневматережі, МПа – 0,4
2. Зусилля на штовп пневмоциліндра, Н – 2690
3. Діаметр пневмоциліндра, мм – 100
4. Хід штовпа пневмоциліндра, мм – 55

Технічні вимоги

1. Пневмоциліндр випробовувати тиском рівним 1,25 робочого

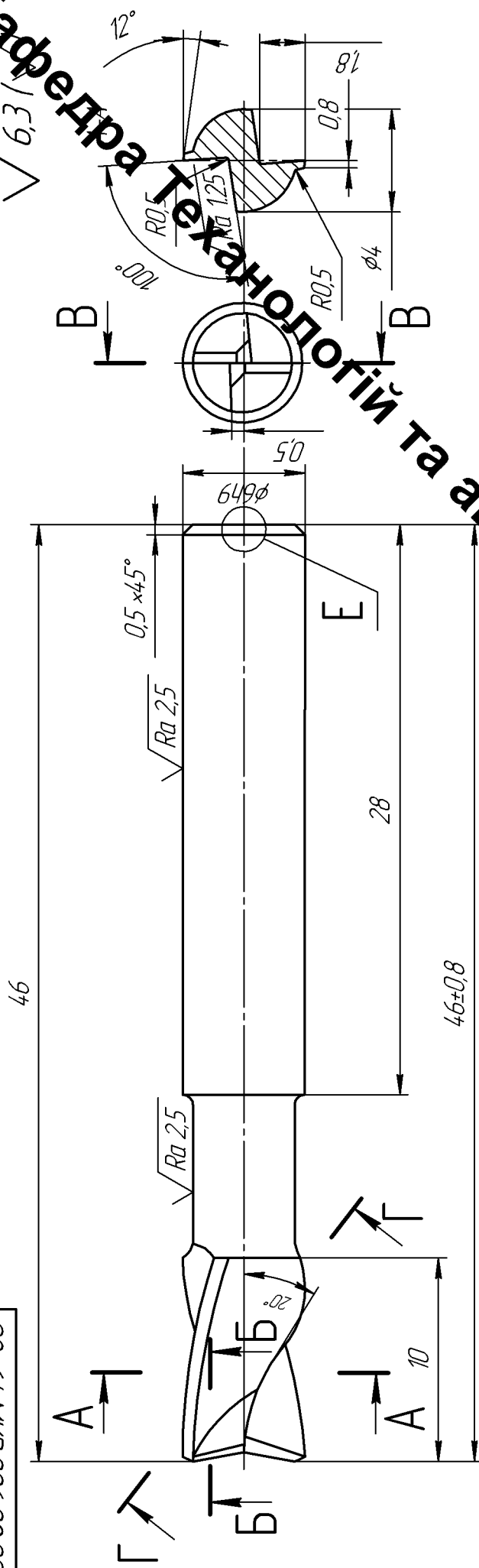
2. Розміри для довідок

[illegible]

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			08-64.МКР.006.01000 СК.	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	08-64.МКР.006.01001	Верхня вісь	1	
		2	08-64.МКР.006.01002	Нижня вісь	1	
		3	08-64.МКР.006.01003	Плита	1	
		4	08-64.МКР.006.01004	Пневмоциліндр	1	
		5	08-64.МКР.006.01005	Привід	2	
		6	08-64.МКР.006.01006	Важіль	1	
		7	08-64.МКР.006.01007.	Упор призми лунки	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Болт М12х1,25-6х120 ГОСТ 3033-79	4	
		9		Болт М12х1,25-8х50 ГОСТ 26-2037-96	4	
		10		Гвинт М10-6х50 ГОСТ 11738-71	8	
				Шайба ГОСТ 10450-78		
		11		С 10.37	8	
		12		12.20.2	8	

					08-64.МКР.006.01.000								
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій для фрезерування шпонкового пазу 6Р9					Літ.	Аркуш	Аркушів	
Виконав	Кравчук		06.06							Н		1	1
Перев.	Піонткевич		06.06										
Н.контр.	Сердюк		13.06										
Затв.	Козлов		16.06										
					ВНТУ, ст. гр.1ПМ-22мз								



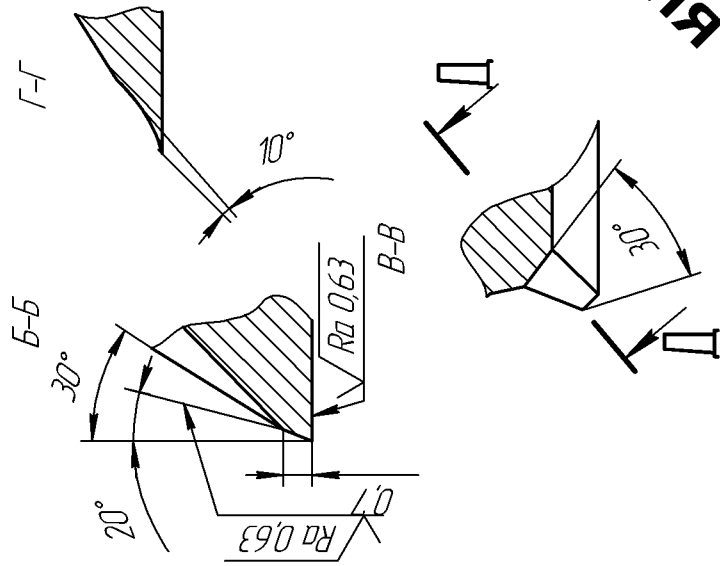
Д-П О (збільшено)

1. Твердість вихідної частини – 63..65 HRC
хвостовий – 35..45 HRC

2. Неврологічні фрези не повинні бути безбугоркового шару і мають з пониженою твердістю

4. Радіальне ділиття ріжучих крамок збудів відносно вісі поверхні хвостовика не більше 0,02мм

5. Торцювате ділення ріжчих крамків відносно вісі поверхні хвостовика – не більше 0,03мм.



Р
Е (ЗДІЛЬЦА)

[illegible]

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Technical drawing of a mechanical part, showing two views: a front view (top) and a side view (bottom).

The front view shows a circular part with a central hole and two smaller holes. Dimensions include a diameter of 60 mm, a hole diameter of 19.965 mm, and a hole diameter of 19.995 mm. The side view shows a rectangular part with a width of 15 mm and a height of 55 mm.

Callout: n. 5

Dimensions:

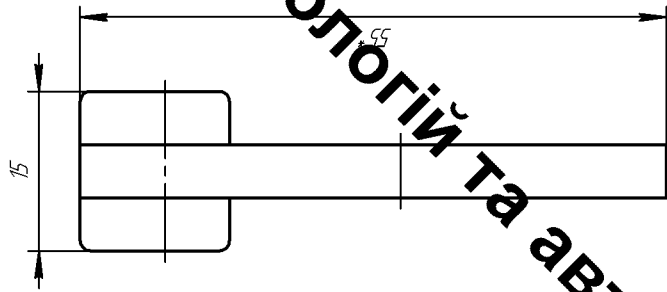
- Overall diameter: $\phi 60^*$
- Inner hole diameter: $HE = 19.965^{+0.004}_{-0.004}$
- Outer hole diameter: $HP = 19.995^{+0.004}_{-0.004}$
- Width: 15
- Height: 55

Notes:

1. Розміри для довідок.
2. Твердість вимірвальних поверхонь 58...64 HRC.
3. Покриття неробочих поверхонь – хім. акс. прм. по ГОСТ 9791-68
4. Тенічна характеристика – по ГОСТ 2015-69
5. Маркування по ГОСТ 2015-69 з позначенням калібр-скоди
6. Невказані граничні відхилення розмірів – H14, h14, ± 7

№ зм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разраб.	Калібр-скода	06.06	06.06	06.06	0.14	2:1	1
Проб.	Плантмейч	06.06	06.06	06.06	0.14	2:1	1
Т.контр.	Сердчик	13.06	13.06	13.06	0.14	2:1	1
Чтб.	Контр.	13.06	13.06	13.06	0.14	2:1	1

ВНТУ, ст. гр. 17М-22мз



3. Покрыття неробочих поверхонь – хім. окс. прм. по ГОСТ 9791-68
4. Тенічна характеристика – по ГОСТ 2015-69
5. Маркувати по ГОСТ 2015-69 з позначенням калібр-скоби
6. Невказати граничні відхилення розмірів – Н14, н14, $\pm \frac{IT}{2}$

08-64.МКР.006.03.000 СК									
Калібр-скода φ20h8									
ВНТУ, стр. 17М-22мз									
Лист	Масса	Масштаб							
1	0,14	2:1							
Лист	Листов	1							
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разработ	Корректир		06.06						
Проб	Политехнич		06.06						
Технотр									
Никонтр	Сердеч		13.06						
Уста	Козлов		16.06						

[illegible]

[illegible]

Компонування удосконаленого робочого місця на операцію 015

1. Верстат моделі ПІА 20ПФ40
2. Робот моделі Циклон 5.02 (модернізований)
3. Пристрій керування
4. Виконавчий орган
5. Замовлений пристрій
6. Тактовий стіл СТ 350
7. Пульт
8. Родича зона робота

Технічні характеристики ПР

- Технічні характеристики ПР
- довжина підшипника, – 3 кг,
 - число ступінь рухливості – 5 або 7,
 - число пук.-2,
 - число запитіх пристроїв на одній руці – 1
 - протів основних рубів – пневматичні;
 - система керування – шкідлива;
 - система програмних координат-6;
 - протидя температурна – ±0,1 мм,
 - найбільшй діаметр руці – 550 мм,
 - лінчін переміщення мм/швидкість м/с,
 - $\Gamma = 600/15$,
 - $Z = 100/0,2$,
 - $\chi = 400/0,5$,
 - $\varphi = 180/120$,
 - кутова переміщення, °/кутова швидкість, °/с,
 - $\sigma = 180/180$.

Характеристика родючого ґрунту

- 1 Циклова продуктивність, $Q_{\text{ц}}$ 0,002
2 Коефіцієнт відносного завантаження, K_z 0,93
3 Режим роботи ПР легкий