

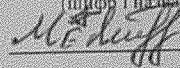
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

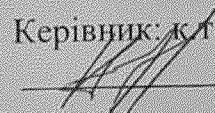
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

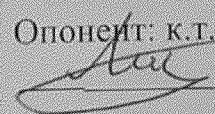
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»»**
08-64.МКР.008.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-22мз
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
Роман МСДВЕДЄВ
(прізвище та ініціали)


Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ
Олег ПОНТКЕВИЧ
(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)

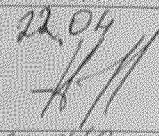

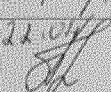

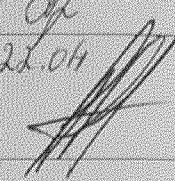

«12» березня 2024 р.

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

Медведєв Роман Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7»»
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 «Стакан Д02212.7», прототип маршруту механічної обробки заготовки деталі, креслення заготовки та програма випуску 400 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 свердлильну з ЧПК операцію; розрахунок ріжучого інструменту на свердлильну з ЧПК операцію; розрахунок контрольно-вимірнвального інструменту; удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7»; економічне обґрунтування розробки; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення конструкції деталі «Стакан Д02212.7», плакат маршруту механічної обробки, креслення спірального свердла та калібр-пробки, плакат удосконаленого робочого місця, креслення пристосування.

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

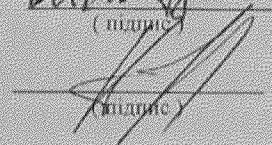
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	22.04.2024	Вик
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	22.04.2024	Вик
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.04.2024	Вик
4	Розв'язання поставлених 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


(підпис)

Роман МЕДВЕДЕВ

Керівник роботи


(підпис)

Олег ПОНТКЕВИЧ

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Медведев Р. В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7»: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Р. В. Медведев. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2024. 100 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.: 27; табл. 17.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз деталі «Стакан Д02212.7»; спроектовано пристосування для обробки отворів діаметром 11 мм; забезпечено максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізовано їх вплив на конструкцію пристрою; розрахований ріжучий та контрольно-вимірний інструмент; удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7».

Отримала подальший розвиток методика визначення залежності величини зусилля затиску від параметрів режимів різання на свердлильній з ЧПК операції механічної обробки, що дозволило обрати найбільш продуктивний метод обробки деталі з раціональними конструктивними розмірами пристосування для закріплення заготовки.

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: стакан, робоче місце механічної обробки, пристосування

ABSTRACT

Medvedev R. V. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Glass D02212.7" type part: master's qualification work for the competition of the educational qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / R. V. Medvedev. Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa, 2024. 100 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 30 titles; Fig.: 27; table 17.

The aim of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the "Glass D02212.7" type workpiece to improve the productivity of production.

To achieve the goal, an analysis of the "Glass D02212.7" part was carried out; designed a device for processing holes with a diameter of 11 mm; 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 "Glass D02212.7" was improved.

The method of determining the dependence of the clamping force on the parameters of the cutting modes on the machining operation of the CNC drilling machine was further developed, which made it possible to choose the most productive method of processing the part with rational design 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: glass, machining workplace, device

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «СТАКАН Д02212.7» ТА ЇЇ АНАЛІЗ	7
1.1 Службове призначення деталі «Стакан Д02212.7».....	7
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Стакан Д02212.7».....	10
1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Стакан Д02212.7».....	15
1.4 Обґрунтування та способи переміщення режимів різання і норми часу.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ І УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»	20
2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	20
2.2 Визначення похибки базування.....	21
2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення.....	24
2.4 Вибір затискного механізму та розрахунок його параметрів.....	26
2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою.....	27
2.6 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність.....	29
2.7 Опис дії верстатного пристосування.....	30
2.8 Розрахунок ріжучого та контрольного вимірювального інструменту.....	32
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»	38
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця.....	38
3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця.....	40
3.3 Проектування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату.....	42
3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота.....	47
3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця.....	49
3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті.....	51
3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота.....	53

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	54
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	54
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	56
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	66
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	74
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	76
5.2.1 Мікроклімат	76
5.2.2 Склад повітря робочої зони	77
5.2.3 Виробниче освітлення	78
5.2.4 Виробничий шум	79
5.2.5 Виробничі вібрації	80
5.2.6 Психофізіологічні фактори	81
5.3 Безпека в надзвичайних ситуацій	83
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ.....	90
ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬКІ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	91
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	92

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Виготовлення конкурентоспроможної продукції потребує сучасних підходів до виробництва. Основою виробництва є технологічні процеси виготовлення деталей. Саме постійне вдосконалення технологічних процесів за рахунок впровадження нового обладнання, матеріалів та інструментів дозволяє підтримувати попит на продукцію. Крім цього високо ціниться продуктивність праці або швидкість випуску продукції. Що може в свою чергу забезпечити необхідні показники попиту. Тому сучасні інженери слідкують за розвитком нових способів удосконалення технологічних процесів, проводять дослідження по підвищенню ефективності обладнання та забезпечують прямий ріст підприємства.

В роботі розглянуто шляхи удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7». Суттєвим недоліком для виготовлення деталі типу «Стакан Д02212.7» є відсутність автоматизованого робочого місця, що в свою чергу може покращити продуктивність випуску продукції та необхідність розробки спеціального пристосування. Тому актуальність вибраної тематики є беззаперечною.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

Для досягнення мети планується розв'язати такі *задачі*:

- провести аналіз деталі «Стакан Д02212.7»;
- спроектувати пристосування для виготовлення 8 отворів $\varnothing 11$ мм;
- забезпечити максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізувати вплив на конструкцію пристосування;
- розрахувати ріжучий та контрольно вимірювальний інструмент;
- удосконалити безпосередньо робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7».

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

Предмет дослідження – обладнання та механізми для удосконалення технологічного процесу.

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

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика кінцево-елементного аналізу спеціального пристосування деталі «Стакан Д02212.7», що дозволило удосконалити його конструкцію з метою забезпеченням необхідного коефіцієнту запасу міцності.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено пристосування для виготовлення 8 отворів $\varnothing 11$ мм.

Розраховано конструктивні розміри для спірального свердла $\varnothing 11$ мм та контрольно-вимірювального інструменту калібр-пробки $\varnothing 50H9$.

Удосконалено безпосередньо робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» шляхом встановлення промислового робота «Циклон 5.02».

Особистий внесок магістранта. Основні теоретичні та імітаційні результати розрахунків та моделювання, 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 «СТАКАН Д02212.7» ТА ЇЇ АНАЛІЗ

1.1 Службове призначення деталі «Стакан Д02212.7»

Конічно-циліндричний мотор-редуктор – це класичний варіант редукторів (див. рис. 1.1 та 1.2). Вони сконструйовані легко справлятися з таким завданням: зміна та перетворення швидкості обертання валів. З допомогою конічно-циліндричного мотор-редуктора можна передати необхідний крутний момент з валу на вал, які навіть можуть перебувати під різними кутами. Зручність розміщення цього пристрою дуже допомагає на практиці при використанні в різних пристроях із різною комплектацією. Крім цього, конічно-циліндричний мотор-редуктор вигідний тим, що його ціна відповідає якості виготовлення.

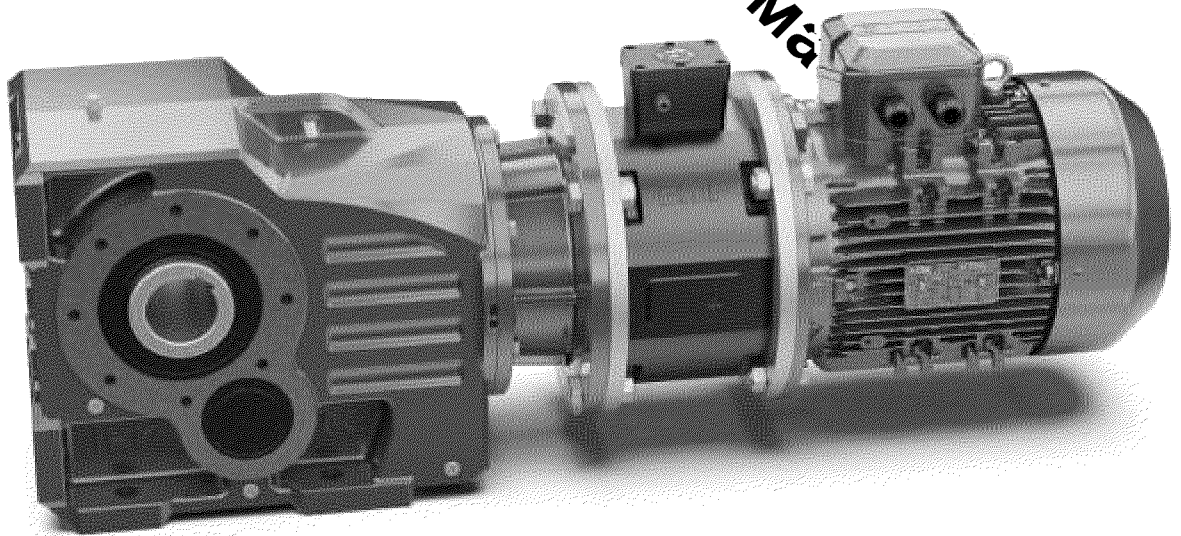


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд конічно-циліндричного мотор-редуктора

Конструктивно конічно-циліндричний мотор-редуктор є складною конструкцією, та має декілька передач на відміну, наприклад, за черв'ячний редуктор. Корпус конічно-циліндричного мотор-редуктора зазвичай виготовляють з високоміцного чавуну, а шестірні встановлюють на якісні вали, які обертаються на роликових підшипниках, для боротьби з радіальним навантаженням. Конічно-

Циліндричний мотор-редуктор має декілька ступенів редукції. При цьому конструктивно виконують їх із посиленням валів. Усе це робить конічно-циліндричні мотор-редуктори ідеальними для складних умов експлуатації. Конічно-циліндричні мотор-редуктори даної комплектації мають основний привід від електродвигуна або гідромотору.

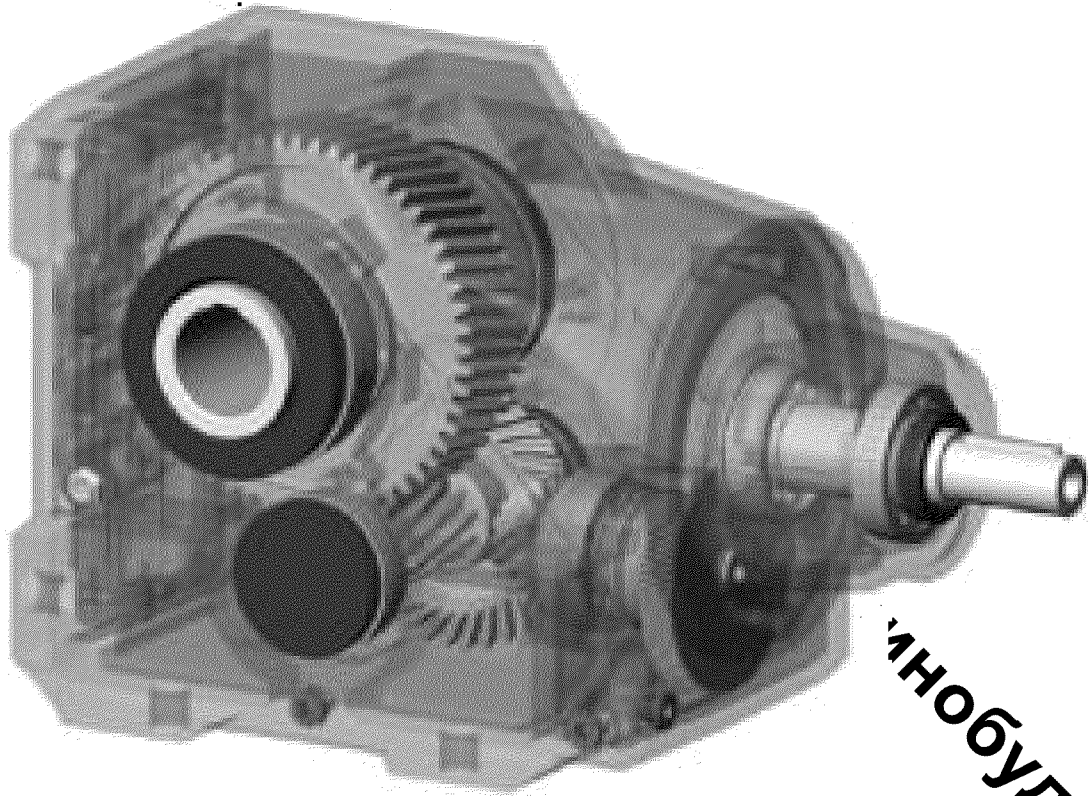


Рисунок 1.2 – Складові частини конічно-циліндричного мотор-редуктора

Конічно-циліндричний мотор-редуктор зазвичай обираються з урахуванням наступних основних критеріїв:

- технічні параметри, сюди входить: передаточне число, крутний момент, швидкість обертання, потужність двигуна;
- конструкційні особливості, а саме: габаритні розміри, тип з'єднання, монтажна конфігурація;
- ефективність і експлуатаційні характеристики: коефіцієнт корисної дії, рівень шуму і вібрацій, тепловіддача, енергозбереження;

- матеріали і якість виготовлення: матеріали корпусу і зубчастих коліс, якість обробки;
- робочі умови: температурний діапазон, середовище експлуатації, режими роботи;
- обслуговування і ремонтпридатність: доступність обслуговування, наявність запчастин,
- інші фактори: вартість, виробник та його репутація, сертифікація та відповідність стандартам.

Деталь «Стакан Д02212.7» є невід'ємною частиною для конічно-циліндричного мотор-редуктора та забезпечує його ефективну роботу за рахунок розміщення підшипників для приводного валу. Усі елементи конічно-циліндричного мотор-редуктора які контактують деталь «Стакан Д02212.7» є:

- приводний вал: це вал, який відповідає за першу передачу крутного моменту від мотора до інших валів;
- корпус та метизи: на деталі «Стакан Д02212.7» виготовлено якісні поверхні якими вона базується в корпусі редуктора та закріплюється відповідними болтовими з'єднаннями;
- підшипники: для забезпечення плавної роботи та обертання навколо своєї осі приводного вала його встановлюється на підшипники, які в свою чергу встановлюються в деталь «Стакан Д02212.7».

Згідно розглянутого конічно-циліндричного мотор-редуктора на рис. деталь «Стакан Д02212.7» розміщено в центрі корпусу та безпосередньо контактує з підшипниками на яких розміщено приводний вал. Основне призначення деталі «Стакан Д02212.7» це центрування підшипника та його закріплення, забезпечення основних міцнісних характеристик, забезпечення відповідної герметично-точнісних характеристик. Максимальна робоча частота обертання приводного вала який розміщено в деталі «Стакан Д02212.7» складає до 3000 хв^{-1} . Максимальне розподілене навантаження, яке діє на деталь «Стакан Д02212.7» складає до 1 МПа за рахунок високої частоти обертання приводного валу.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Стакан Д02212.7»

Деталь «Стакан Д02212.7» зроблено з сталі марки 45 ДСТУ 7809:2015. Так як деталь виконує допоміжну функцію конічно-циліндричного мотор-редуктора, а саме розміщення та закріплення підшипників обертання для приводного вала. Деталь «Стакан Д02212.7» відповідальною. Від точності обробки поверхонь деталі «Стакан Д02212.7» залежить основна ефективність роботи усього механізму. Саме тому обрано матеріал: конструкційна якісна сталь 45 із вмістом вуглецю 0,42...0,5%, кремнію 0,17...0,37%, марганцю 0,5...0,8% та хрому, не більше ніж 0,25%. При цьому частка сірки в даній сталі не повинна перевищувати 0,04%, а фосфору – 0,035%

Конструкція деталі «Стакан Д02212.7» показана на рис. 1.3. Перш за все можна сказати, що це «тілом обертання».

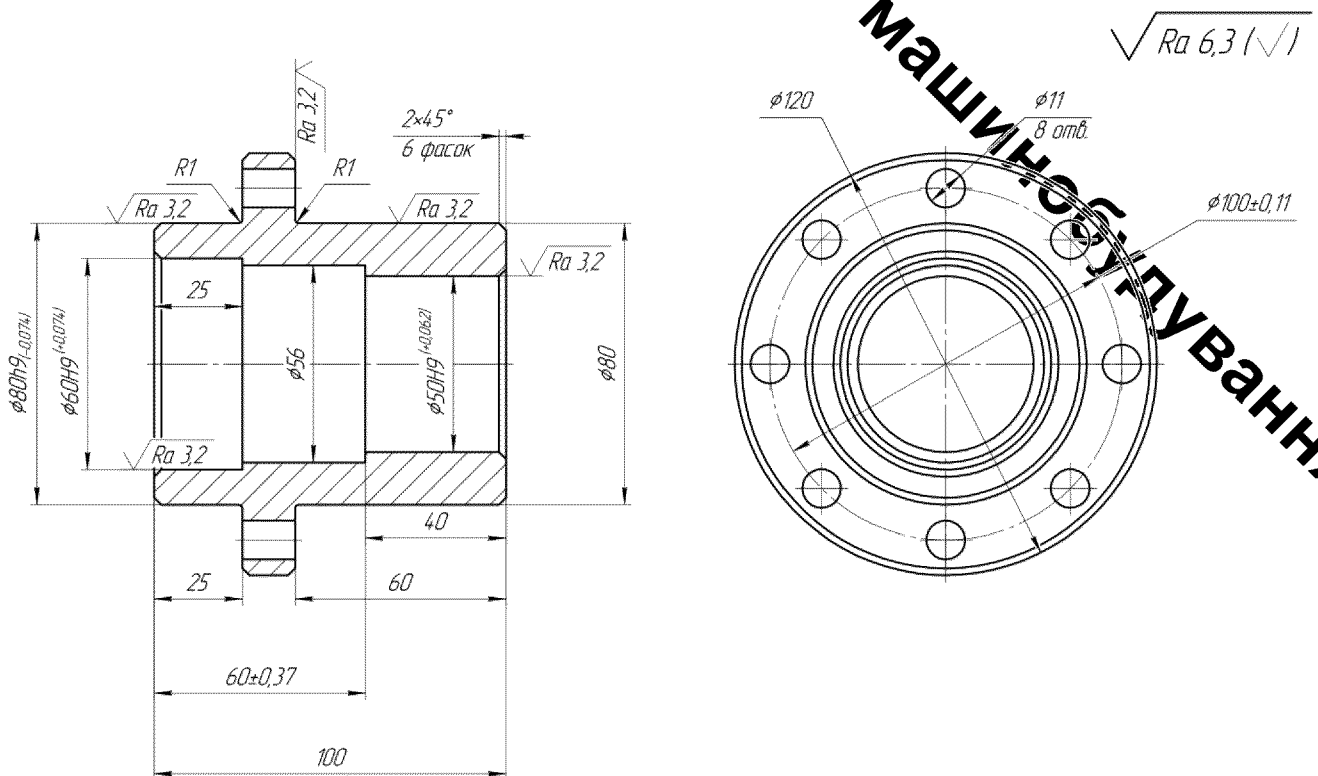


Рисунок 1.3 – Кресленик деталі «Стакан Д02212.7»

Необхідні вимоги виготовлення деталі «Стакан Д02212.7» зображено на його кресленні. Найточніші є внутрішні циліндричні поверхні: $\varnothing 50H9$ мм та $\varnothing 60H9$ мм, зовнішня циліндрична поверхня - $\varnothing 80h9$ мм. Для закріплення деталі «Стакан Д02212.7» в корпусі конічно-циліндричного мотор-редуктора розміщено вінець із вісьмома отворами.

Технологічні вимоги мають запис про термообробку «Нормалізація», яка складається зі високого відпуску та охолодження на повітрі, при цьому забезпечується 180 НВ по Брнелю. Такий підхід дозволяє покращити структуру заготовки для обробки та зменшення напружень після її виготовлення.

До деталі «Стакан Д02212.7» мають місце вимоги щодо якості обробки відповідних циліндричних поверхонь, які включають шорсткість R_a 3,2 мкм, що легко забезпечують точінням в декілька переходів. Загальна шорсткість на інші поверхні складає R_a 6,3 мкм.

На основі кресленку на рис. 1.3 виготовлено тривимірну модель деталі «Стакан Д02212.7» на рис. 1.4.

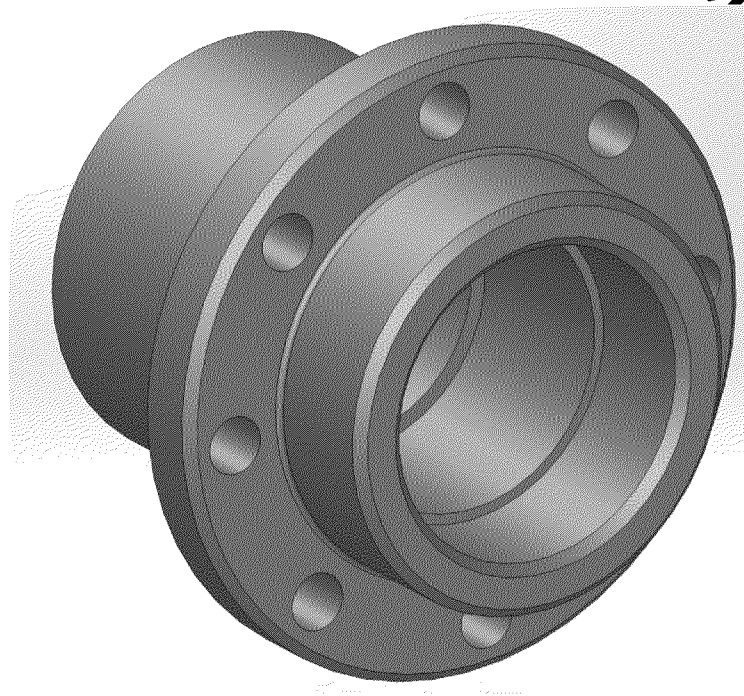


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель деталі «Стакан Д02212.7»

Попередній огляд деталі «Стакан Д02212.7» (див. рис. 1.4) показав, що усі розміри є уніфікованими. Так само можна сказати про кутові розміри та показники шорсткості, що вони усі є уніфіковані. Розраховане співвідношення точних поверхонь не перевищує коефіцієнт точності обробки до 0,8.

Для аналізу конструкції деталі «Стакан Д02212.7» проведемо статичні дослідження її міцності. Для цього розрахунку будемо використовувати тривимірну модель (див. рис. 1.4). В результаті дослідження деталі «Стакан Д02212.7» після дії розподіленого навантаження від підшипника 1 МПа та радіальною силою в 5 кН, яка діє на буртик в середині деталі, знайдемо напруження по Мізесу (див. рис. 1.5) в матеріалі.

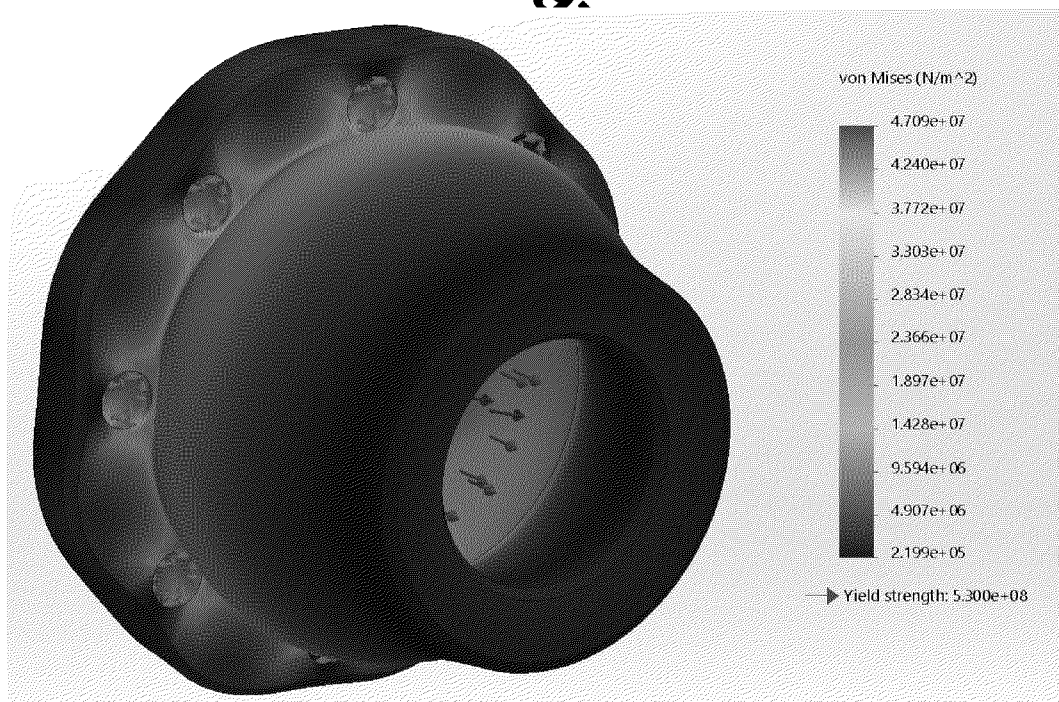


Рисунок 1.5 – Напруження по Мізесу для деталі «Стакан Д02212.7»

Встановлено, що в місцях закріплення деталі «Стакан Д02212.7» виникають найбільші напруження по Мізесу, які дорівнюють 47 МПа. Для цього випадку також проаналізовано коефіцієнт запасу міцності (див. рис. 1.6), який дорівнює 11,25.

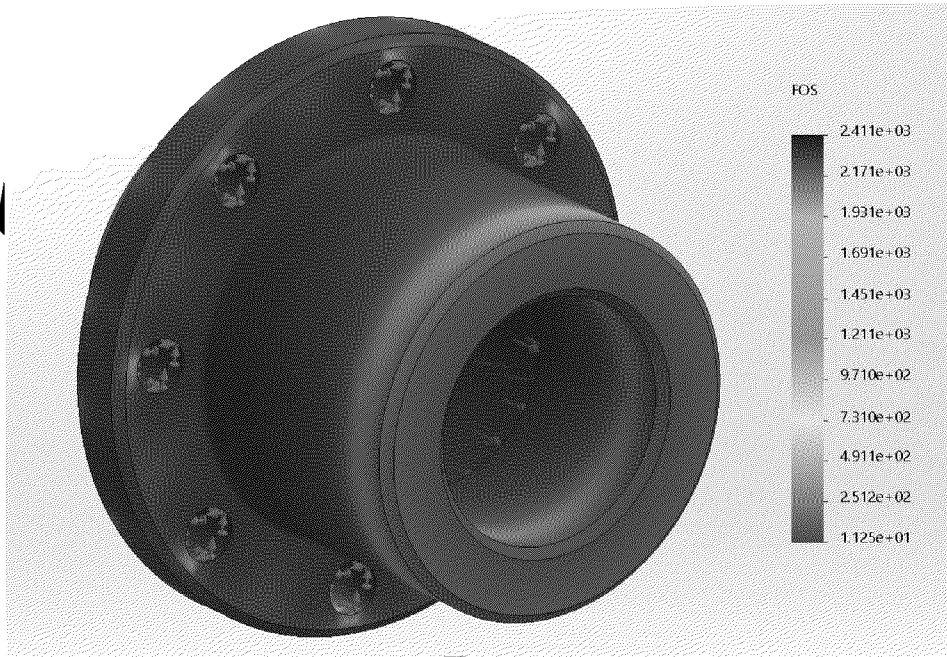


Рисунок 1.6 – Коефіцієнт запасу міцності деталі «Стакан Д02212.7»

Отже, тривимірна модель деталі «Стакан Д02212.7» забезпечує необхідні міцнісні характеристики та її маса складає 2,7 кг.

Заготовка деталі «Стакан Д02212.7» є проковка отримана способом кування [1] (див. рис. 1.7). Розраховано розміри заготовки деталі «Стакан Д02212.7» та показано в таблиці 1.1.

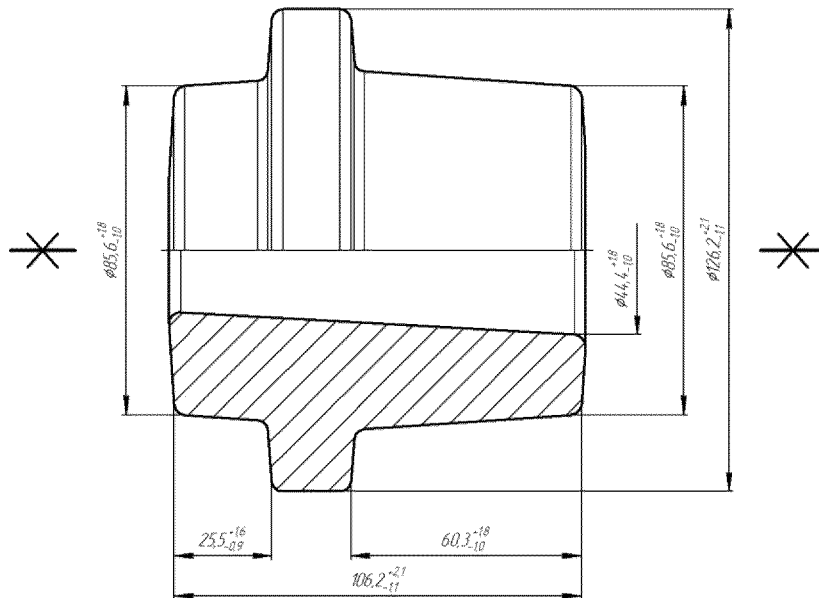


Рисунок 1.7 – Ескіз заготовки деталі «Стакан Д02212.7»

Таблиця 1.1 - Розрахунок розмірів заготовки деталі «Стакан Д02212.7»

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					
	Ø50H9	Ø80h9	Ø120	25	60	100
Основні	2,0	2,0	2,3	1,8	2,0	2,3
Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	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
Допуски:	Розміри заготовки, мм					
	Ø44,4	Ø85,6	Ø126,2	25,5	60,3	106,2
Розмірів	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$
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					

Для оформлення креслення заготовки деталі «Стакан Д02212.7» призначаємо наступні технологічні вимоги, які характеризують заготовку на форматі аркуша:

1. Клас точності штамповки – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Не вказані штампувальні нахили 4° , радіуси $r=3\text{мм}$.
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 5,3 кг, так як маса обробленої деталі – 2,7 кг. Розрахований коефіцієнт точності маси деталі «Стакан Д02212.7» складає 51% , що є непоганим значенням для даної заготовки під час дрібносерійного виробництва.

1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Стакан Д02212.7»

Згідно орієнтованих даних [1] розраховано тип виробництва та форма організації роботи: кількість деталей у партії 8 шт, а тип виробництва дрібносерійний (для 400 шт деталей річної програми) при формі організації роботи – групова.

Для деталі «Стакан Д02212.7» прийнято за чистові технологічні бази зовнішні поверхні деталі. Тобто базування деталі «Стакан Д02212.7» відбуватиметься в трьохкулачковому патроні для мережі на всіх операціях.

Схему базування для свердлильної операції з ЧПК прийнято за внутрішній діаметр заготовки та її торець. В якості опорних баз обрано зовнішні поверхні, які дозволяють забезпечити зменшення припуску на наступну чистову обробку.

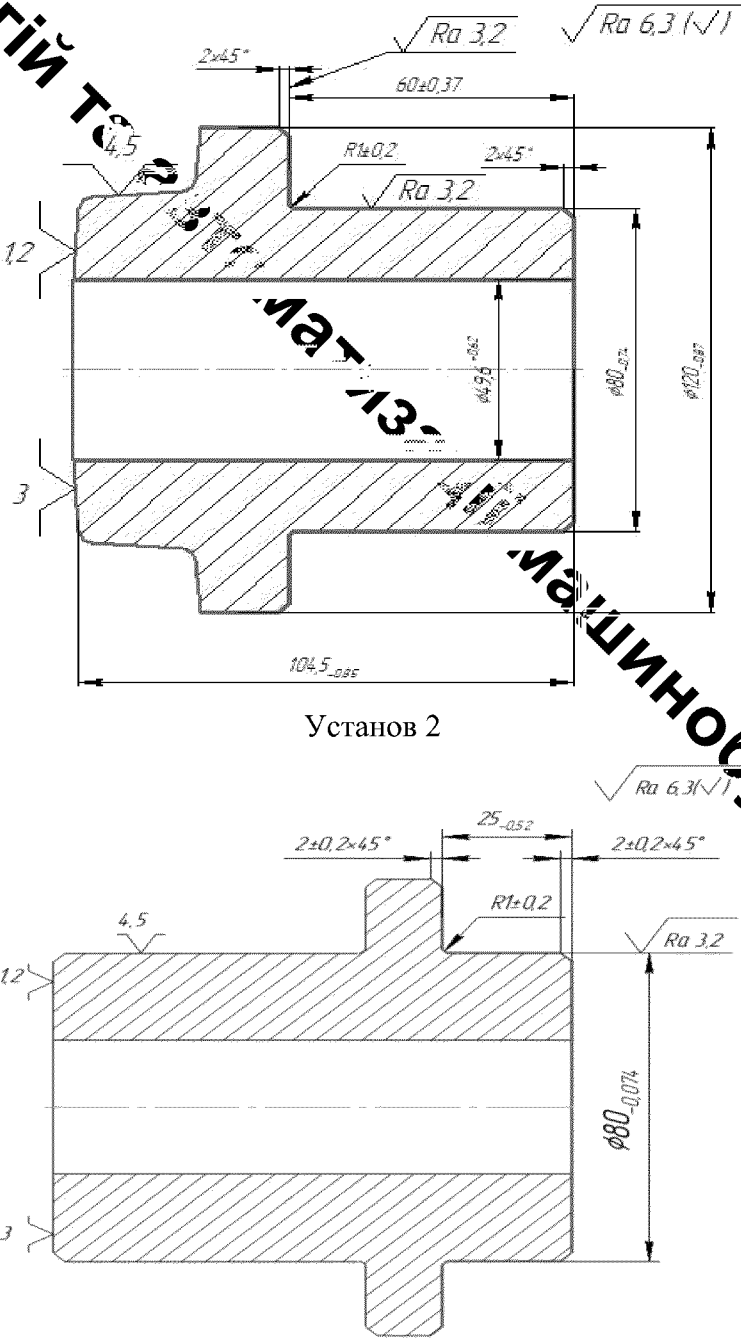
Під час обробки похибки базування на токарні та свердлильні операції відсутні.

При розробці маршруту механічної обробки нами дотримано принцип, що точність оброблених розмірів є завжди більшою по кінці механічної обробки деталі «Стакан Д02212.7». Крім цього, в самому кінці маршруту механічної обробки як завжди присутні миюча та контрольна операції. Такі операції дозволяють забезпечити очистку від стружки і бруду самої деталі з перевіркою її розмірів (див. таблицю 1.2).

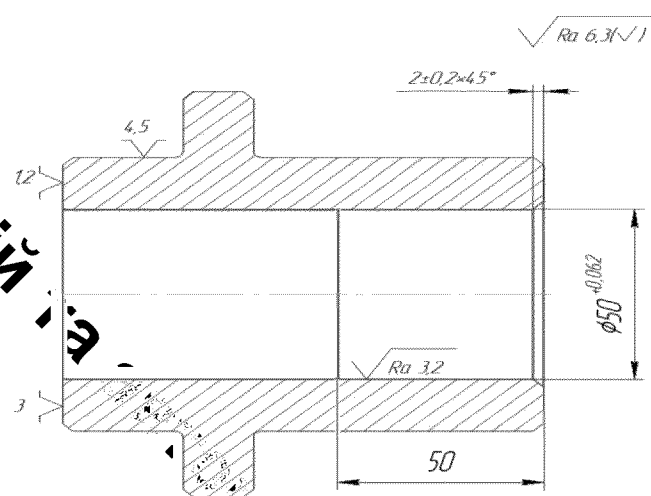
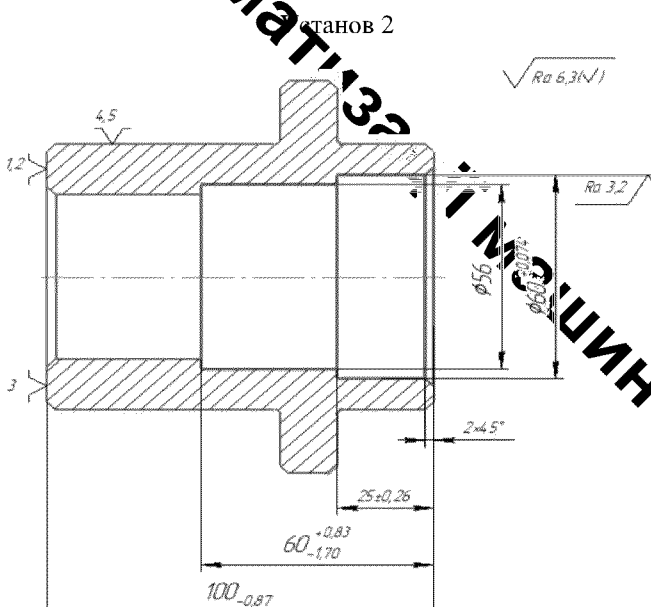
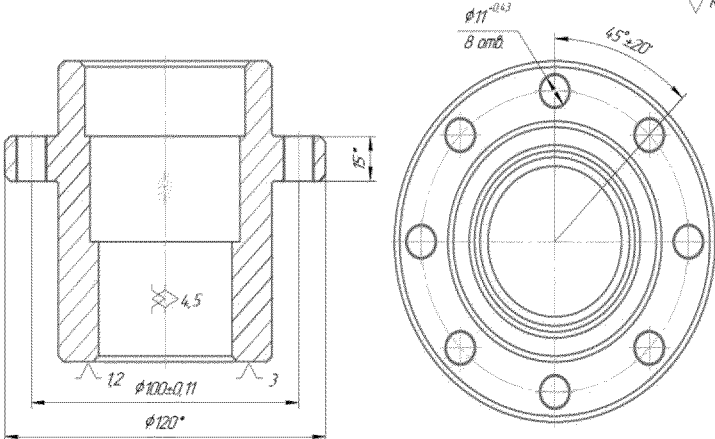
Аналіз самого маршруту механічної обробки деталі «Стакан Д02212.7» в даній обробка за два установи на операціях 015 та 020 операції токарній з ЧПК 1П450ПФ40. Розміщення програмованого робота з тактовим столом дозволить зменшити час на допоміжні та міжопераційні переходи виключився працю робітника.

Варто звернути увагу також на свердлильну з ЧПК операцію 020, в якій нами проєктуємо свердлильне пристосування, щоб також зменшити час на допоміжні переходи та операції під час затискання, та забезпечити установку і закріплення деталі в необхідній позиції.

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі «Стакан Д02212.7»

№ з/п, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
	2	3
005 Кування		
010 Термічна	Нормалізація	
<p>015 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 80/45 однократно. 3. Точити зов. цилінд. поверхні Ø80 мм з утворенням торця 120/80 однократно. 4. Точити зов. цилінд. поверхні Ø120 мм однократно. 5. Точити 2-ві фаски 2x45°. 6. Розточити внут. цилінд. поверхню Ø45 мм однократно. 7. Переустановити деталь. 8. Підрізати торець 80/45 однократно. 9. Точити зов. цилінд. поверхні Ø80,4 мм з утворенням торця 120/80 попередньо. 10. Точити зов. цилінд. поверхні Ø80,074 мм з утворенням торця 120/80 остаточно. 11. Точити фаску 2x45°. 12. Зняти деталь. 	<p style="text-align: center;">Установ 1</p>  <p style="text-align: center;">Установ 2</p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П450ПФ40</p>

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
<p>020 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Розточити внут. цилінд. поверхню $\varnothing 50^{+0,62}$ мм на глибину 50 мм остаточно. 3. Розточити фаску $2 \times 45^\circ$ 4. Переустановити деталь. 5. Розточити внут. цилінд. поверхню $\varnothing 56$ мм на глибину 60 мм однократно. 6. Розточити внут. цилінд. поверхню $\varnothing 59,6$ мм на глибину 24,8 мм попередньо. 7. Розточити внут. цилінд. поверхню $\varnothing 60H9$ мм на глибину 25 мм остаточно. 8. Розточити фаску $2 \times 45^\circ$. 9. Зняти деталь. 	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П450ПФ40</p>
<p>025 Свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати 8 отв. $\varnothing 3,15$ мм. 3. Свердлити 8 отв. $\varnothing 11$ мм. 4. Зняти деталь. 		<p>Свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2</p>
<p>030 Промити деталь</p>		
<p>035 Технічний контроль</p>		

1.4 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу

В таблиці 1.3 показано режими різання на операції 015-025 з механічною обробкою для деталі «Стакан Д02212.7».

Таблиця 1.3 – Режимними різання на операції з мехобробкою 015-025

№	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 015					
2	Підрізати торець 80/45 однократно.	1,5	0,3	400	100
3	Точити зов. цилінд. поверхні Ø80 мм з утворенням торця 120/80 однократно.	1,2	0,2	400	100
4	Точити зов. цилінд. поверхні Ø120 мм однократно.	1,2	0,2	215	80
5	Точити 2-ві фаски 2x45°.	1,4	0,2	295	110
6	Розточити внут. цилінд. поверхню Ø45 мм однократно.	1,5	0,2	640	90
8	Підрізати торець 80/45 однократно.	1,5	0,3	400	100
9	Точити зов. цилінд. поверхні Ø80,4 мм з утворенням торця 120/80 попередньо.	1,2	0,2	270	100
10	Точити зов. цилінд. поверхні Ø80 _{-0,074} мм з утворенням торця 120/80 остаточно.	0,2	0,4	535	200
11	Точити фаску 2x45°.	1,4	0,2	440	110
Операція 020					
2	Розточити внут. цилінд. поверхню Ø50 ^{+0,62} мм на глибину 50 мм остаточно	0,2	0,1	1660	250
3	Розточити фаску 2x45°	1,4	0,2	705	110
5	Розточити внут. цилінд. поверхню Ø56 мм на глибину 60 мм однократно.	2	0,2	515	90
6	Розточити внут. цилінд. поверхню Ø59,6 мм на глибину 24,8 мм попередньо.	1,5	0,2	480	90
7	Розточити внут. цилінд. поверхню Ø60H9 мм на глибину 25 мм остаточно.	0,2	0,1	1330	250
8	Розточити фаску 2x45°.	1,4	0,2	585	110
Операція 025					
2	Центрувати 8 отв. Ø5 мм.	2,5	0,05	510	8
3	Свердлити 8 отв. Ø11 мм.	5,5	0,2	725	25

В таблиці 1.4 показано результати розрахунку технологічних норм часу для механічної обробкою 015-025 для деталі «Стакан Д02212.7».

Таблиця 1.4 – Розрахунок технічних норм часу

Номер і назва операції	T_0 , хв	φ_K	$T_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	8,86	1,5	13,29
020 Токарна з ЧПК	2,77	1,5	4,16
025 Свердлильна з ЧПК	0,44	1,45	0,64

Після розрахунків почнемо проводити удосконалення технологічного процесу шляхом покращення продуктивності виготовлення деталі «Стакан Д02212.7». Це може досягатися за рахунок проектування спеціального пристосування для закріплення деталі «Стакан Д02212.7» під час свердлильної з ЧПК операції 025, встановлення сучасного робочого місця з роботом та тактовим столом на операціях 015 та 020, вибором стійкого металорізального інструменту (спіральноє свердло) та спеціального вимірювального інструменту (калібр-пробка).

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»

2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування

Розробка верстатного пристосування для деталі «Стакан Д02212.7» доцільно використати з наступною послідовністю [9]:

1) визначити габаритні розміри установчої області верстату і розміри елементів, які будуть кріпити верстатне пристосування;

2) розглянути схему базування обробку деталі «Стакан Д02212.7», та врахувати точність і шорсткість поверхонь, тип і розміри елементів для закріплення. Розрахувати число і визначити взаємне розташування. Якщо має місце розрахувати похибку базування в верстатному пристосуванні на операцію;

3) орієнтуючись на тип виробництва визначити в свою чергу тип верстатного пристосування та кількість одночасно оброблюваних заготовок;

4) визначити основні напрямки дії сил затиску деталі «Стакан Д02212.7» виходячи із схеми закріплення, а також величину дії цих сил;

5) вибрати вид затискного елемента самого механізму в залежності від необхідної для цього сили затиску. Спроекувати конструктивні розміри, параметри та розрахувати вихідну силу приводу;

6) вибрати тип механізму затиску чи приводу, та розрахувати для нього конструктивні розміри. Обов'язково необхідно притримуватися принципу вибору стандартних розмірів для елементів силового приводу;

7) обов'язково необхідно розрахувати похибку закріплення та похибку встановлення деталі «Стакан Д02212.7» в верстатному пристосуванні;

8) якщо необхідно, також встановити тип і розміри напрямних елементів для металоріжучого інструменту.

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

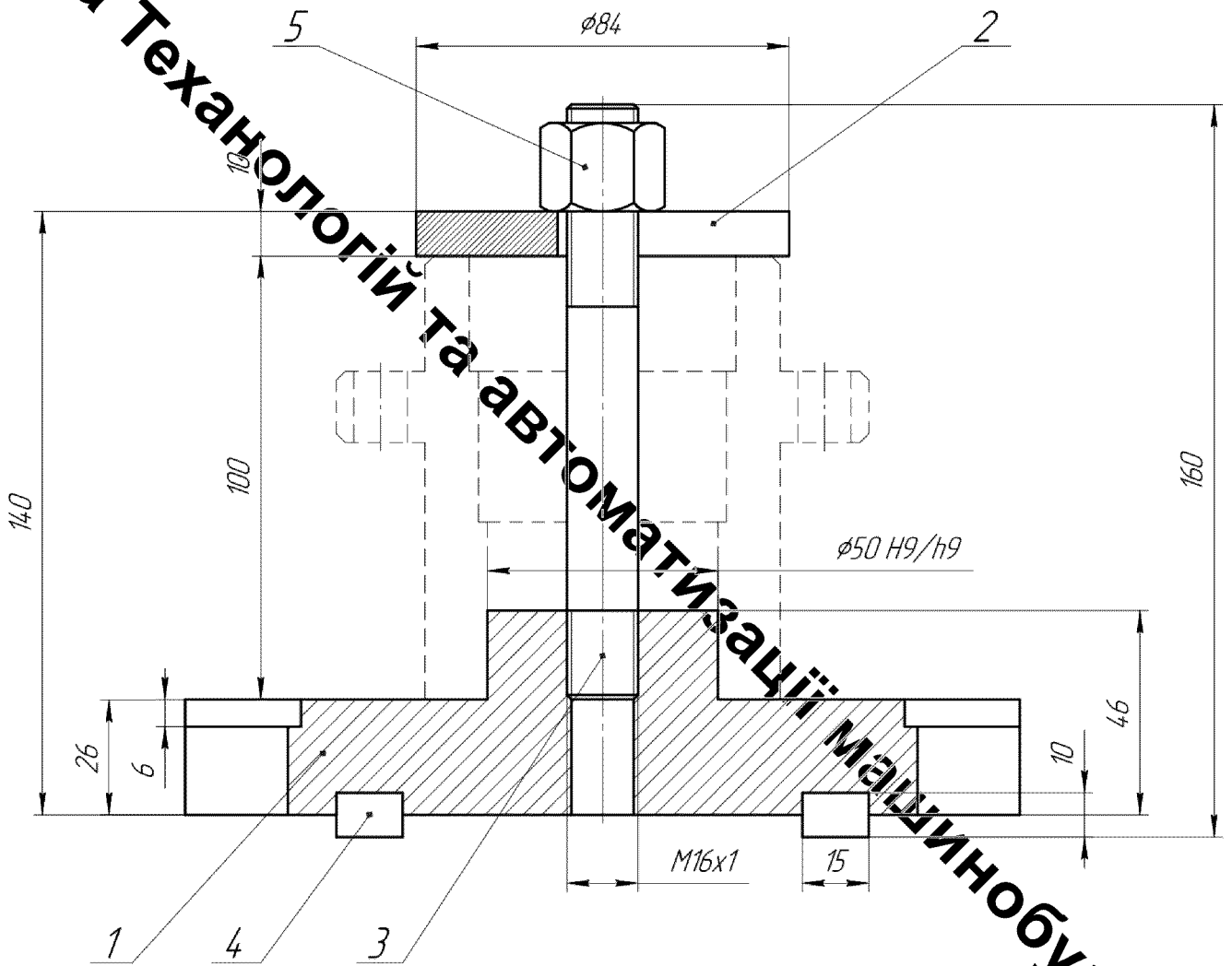


Рисунок 2.1 – Ескіз верстатного пристосування для свердильної з ЧПК операції 025

Основними елементами верстатного пристосування (див. рис. 2.1) для свердильної з ЧПК операції 025: 1 – плита, 2 – шайба накидна, 3 – шпилька, 4 – шпонка, 5 – гайка.

2.2 Визначення похибки базування

Варто врахувати, що базуванням заготовки називається надання необхідного положення їй у просторі відносно ріжучого інструменту. У проєктованому

верстатному пристосувані досягається неповне базування заготовки через базування її на оправці (2 ступені вільності) та плиті (3 ступені вільності). Останню ступінь вільності забезпечується за рахунок закріплення заготовки.

Виконаємо схему базування (див. рис. 2.2):

1) Поверхня I (торець 80/50 мм) є установчою базою, так як позбавляє заготовку деталі «Стакан Д02212.7» трьох рухів: переміщення вздовж осі OZ та двох поворотів навколо осей OX та OY.

2) Поверхня II (внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 50^{+0,62}$ мм) виконує функцію подвійної опорної бази, так як позбавляє заготовку двох рухів: переміщення вздовж осей OY та OX.

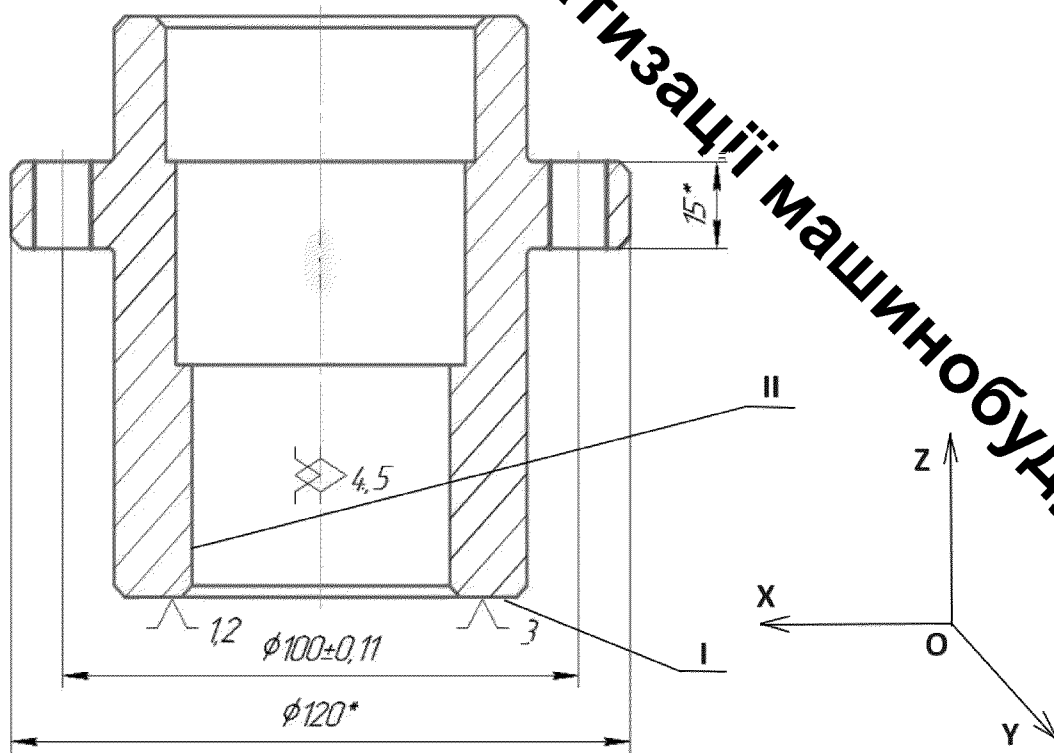


Рисунок 2.2 – Схема базування деталі «Стакан Д02212.7»: I, II – бази;

XYZ – система координат для деталі із центром O.

Схема для базування (див. рис. 2.3) складається з: 1 – плити (корпус пристрою); 2 – оправка; 3 – заготовка.

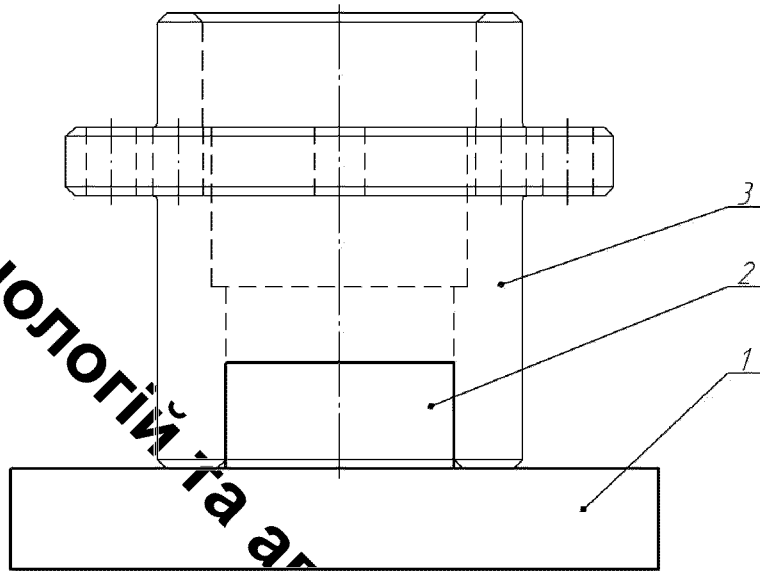


Рисунок 2.3 – Реалізація схеми базування для верстатного пристрою

Схема для базування реалізовано так: заготовку 3 циліндричною поверхнею $\phi 50H9$ встановлюють на оправку 2, яка закріплена в плиті 1 корпусу пристрою. Нижній торець заготовки деталі стає на плиту 1 і забезпечує установчу базу.

Похибка базування в машинобудуванні - це поле розсіювання розмірів між вимірювальною і установочною базами в напрямку виконуваного розміру.

Варто врахувати, що похибка базування на розмір $\phi 11$ мм буде відсутньою, адже цей розмір забезпечується за рахунок інструменту (спірального свердла). Похибка базування на розмір $100 \pm 0,11$ мм також буде відсутньою, адже як цей розмір забезпечується за рахунок обробки усіх отворів за один установ. Єдине що буде мати місце – це похибка співвісності осі деталі і осі оброблюваних отворів, за рахунок зазору між оправкою $\phi 50h9$ і отвором $\phi 50H9$:

$$\xi_{\text{співвісності}} = \frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{T_{50h9} + T_{50H9}}{2} \text{ [мм]}, \quad (2.1)$$

де S_{max} – зазор між оправкою $\phi 50h9$ і отвором $\phi 50H9$. Тоді,

$$\xi_{\text{співвісності}} = \frac{0,062 + 0,062}{2} = 0,062 \text{ (мм)}.$$

Так як на креслені не вказано жорстких вимог до співвісності отворів до осі деталі, то будемо вважати, що отриманий показник співвісності не вплине негативно на обробку деталі.

2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення

Розглянемо схему дії сил на заготовку деталі «Стакан Д02212.7» під час виконання свердлильної з ЧПУ операції 025 (див. рис. 2.5).

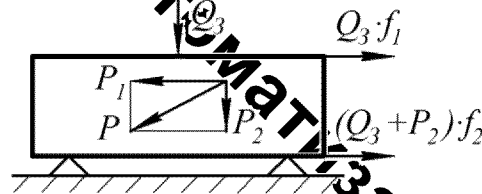


Рисунок 2.5 – Схема дії сил на заготовку деталі «Стакан Д02212.7»

При свердлінні отворів в деталі «Стакан Д02212.7», сили, що виникають під час цього намагаються зсунути заготовку навколо своєї осі. Зміщенню заготовки деталі запобігає лише сили тертя від дії сили затиску швидкоз'ємної шайби з корпусом. Тобто, вона виникає безпосередньо в місцях контакту заготовки деталі «Стакан Д02212.7» з опорами та затискними механізмами.

Необхідна сила затиску при цьому визначається за формулою 2.2

$$W_z = \frac{K \cdot M - P \cdot f_2 \cdot R_{100}}{(f_1 + f_2) \cdot R_{100}}, [\text{H}] \quad (2.2)$$

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

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

K - коефіцієнт запасу сили затиску;

R_{100} - радіус розміщення отворів відносно осі деталі;

Коефіцієнт запасу сили хатиску 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 $K_1 = 1,2$;

K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту; приймаємо $K_2 = 1,15$;

K_3 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання при перервному різанні; приймаємо $K_3 = 1,0$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили затиску в затискному механізмі; $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів; приймаємо $K_5 = 1,2$ так як поворот ключа для затиску буде більше 90° ;

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

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,48$$

Отже, приймаємо $K = 2,48$. Розрахуємо осьову силу різання:

$$P = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{mp}, \quad [H] \quad (2.4)$$

Необхідні параметри розрахунку сили різання вибираємо із рекомендацій, де: $C_p=68$; $y=0,7$; $q=1$; $S=0,2$ мм/об; $\sigma_b=750$ МПа.

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

$$P = 10 \cdot 68 \cdot 11^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 2424,5(H).$$

Розрахуємо крутного моменту під час різання:

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_{mm}, [\text{Нм}] \quad (2.6)$$

Необхідні параметри розрахунку сили різання вибираємо із рекомендацій, де:
 $C_m=0,0345$; $y_m=0,8$; $q_m=2$;

$$K_{mm} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^{nm} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1; \quad (2.7)$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 1^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 11,5(\text{Нм}).$$

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

$$W_z = \frac{2,48 \cdot 11,5 - 2424,5 \cdot 0,10 \cdot 0,05}{(0,10 + 0,10) \cdot 0,05} = 240 \text{ (Н)}.$$

2.4 Вибір затискного механізму та розрахунок його параметрів

В якості силового механізму верстатного пристосування обираємо гвинтовий затискач (див. рис. 2.6).

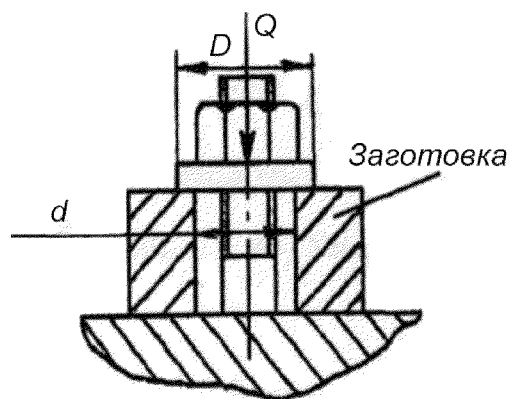


Рисунок 2.6 – Схема гвинтового затискача

Можлива сила затискача гвинтовим затискачем:

$$[W] = \frac{Q \cdot L}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot r_{cp} \cdot 0.33 \cdot \mu \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}} \quad [\text{H}], \quad (2.8)$$

де Q – сила, прикладена до ключа; приймаємо $Q=50\text{H}$,

L – довжина ключа, приймаємо $L=240$ мм,

D та d – діаметр шайби та діаметр різьби, відповідно; приймаємо $D=84$ мм та $d=16$ мм,

r_{cp} – середній діаметр різі; для різьби М16 $r_{cp}=14,701$ мм,

α – кут підйому різі, тангенс кута підйому різі прямо пропорційний до кроку різі ($P=2$ мм) та обернено пропорційний до значення π та середнього діаметра різі r_{cp} ; приймаємо $\alpha=\operatorname{arctg}(2/3,14 \cdot 14,701)=2,48^\circ$,

μ – коефіцієнт тертя по різі; приймаємо $\mu=0,1$,

φ – приведений кут тертя в різі: приймаємо $\varphi=\operatorname{arctg}(\mu/\cos(60/2))=\operatorname{arctg}(0,1/\cos(60/2))=0,01^\circ$.

$$[W] = \frac{50 \cdot 240}{\operatorname{tg}(2,48 + 0,01) \cdot 14,701 \cdot 0.33 \cdot 0,1 \cdot \frac{84^3 - 16^3}{84^2 - 16^2}} = 6557 \quad (\text{H})$$

Отже, можлива сила затиску буде більшою за необхідну $[W] > W_z$, і це означає що спроектований верстатний пристрій забезпечить відповідне затискання заготовки.

2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою

В зв'язку з тим, що сила затиску $[W]$ гвинтового затискача є більшою майже в 4 рази за силу необхідну для затиску W_z від режимів різання, приймаємо рішення збільшити можливі режими різання, для покращення продуктивності. При цьому

обраємо параметри подачі згідно рекомендації від максимального до мінімального значення: $S=0,15-0,36$ мм/об. Розрахунки проведено відносно формул 2.2-2.7. Визначаємо залежність впливу подачі S свердла на силу P та момент M різання (див. рис. 2.7). Крім цього в результаті визначаємо залежності величини зусилля затиску W_z від параметра режимів різання – подачі S під час свердління отвору $\varnothing 11$ мм (див. рис. 2.8).

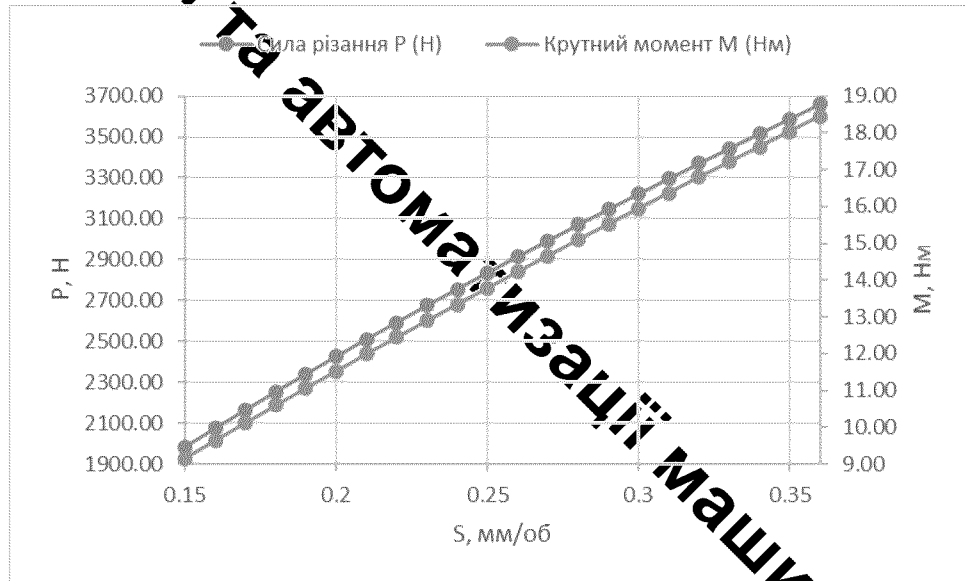


Рисунок 2.7 – Вплив подачі S свердла на силу P та момент M різання

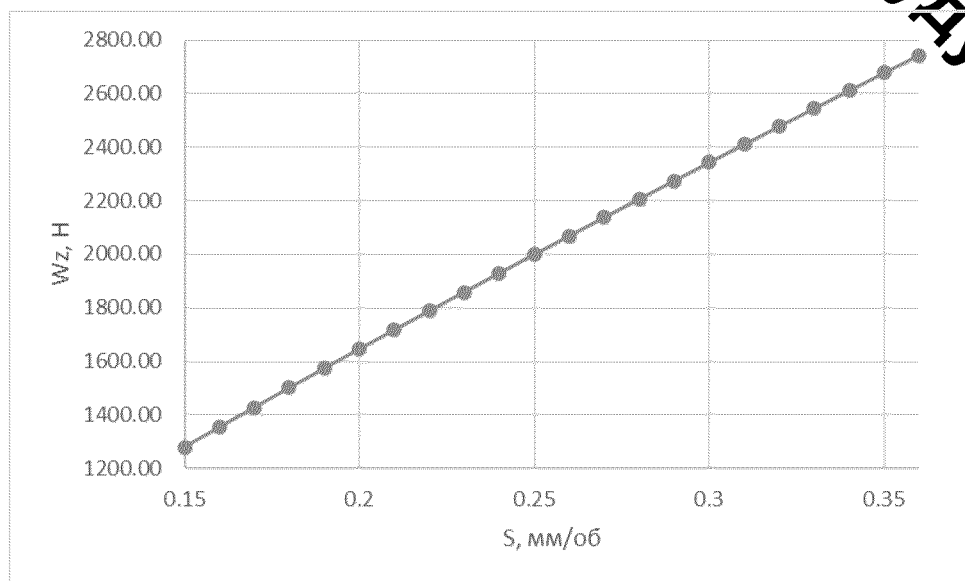


Рисунок 2.8 - Залежність величини зусилля затиску W_z від параметра режимів різання – подачі S

Отримані розрахунки дозволяють зробити висновок, що під час свердління можна використовувати максимальні режими різання – подача $S=0,36$ мм/об. Це в свою чергу забезпечить силу різання $P=3659$ Н, а крутний момент від свердління $M=18,44$ Нм. Такі показники режимів різання потребуватимуть необхідну силу затиску більшу за $Wz=2743$ Н, що легко досягнути в спроектованому пристосуванні та маємо запас сили затиску в 2,4 рази.

2.6 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність

Аналітично виконаємо перевірочний розрахунок найслабшої ланки пристрою. При цьому найслабшою ланкою верстатного пристрою є його гвинт, котрий притягує гайку до плити корпусу. Умова міцності розраховується за формулою 2.9:

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

де: $[\sigma_p]$ - прийняте допустиме дотичне напруження сталі 45 на зріз;

σ_p - дотичне напруження на розрив саме в небезпечному перерізі, його розраховуємо за формулою 2.10:

$$\sigma_p = \frac{N}{A}, [\text{МПа}]$$

де: N – діюча поперечна сила;

A – безпосередньо площа місця розрахонку в небезпечному перерізі;

Площу небезпечного перерізу A ми знайдемо за формулою 2.11:

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

де: D – внутрішній діаметр різі дорівнює 13,835 мм.

Підставляємо прийняте значення у формулу 2.11:

$$A = \frac{3,14 \cdot 13,835^2}{4} = 300,51(\text{мм}^2)$$

Розрахована поперечна сила N дорівнює реакції від сили закріплення, тобто $[W]=6557$ (Н). Тоді σ_p буде дорівнювати:

$$\frac{6557}{300,51} = 21,82(\text{МПа})$$

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

де σ_T - границя текучості для сталі 45;

n – запас міцності для матеріалу гвинта.

При цьому σ_T для Сталь 45 дорівнює 355 МПа. Запас міцності рекомендується брати в межах 1,4...1,6. Приймаємо 1,5.

$$[\sigma_p] = \frac{355}{1,5} = 236,67(\text{МПа})$$

В результаті теоретичних розрахунку маємо, що $21,82 \text{ МПа} < 236,67 \text{ МПа}$, тобто гвинт верстатного пристрою витримає розтяг.

2.7 Опис дії верстатного пристосування

Згідно своїм призначення цей верстатний пристрій вважається спеціальним верстатним свердлувальним пристосуванням. Це обґрунтовується використанням його для закріплення деталі «Стакан Д02212.7» на свердильному верстаті з ЧПК

моделі 2P135Ф2 для фіксації при виготовленні 8-ми отворів $\text{Ø}11$ мм. Дане пристосування вважається ручним, одномісним та однопозиційним.

Застосування цього пристрою забезпечує точну обробку, підвищує продуктивність праці робітника, досягнення безпеки праці та культури виробництва.

На рис. 2.9 показано принципову схему верстатного пристосування складається: плита з оправкою 1, швидкоз'ємна шайба 2, гвинт 3, шпонки 4, гайка 5.

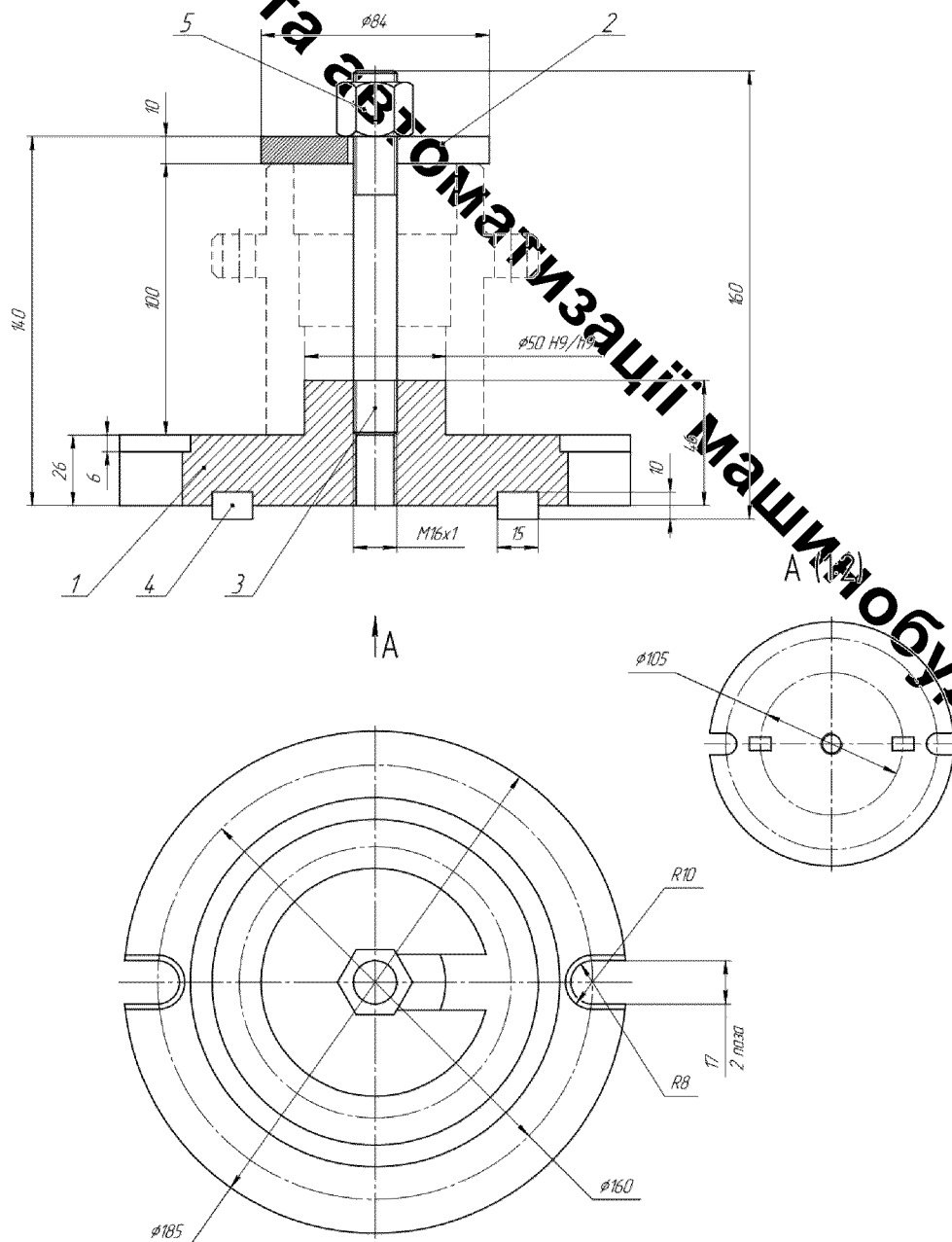


Рисунок 2.9 – Принципова схема верстатного пристосування для свердління вісьми отворів $\text{Ø}11$ мм

На плиті з оправкою 1 кріпляться гвинт 3 на який накручена гайка 5. Деталь встановлюється на оправку та впирається в плиту 1. Між деталлю та гайкою 5 встановлюється швидкоз'ємна шайба 2. В результаті підкручування гайки 5 швидкоз'ємна шайба 2 затискає деталь до плити і таким чином закріплює її.

Для замкнення деталі після обробки достатньо віджати гайку 5 та зняти швидкоз'ємну шайбу 2. Далі знімається деталь та встановлюється нова і ця процедура повторюється повторно.

2.8 Розрахунок ріжучого та контрольно вимірювального інструменту

Розрахунок для ріжучого інструменту на обробку свердлильних отворів Ø11 мм. Спиральне свердло являє собою звичайне тіло обертання та складається із двох частин (ріжучої та хвостової). Ці частини нормалізовані по ДСТУ ГОСТ 12121-77. Проектуючи спіральне свердло має конічний хвостовик, який виконує згідно конусу Морзе. Матеріал ріжучої частини обрано швидкоз'ємну сталь марки Р6М5 по ДСТУ 7807:2015. Конічну хвостову частину будемо застосовувати для кріплення спірального свердла в патроні.

Основні геометричні параметри та розрахунки для конструювання елементів спірального свердла [4]:

1. Діаметр спірального свердла: приймаємо діаметр ріжучої частини відповідно до розміру оброблюваного отвору; $d_{\text{свердла}} = 11 \text{ мм}$.

2. Діаметр хвостовика: Визначаємо номер конуса Морзе (с.189 Т.62 [2]): №1 з такими конструктивними параметрами: $D_1=12,2 \text{ мм}$; $d_2=9 \text{ мм}$; $l_4=13,5 \text{ мм}$; $l=65,2 \text{ мм}$; конусність 1:20,047.

$$d_{\text{cp}} = \frac{D_1 + d_2}{2} [\text{мм}], \quad (2.13)$$

$$d_{\text{cp}} = \frac{12,2 + 9}{2} = 10,6 (\text{мм}).$$

3. Визначаємо довжину свердла: $L = 280\text{мм}$; $l_0 = 170\text{мм}$; $l_2 = 113\text{мм}$.

4. Геометричні і конструкційні параметри: $\omega = 30^\circ$; $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi_0 = 70^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\psi = 55^\circ$. Різьмір підточеної частини перемички: $A = 2,5\text{мм}$; $l = 5\text{мм}$. Крок гвинтової канавки:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\text{tg} \omega} [\text{мм}], \quad (2.14)$$

$$H = \frac{\pi \cdot 11}{\text{tg} 30^\circ} = 60 (\text{мм}).$$

5. Товщина серцевини свердла $d_c = 0,14 \cdot D = 0,14 \cdot 11 = 1,54 \text{ мм}$.

6. Ширина стрічки $f_0 = 1,6 \text{ мм}$. [2].

7. Ширина пера $B = 0,58 D = 0,58 \cdot 11 = 6,38 \text{ мм}$.

8. Геометричні елементи профіля фрези для фрезювання канавки свердла:

Великий радіус профіля:

$$R_0 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D [\text{мм}], \quad (2.15)$$

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega}; \quad (2.16)$$

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 118}}{30} = 0,493;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14D}{d_c} \right)^{0,044}; \quad (2.17)$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot 11}{3,35} \right)^{0,044} = 0,97;$$

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9}; \quad (2.18)$$

де D_ϕ - діаметр фрези. При $D_\phi = 13\sqrt{D} \cdot C_\phi = 1$.

$$R_0 = 0,493 \cdot 0,97 \cdot 11 = 5,26 (\text{мм}).$$

Менший радіус профіля:

$$R_k = C_k \cdot D [\text{мм}]; \quad (2.19)$$

$$C_k = 0,015 \omega^{0,75}; \quad (2.20)$$

$$C_k = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,191;$$

$$R_k = 0,191 \cdot 11 = 2,1 (\text{мм}).$$

Ширина профіля

$$B = R_0 + R_k [\text{мм}], \quad (2.21)$$

$$B = 5,26 + 2,1 = 7,36 (\text{мм}).$$

9. Граничні відхилення діаметра свердла $D=11h9_{(-0,043)}$ мм. Твердість робочої частини свердла 63-66 HRC, в лапки хвостовика свердла 32-46 HRC.

Конструкція розрахованого спірального свердла показана на рис. 2.10.

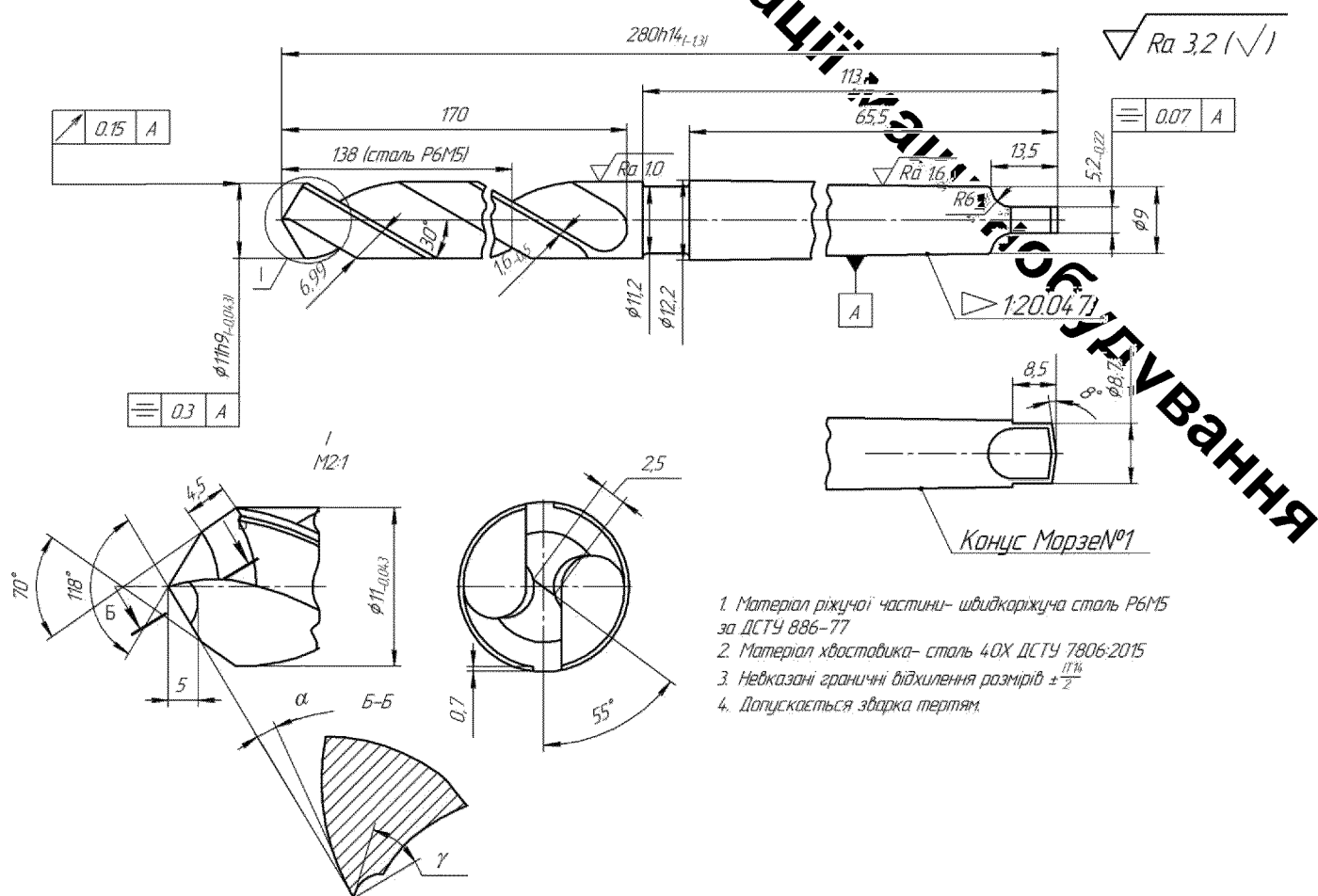


Рисунок 2.10 – Конструкція спроектованого спірального свердла для обробки восьми отворів $\text{Ø}11$ мм

Возрахуємо контрольню-вимірювальний інструмент для перевірки та контролю поверхні $\varnothing 50H9$ [4, 10]. Зробимо основний вибір граничних відхилень та граничних розмірів для деталі з інструментом.

За ГОСТ 25347-82 обираємо граничні відхилення для отвору діаметром $\varnothing 50H9$:

$$ES = 0,074 \text{ (мм);}$$

$$EI = 0.$$

Визначаємо граничні розміри та допуск деталі «Стакан Д02212.7»:

$$D_{max} = D + ES = 50 + 0,074 = 50,074 \text{ (мм);}$$

$$D_{min} = D + EI = 50 + 0 = 50 \text{ (мм).}$$

$$TD = ES - EI \tag{2.22}$$

$$TD = 0,074 - 0 = 0,074 \text{ (мм).}$$

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

$$H = 5,0 \text{ (мкм)} = 0,005 \text{ (мм);}$$

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

$$Y = 0 \text{ (мкм)} = 0 \text{ (мм);}$$

$$Z = 13,0 \text{ (мкм)} = 0,013 \text{ (мм).}$$

Виконуємо побудову схеми розташування полів допусків (див. рис. 2.11).

Розрахунок основних виконавчих розмірів контрольню-вимірювального обладнання. Визначаємо розміри калібр-пробки:

а) Прохідна калібр-пробка:

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}. \tag{2.23}$$

$$ПР_{\max} = 50 + 0,013 + \frac{0,005}{2} = 50,0155 \text{ (мм)}.$$

$$ПР_{\min} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2}. \quad (2.24)$$

$$ПР_{\min} = 50 + 0,013 - \frac{0,005}{2} = 50,0105 \text{ (мм)}.$$

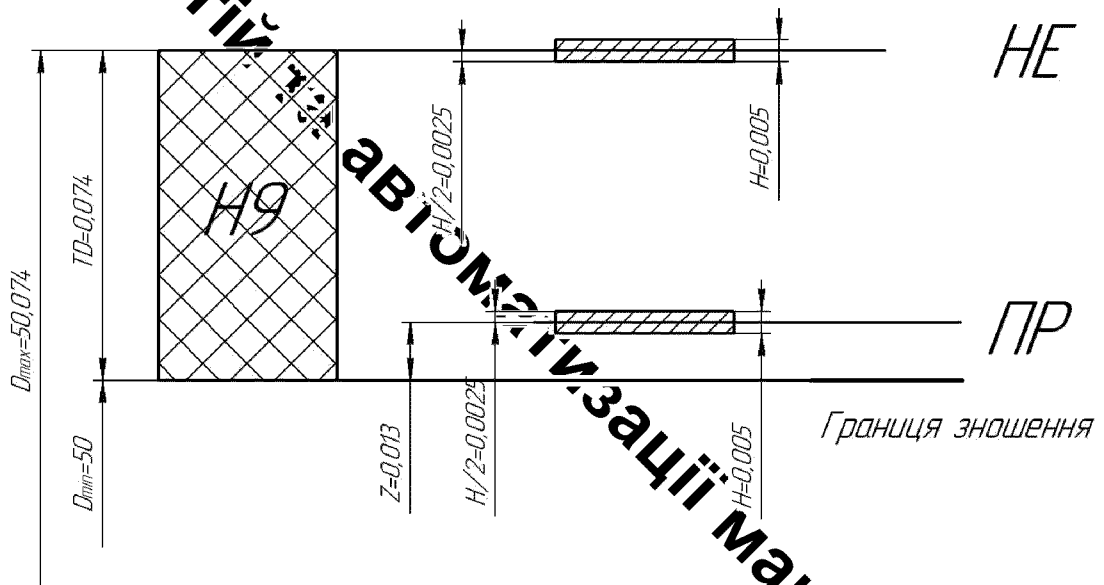


Рисунок 2.11 – Схема розташування полів допусків для виготовлення калібр-пробки

Границя зношення:

$$ПР_{\text{ЗН}} = D_{\min} - Y.$$

$$ПР_{\text{ЗН}} = 50 - 0 = 50 \text{ (мм)}.$$

Виконавчий розмір: $ПР = 50,0155_{-0,005}$ (мм).

б) Непрохідна калібр-скоба:

$$HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2}. \quad (2.26)$$

$$HE_{\max} = 50,074 + \frac{0,005}{2} = 50,0765 \text{ (мм)}.$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2}. \quad (2.27)$$

$$HE_{\min} = 50,074 - \frac{0,005}{2} = 50,0715 \text{ (МММ)}$$

Виконавчий розмір: $HE = 50,0765_{-0,005}$ (мм).

Інші розміри корпусу для калібр-пробки обираємо за ГОСТ 16780-71.

Конструкція калібр-пробки для контролю поверхні $\varnothing 50H9$ показано на рис. 2.12.

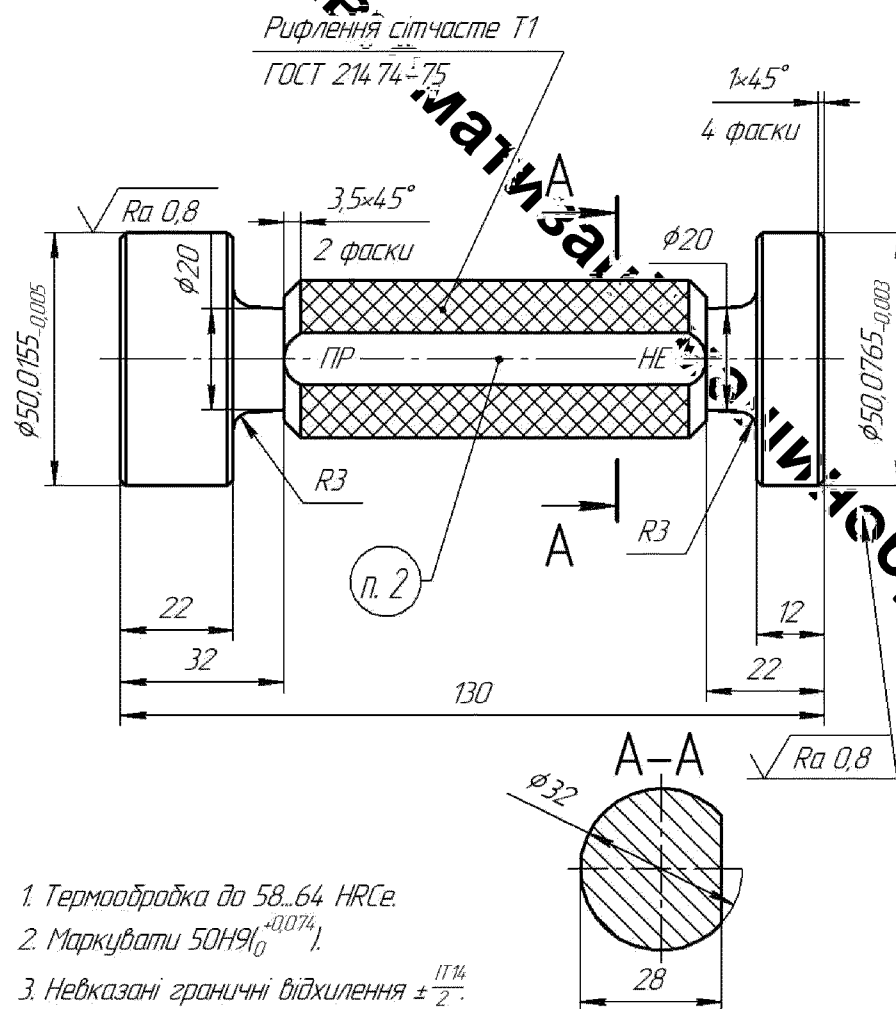


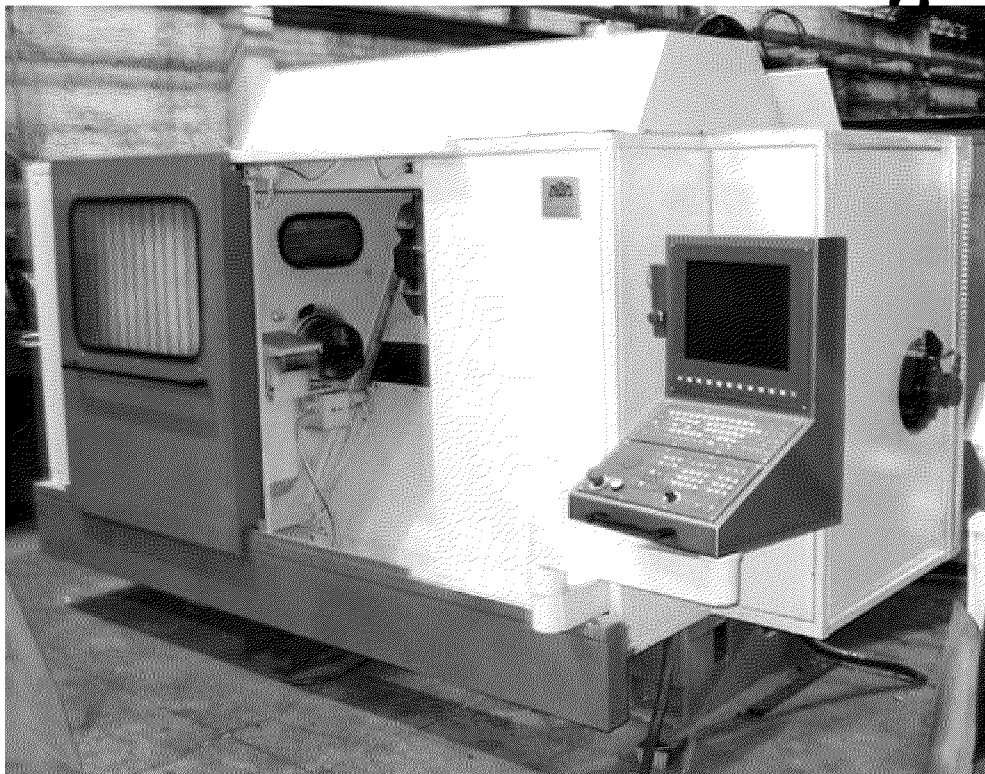
Рисунок 2.12 – Кресленник калібр-пробки для контролю поверхні $\varnothing 50H9$ мм

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»

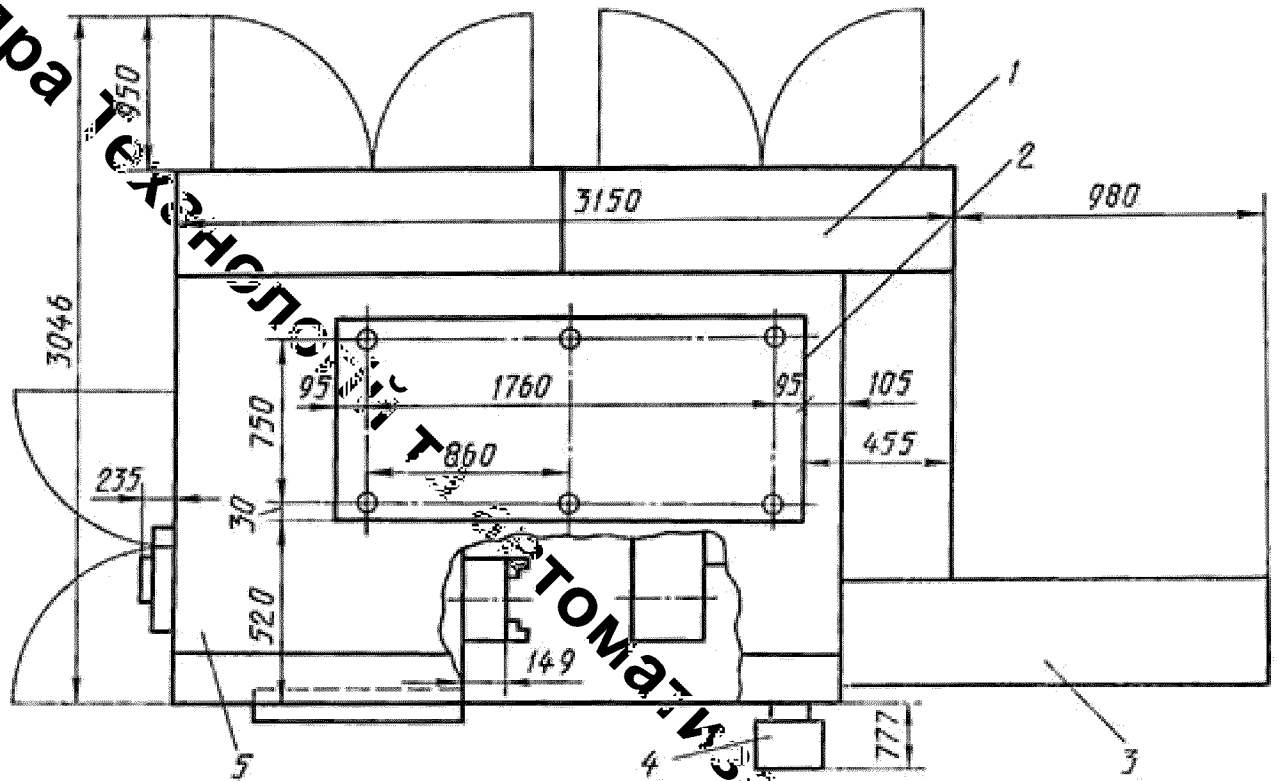
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця

Проведемо удосконалення технол. процесу шляхом вдосконалення токарного робочого місця мехобробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» [5, 6]. Розглянемо операцію 015, яка виконується на токарно-револьверному верстаті з числовим програмним керуванням моделі 1П420ПФ40 з 12 інструментами в револьверній головці. Верстат моделі 1П420ПФ40 має автоматизований пристрій зміни інструмента та встановлення заготовки в трьохкулачковий патрон з автоматизованим затисканням і розтисканням. Так як операція 015 виконується в два установи, то буде актуально використатися та забезпечуватиметься обслуговування промислового робота.

Загальний вигляд токарно-револьверного верстату ЧПК моделі 1П420ПФ40 та його габарити вказані на рис. 3.1:



a)



1 — електрошкафи; 2 — контур фундаменту; 3 — транспортер стружки;
4 — ЧПК; 5 — верстат 1П420ПФ40

б)

Рисунок 3.1 – Габарити токарно-револьверного верстата з ЧПК моделі 1П420ПФ40: а) – загальний вигляд; б) – габаритні розміри

Технічні характеристики токарно-револьверного верстата з ЧПК моделі 1П420ПФ40 [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 встановленого патрона, мм: 200;
- частота обертання шпинделя верстату, об/хв: 20...4000, 20...2500;
- межі подач револ. поздов. та попер. супорта, мм/хв: 1-5000 та 1-5000;
- потужність електричного двигуна головного руху, кВт: 30/22;
- габаритні розміри верстату, мм: 3470x2260x2300;
- маса, кг: 5900.

3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця,

Вибір промислового робота є важливим етапом щоб автоматизувати процес виробництва. Промисловий робот має працювати у складі робочого місця разом із верстатом з ЧПК. Вимоги для керування промисловим роботом подано нижче [7, 8]:

- забезпечення вантажопідємності обладнання;
- зона обслуговування обладнання не має перевищувати розміри робочої зони від промислового робота;
- врахування кількості втручаючих координат в програмі керування для промислового робота та його об'єм пам'яті;
- конструкція захватного пристрою має враховувати особливості деталі «Стакан Д02212.7»;
- вантажопідємність вибраного промислового робота приймається більшою на 10% від маси об'єкту маніпулювання.

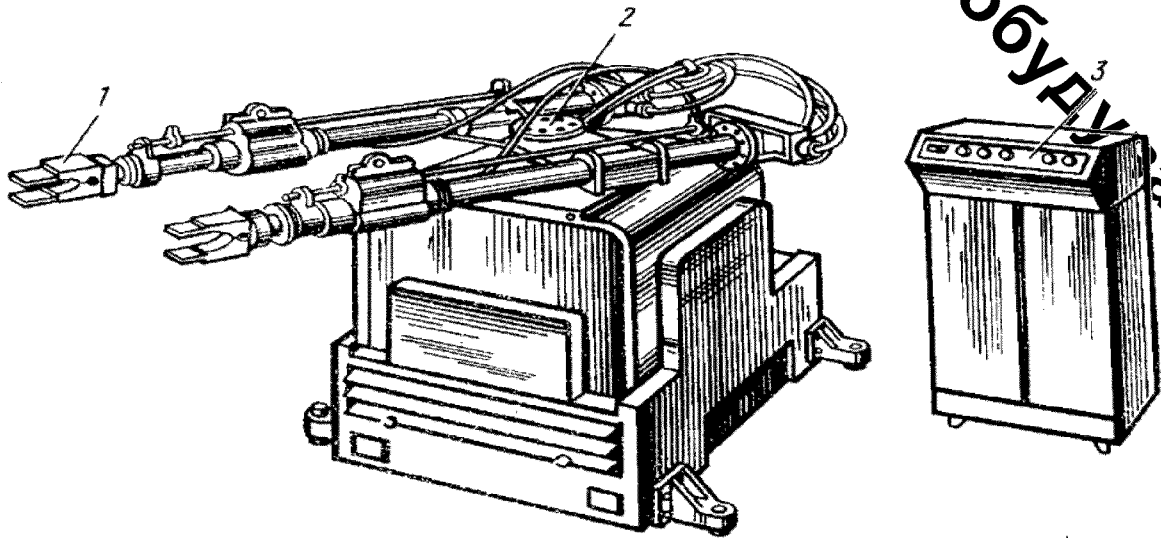
Крім цього, підібрані форма і габаритні розміри робочої зони мають забезпечувати завантаження і вивантаження заготовок та деталей після обробки без явних перешкод. Наш промисловий робот має декілька ступенів вільності і залежить від форми, розміру та положення робочої зони самого верстату і живильника.

Для деталі «Стакан Д02212.7» на основі рекомендацій [7] обираємо промисловий робот типу "Циклон 5.02" (див. рис. 3.2). Основна його задача полягає в автоматизації основних процесів холодного штампування, завантажувальних і розвантажувальних операціях та міжопераційного складання в заготівельних і інших цехах промислових заводів. Взагалі промисловий робот моделі "Циклон 5.02" замінюють багато робітників різних професій на циклічних чи небезпечних роботах. Система керування у промислового робота моделі "Циклон 5.02" передбачає модель УЦМ-30. Основні характеристики промислового робота моделі "Циклон 5.02":

- вантажопідємність промислового робота - 10 кг;
- число ступіней вільності робота - 5 або 7;
- кількість рук промислового робота - 2;
- загальна кількість захватних механізмів на одній руці - 1;

- тип приводу для основних рухів - пневматичний;
- система керування встановлена циклова;
- кількість одночасно програмованих координат- 6;
- засіб програмування переміщень - по упорам;
- ємність пам'яті системи керування, число кроків - 31;
- розрахована похибка позиціонування - $\pm 0,1$ мм;
- найбільший виліт руки для робочої зони - 1560 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с: $\Gamma = 600/1,5$; $z=100/0,2$; $x=400/0,5$;
- кутові переміщення, $^{\circ}$ / кутова швидкість, $^{\circ}/с$: $Q=180/120$; $a=180/180$;
- габаритні розміри промислового робота, мм - 860x110x1630;
- маса промислового робота, - 780 кг.

Якщо необхідно підвищити вантажопідйомності промислового робота моделі «Циклон 5.02» підвищують його тиск в повітряній мережі до 0,6 МПа та витримують його на такому високому рівні. Варто врахувати, що тиск більше 0,6 МПа зазвичай призводить до жакливих аварійних ситуацій, адже інші пристрої повітряної мережі не розраховані на такий підвищений тиск.



a)

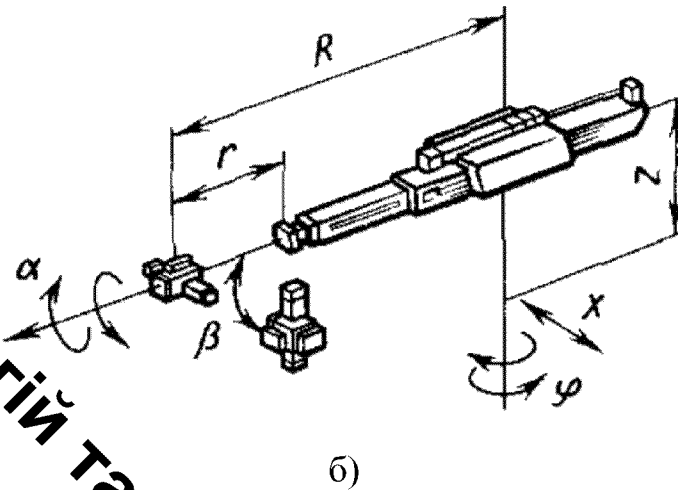


Рисунок 3.2 – Зображення частин промислового робота типу «Циклон 5.02»

а) загальний вигляд, б) степені вільності

3.3 Проектування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату

Заготовка деталі «Стакан Д02212.7» закріплюється в трьохкулачковому патроні за допомогою зовн. циліндр. поверхні і її торця. Необхідно щоб ці поверхні залишилися доступними під час перенесення заготовки і деталі промисловим роботом. Для якісного переміщення заготовки у патрон та її установці в захваті промислового робота плануємо застосувати захват за зовнішню циліндричну поверхню (див. рис. 3.3).

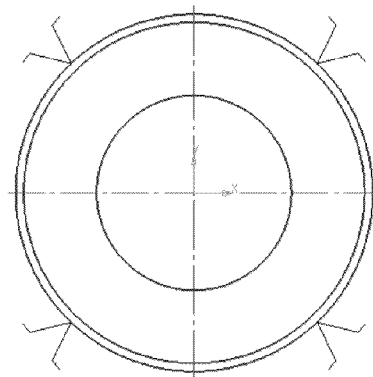


Рисунок 3.3 – Схема закріплення заготовки в захваті промислового робота

Промисловий робот моделі «Циклон 5.02» оснащений захватним механізмом конструкції (див. рис. 3.4). На кінцях маніпулятора розміщено фланці із закріпленими механізмами. Цей механізм захвату має дві призматичні губки та маленький пневматичні циліндри. За рахунок важелів пневмоциліндр змушують рухатися затиски губки механізму на зустріч одна одній.

Схема з пневмоциліндром працює наступним чином. При подачі стисненого повітря до робочої камери пневмоциліндру, і він починає втягувати свій шток. Пружина в безштоковій камері пневмоциліндрі буде стискатися. Через запропоновану систему важелів спеціальні губки на кінці механізму будуть рухатися на зустріч одна одній. При цьому буде забезпечується необхідна сила затиску F .

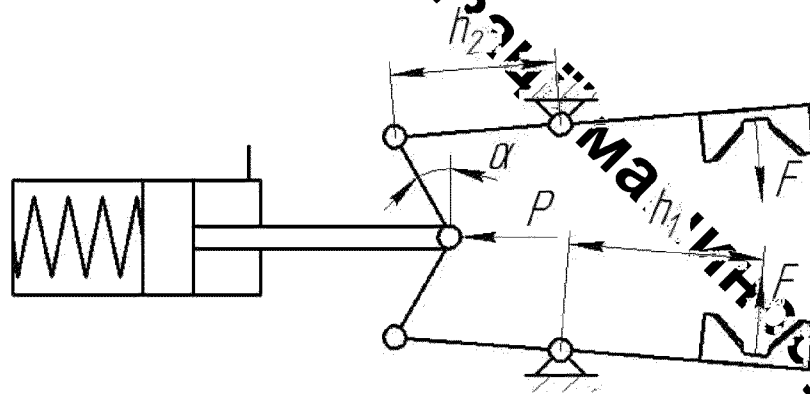


Рисунок 3.4 – Схема використовуваного захватного пристрою для промислового робота моделі «Циклон 5.02»

Для розтискання деталі «Стакан Д02212.7», за рахунок переключення пневморозподільника, стиснене повітря виходить із робочої камери пневмоциліндра і стиснена пружина повертає поршень. А через систему важелів будуть рухатися губок та розтискати деталь «Стакан Д02212.7».

Зусилля для затискання деталі «Стакан Д02212.7» визначаємо за припущенням, що утримання деталі «Стакан Д02212.7» відбувається за рахунок сил тертя.

Зусилля для затискання деталі «Стакан Д02212.7» [7]:

$$F = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot g, [H] \quad (3.1)$$

де m – маса деталі «Стакан Д02212.7»;

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, що розраховується від максимального прискорення A , з яким наш робот переміщує деталі «Стакан Д02212.7», для пневматичних роботів:
 $A = g = 1 + A/g = 1 + 1 = 2$;

K_3 – коефіцієнт передачі, який розраховується від конструкції самого захвату:

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

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

μ – коефіцієнт тертя; приймаємо $\mu = 0,15$;

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

Тоді:

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 5,3 \cdot 9,81 = 362 \text{ (H)}.$$

Зусилля затискання для вибраної схеми:

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

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

$$P=0,035/0,09 \cdot 2 \cdot \sin(45^\circ) \cdot 362=199 \text{ (Н)}.$$

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 по газу в системі, приймаємо $P_v = 0,6$ МПа;

D – діаметр поршня;

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

приймаємо $F_{тр} = 19,9$ Н;

$F_{пр}$ – зусилля, створене пружиною (в кінці хвилі дорівнює 10% від зусилля, що розвивається), приймаємо $F_{пр} = 19,9$ Н.

$$D = \sqrt{\frac{4(P + F_{пр} + F_{тр})}{\pi \cdot p_v}} = \sqrt{\frac{4(199 + 19,9 + 19,9)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,0225 \text{ (м)} = 22,5 \text{ (мм)}.$$

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

Розрахуємо похибку розміщення заготовки деталі «Стакан Д02212.7».

Основними частинами установчих розмірних ланцюгів є: розміри заготовки деталі «Стакан Д02212.7», пристосування, які розраховано, відповідно, до загальних методик розмірного аналізу конструкції.

Розглянемо розміри, що з'являються при автоматизованому відпрацюванні програми промислового робота із заготовкою деталі «Стакан Д02212.7» на верстат 1П450ПФ40 (див. рис. 3.5):

B_Δ – відхилення осей для затискного пристрою верстату і заготовки;

B_1 – відхилення для осей заготовки та захватного пристрою;

B_2 – відхилення, що враховують основні необхідні переміщення;

B_3 – відхилення осі захвату від бази промислового робота;

B_4 – відхилення габаритної відстані між верстатом з ЧПК та роботом;

B_5 – відхилення для відстані від осі робота до основної бази верстата з ЧПК.

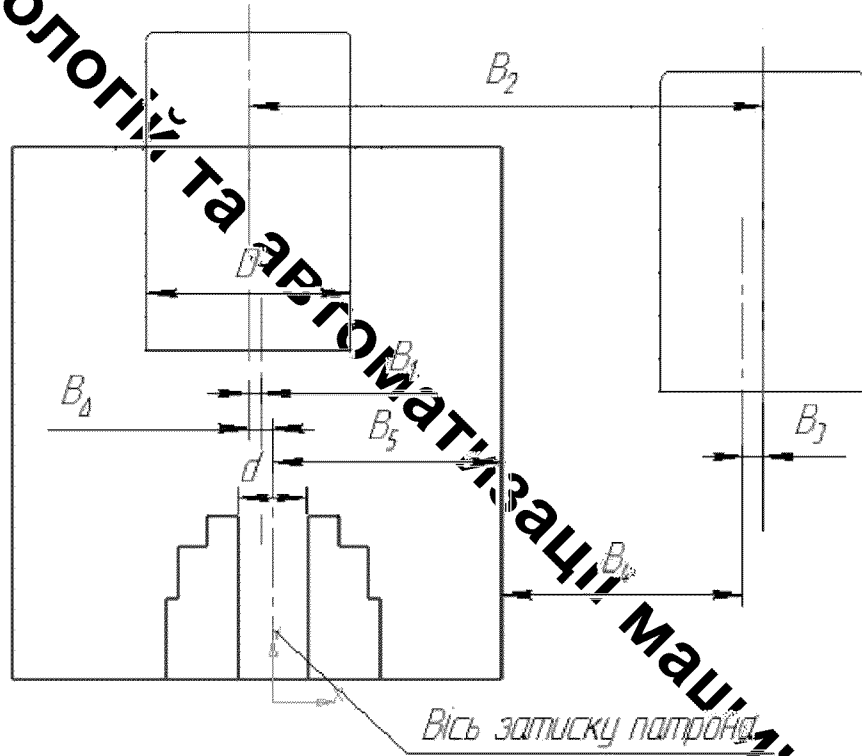


Рисунок 3.5 – Розрахунок похибки розміщення заготовки деталі «Стакан Д02212.7»

Встановлення заготовки деталі «Стакан Д02212.7» безпосередньо на призму в тому випадку, коли B_{Δ} не перевищує значення:

$$B_{\max} = \frac{d - D}{2K_3}, [\text{мм}] \quad (3.6)$$

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

d – діаметр розкриття кулачків патрона (120 мм);

D – діаметр поверхні базування деталі (85,6 мм).

$$B_{\max}=(120-85,6)/2/1,2=14,3 \text{ (мм)}.$$

В результаті приймаємо допуск на розмір для базування заготовки деталі «Стакан Д02212.7» $85,6^{+1,8}_{-1,0}$ мм, тоді розрахуємо інші параметри:

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

$$B_2 = 1400 \pm 1,55 \text{ (мм)};$$

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

$$B_4 = 60_{-0,72} \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 2,3_{-0,2,3} \text{ (мм)}$$

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

Оскільки $T_{\Delta} < B_{\max}$, то можна зробити висновок, що розрахована точність позиціонування заготовки деталі «Стакан Д02212.7» достатня для виконання необхідної операції.

3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота

Запишемо координати переміщення траєкторії руху вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розраховані елементи траєкторії переміщення захвату робота

Елемент Траєкторії	Найменування та напрямок руху	Величина переміщення, мм (град)
1	2	3
r0-1	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
	Затиск заготовки схватом промислового робота	-
r1-2	Переміщення руки промислового робота назад	100

Продовження таблиці 3.1.

	2	3
z2-3	Переміщення руки промислового робота вгору	100
φ3-4	Поворот корпусу за год. стрілкою	90
r5-6	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
z6-7	Переміщення руки промислового робота вниз	100
x7-8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату руки	-
x9-10	Переміщення корпусу промислового робота вправо	100
z10-11	Переміщення руки промислового робота вгору	100
z11-12	Переміщення руки промислового робота назад	100
	Вистій руки промислового робота	-
r12-13	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
z13-14	Переміщення руки промислового робота вниз	100
x14-15	Переміщення корпусу вліво	100
	Затиск схвату руки	-
x15-16	Переміщення корпусу вправо	100
z16-17	Переміщення руки промислового робота вгору	100
φ17-18	Поворот заготовки проти год. стрілкою	90
φ18-19	Поворот руки за год. стрілкою	90
φ19-20	Поворот корпусу проти год. стрілкою	90
r20-21	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
z21-22	Переміщення руки промислового робота вниз	100
x22-23	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату руки	-
x23-24	Переміщення корпусу вправо	100
z24-25	Переміщення руки промислового робота вгору	100
z25-26	Переміщення руки промислового робота назад	100
	Вистій руки робота	-
r26-27	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
z27-28	Переміщення руки промислового робота вниз	100

Продовження таблиці 3.1

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

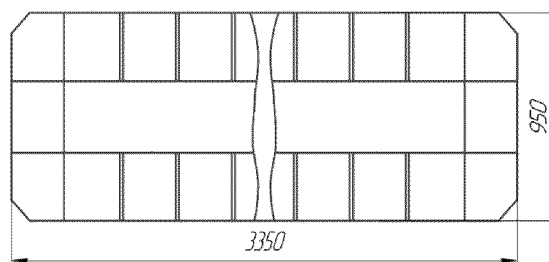
3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця

Розберемо функції допоміжного устаткування:

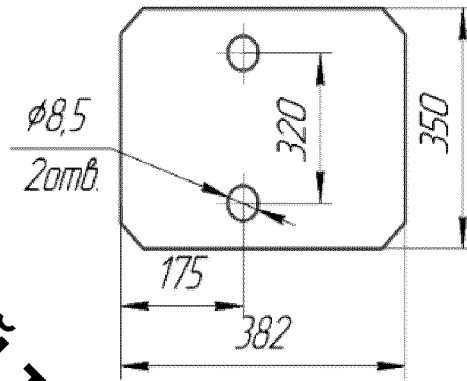
- основна функція накопичення;
- також функція транспортування та пошуківної видачі виробів;
- остання функція орієнтації та переорієнтації виробів.

Допоміжне устаткування робочого місця забезпечує щоб заготовка деталі «Стакан Д02212.7» під час руху ставала у відповідне положення щодо захватного механізму промислового робота. При цьому зона роботи допоміжного устаткування має перетинатися із робочою зоною для промислового робота моделі «Диклон 5.02».

Удосконалене робоче місце включає також спеціальний тактовий стіл. На робочу поверхню якого встановлять спеціальні призми для заготовок деталі «Стакан Д02212.7». Так як габаритні розміри заготовок деталі «Стакан Д02212.7» суттєво відрізняються, то ці опорні елементи будуть однакові. Схема тактового столу СТ 350 та розміри пластини подано на рисунку 3.6.



а)



б)

Рисунок 3.6 – Схема тактового столу СТ350 а) та розмірами елемента пластики б)

Реалізуємо кільцеву компоновку (див. рис. 3.7) устаткування розташованого для роботи промислового робота. Крім цього кільцева компоновка дозволить завантажувати і розвантажувати заготовки. Перевага такого обладнання полягає в наступному: забезпеченні скорочення на допоміжний час для закріплення і установку заготовки, що забезпечує зменшити штучно-калькульований час, і це призводить до підвищення продуктивності.

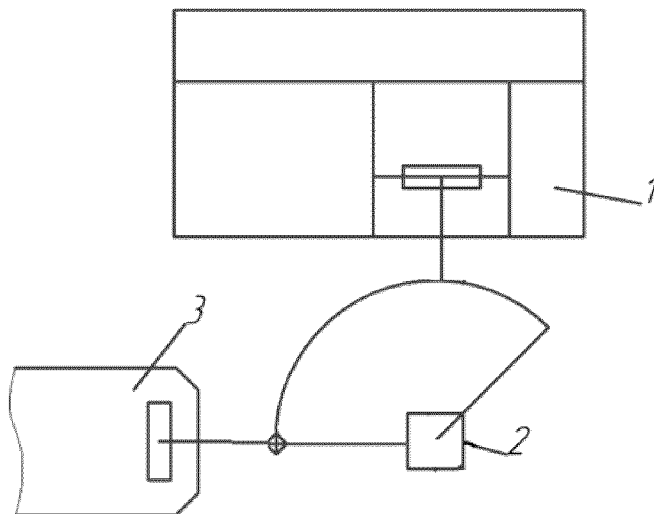


Рисунок 3.7 – Кільцева компоновка робочого місця з промисловим роботом

3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті

Розрахунок швидкості лінійних переміщень. При цьому визначаємо швидкість лінійних переміщень в діапазоні робочої зони руки нашого 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 позиціонування (5,87 мм);

M – маса заготовки деталі «Стакан Д02212.7» (5,3 кг).

В результаті швидкість лінійних переміщень із заготовкою деталі «Стакан Д02212.7» перед операцією:

$$V_r = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{5,3}} = 0,32 (\text{м/с}).$$

а також під час відведення завантаженої руки від накопичувача:

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{5,3}} = 0,03 (\text{м/с}).$$

Знайдемо швидкість переміщень по вертикалі. Для визначення швидкості цих переміщень 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 враховує залежність від конструкції приводу робота, для пневмоприводу $\alpha_z=3$;

L_z – довжина шляху при вертикальному переміщенні деталі «Стакан Д02212.7».

Швидкість вертикальних переміщень із заготовкою деталі «Стакан Д02212.7»:

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{5,3}} = 0,15 (\text{м/с}).$$

Знайдемо швидкість кутових переміщень. Кутова швидкість для повороту руки нашого робота моделі «Циклон 5.0» 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:

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

φ – кут повороту руки, град.

Врахуємо також, що для повороту станини з рукою робота необхідно повернути на кут 90° :

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

3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота

Циклограма удосконаленого робочого місця з роботою промислового робота моделі «Циклон 5.02» включає графічне відображення усіх послідовностей роботи під час мехобробки деталі «Стакан Д02212.7» та з врахуванням окремих його елементів і підсистем (див. рис. 3.8).

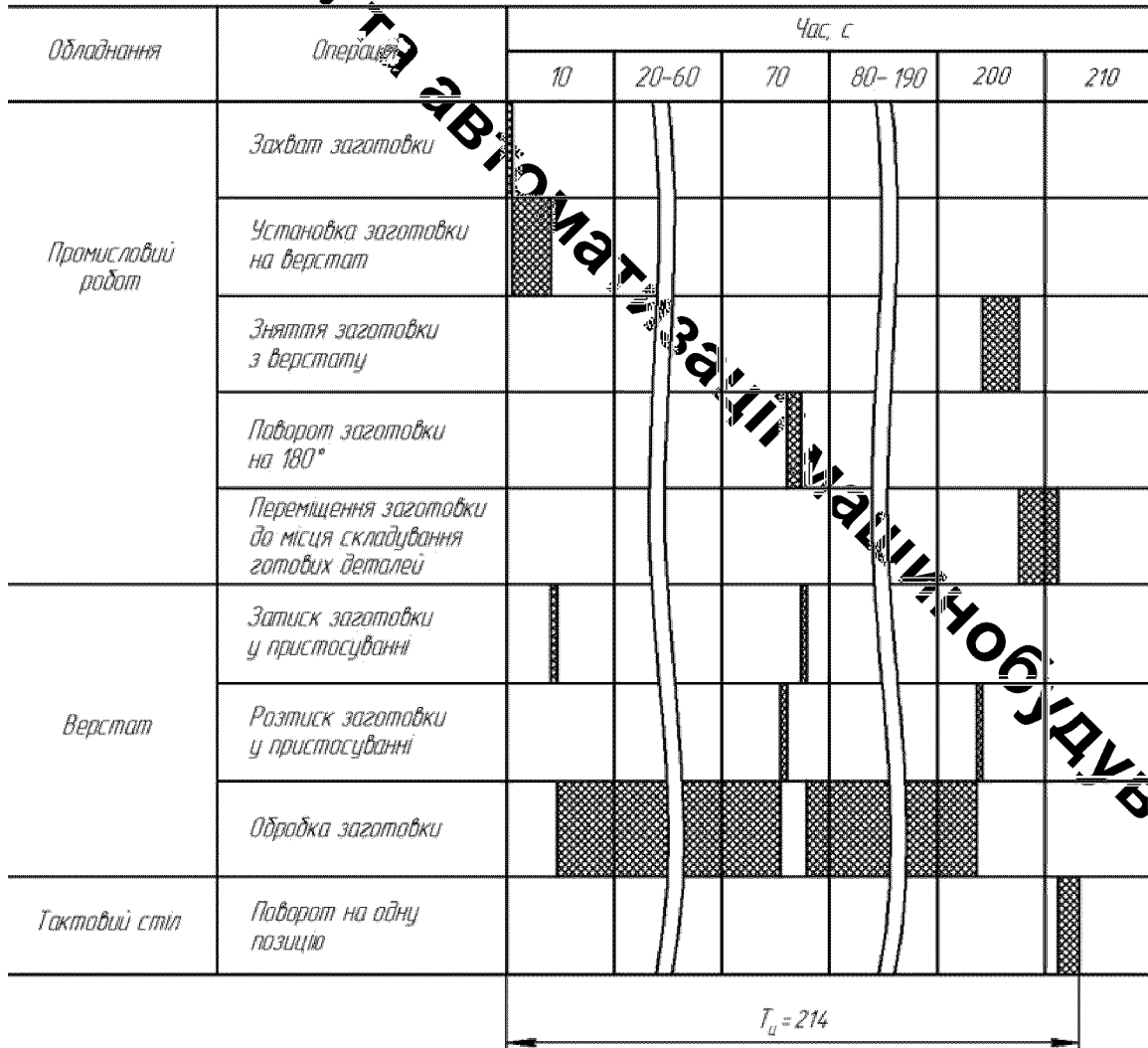


Рисунок 3.8 – Циклограма роботи промислового робота моделі «Циклон 5.02»

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

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	3	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	2	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2		3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	4
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» ($\overline{СБ}=34$), 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 «Стакан Д02212.7» складає 11,25, точність обробки поверхонь забезпечує точність позиціонування та виконання функціональних обов'язків;

- за рахунок удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан Д02212.7» забезпечується підвищення продуктивності випуску продукції та економія енергетичних ресурсів, що дозволяє покращити співвідношення ціна-якість;

- ринками збуту продукції можуть бути підприємства України, що займаються виготовлення обладнання для перетворення електричної енергії в механічну за допомогою конічно-циліндричних мотор-редукторів;

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

- оскільки загальний ресурс роботи конічно-циліндричного мотор-редуктора з деталлю «Стакан Д02212.7» 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_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

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

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн. У 2024 році величини окладів рекомендується брати до 15372 грн на 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	10	6987,2
Інженер-конструктор 1-ї категорії	11556	525,27	10	5252,7
Технік 1-ї категорії	8172	371,45	8	2971,6
Всього				15211,5

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:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \text{ [грн.]}, \quad (4.3)$$

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:

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

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 співвідношень 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.
Токарна з ЧПК 1	0,22	6	163,64	36,0
Токарна з ЧПК 2	0,07	5	139,09	9,74
Свердлильна з ЧПК	0,01	5	139,09	1,39
Обслуговування промислового робота	0,03	5	139,09	4,17
Слюсарна операція	0,7	3	110,45	77,32
Миюча операція	0,4		110,45	44,18
Всього				172,8

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}}(Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.5)$$

$$Z_{\text{дод}} = 0,11(15211,5 + 172,8) = 1692,3 \text{ (грн.)}.$$

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:

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

де Z_o — основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p — основна заробітна плата робітників, грн.;

Z_d — додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

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

$$З_n = (15211,5 + 172,8 + 1692,3) \cdot \frac{22}{100} = 3756,8 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,5)$ приймаємо 1,1;

B_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=44,4/126,2 мм	61	5,3	2,6	7,2	336,9
Всього:					336,9

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

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

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	11000	11000
Інші дрібні комплектуючі планетарного редуктора	20	600	13200
Всього			24200

Спецустаткування для наукових робіт. Проектування та удосконалення деталі конічно-циліндричного мотор-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.;

$C_{\text{пр.}i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані 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;

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

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 в цілому бути розраховані за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{Ц_б}{T_с} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12} \text{ [грн]}, \quad (4.10)$$

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

$t_{\text{вик}}$ – 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
Свердильний ЧПК з	200000	15	1	1111,1
Токарна з ЧПК 1	400000	15	1	2222,2
Токарна з ЧПК 2	400000	15	1	2222,2
Робот типу «Циклон 5.02»	45000	15	1	250
Інше обладнання	10000	5		166,7
Всього				7372,3

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 [7, 18]

$C_{розп}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ) для ПАТ «Вінницяобленерго», 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	330,3
Свердлильна з ЧПК	3	0,01	
Токарна з ЧПК 1	6,3	0,22	9,5
Токарна з ЧПК 2	6,3	0,07	3,0
Робот типу «Циклон 5.02»	1	0,22	1,5
Інше обладнання	2	10	137,6
Всього			482

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

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

$$B_{cs} = 0,22(15211,5 + 172,8) = 3384,5 \text{ (грн).}$$

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 достовірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Таких робіт не передбачено під 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:

$$I_{\text{в}} = \frac{H_{\text{ів}}}{100\%} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.14)$$

$$I_{\text{в}} = 0,5(15211,5 + 172,8) = 7692,2 \text{ (грн.)}.$$

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.

$$B_{\text{нзв}} = \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.15)$$

$$H_{изв} = 1,25(15211,5 + 172,8) = 19230,4 \text{ (грн)}.$$

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

$$B_{заг} = 15211,5 + 172,8 + 1692,3 + 3756,8 + 336,9 + 50600 + 26398,9 + 0 + 7372,5 + 482 + 3384,5 + 0 + 7692,2 + 19230,4 = 109930,6 \text{ (грн)}$$

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

$$ЗВ = 109930,6 / 0,9 = 122145 \text{ (грн)}.$$

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 «Стакан Д02212.7», то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів планованих редукторів із деталлю «Стакан Д02212.7», в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – (35 шт за 2025 рік, 25 шт за 2026 рік, 20 штук за 2027 рік та 15 шт за 2028 рік); кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 300 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 55000 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 2025 року ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою ймовірністю, 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:

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

де ΔC_o – покращення основного оцінюваного 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;

C_o – основний оцінюваний 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:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_1 &= (1000 \cdot 300 + 55000 \cdot 35) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 380089 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_2 &= (1000 \cdot 300 + 55000 \cdot (35 + 25)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 614975,4 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_3 &= (1000 \cdot 300 + 55000 \cdot (60 + 20)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 802884,6 \text{ (грн)}; \\ \Delta\Pi_4 &= (1000 \cdot 300 + 55000 \cdot (80 + 15)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 943816,4 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \text{ [грн]}, \quad (4.16)$$

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

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої 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:

$$ПП = \frac{380089}{(1+0,1)^2} + \frac{614975,4}{(1+0,1)^3} + \frac{802884,6}{(1+0,1)^4} + \frac{943816,4}{(1+0,1)^5} = 1910580 \text{ (грн)}.$$

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

$$PV = k_{inv} \cdot 3B \text{ [грн]}, \quad (4.17)$$

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.

$$PV = 2 \cdot 122145 = 244290 \text{ (грн)}.$$

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

$$E_{abc} = (ПП - PV) \text{ [грн]}, \quad (4.18)$$

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

$$E_{abc} = (1910580 - 244290) = 1666290 \text{ (грн)}.$$

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:

$$E_v = \sqrt[\tau_{диск}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (4.19)$$

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

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

$$E_v = \sqrt[5]{1 + \frac{1666290}{244290}} - 1 = 0,509 = 50,9\%$$

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:

$$\tau = d + f, \quad (4.20)$$

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

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

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

Оскільки $E_B = 50,9\% > \tau_{\text{мін}} = 23\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B} \text{ [років]}. \quad (4.21)$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{0,509} = 1,97 \text{ (років)}.$$

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

еніе. 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 $T_{ок}=1,97$ роки. Крім того відносна ефективність вкладень $E_v=50,9\%$ є більшою за мінімальну ставку дисконтування $\tau_{мін}=23\%$, що може зацікавити у фінансуванні даної наукової розробки. Приведена вартість прибутків становить $ПП=1910580$ грн.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Ефективне використання людських ресурсів є ключовим фактором для соціально-економічного розвитку будь-якого підприємства. Проблеми, пов'язані зі збереженням робочого потенціалу, профілактикою професійних захворювань і створенням безпечних умов на виробництві, набувають надзвичайної актуальності у сучасних умовах. Проте у практичній роботі часто спостерігається ігнорування принципів безпеки на роботі, що може призвести до травматизму та навіть загибелі працівників. У зв'язку з цим важливим стає питання про обов'язки та відповідальність роботодавця за забезпечення належних умов праці на підприємстві. Реальний рівень безпеки на виробництві визначається частотою та серйозністю небезпечних ситуацій, наявністю і тривалістю їхнього виникнення, кількістю працівників, які потрапляють під вплив несприятливих факторів, а також ефективністю застосованих заходів безпеки.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які мали вплив на працівника під час удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» такі: підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; недостатнє освітлення робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; відсутність чи нестача природного світла; фізичні перевантаження (статичні та динамічні); пряма та відображена блискіть; механізми, що рухаються; підйомно-транспортні обладнання; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування (приводні й передавальні механізми, різальний інструмент, що обертається тощо); підвищена температура поверхонь устаткування й оброблюваних матеріалів і нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, емоційні навантаження).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо безпечних умов праці під час виконання роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Під час механічної обробки заготовок деталей, таких як «Стакан Д02212.7», необхідно дотримуватися установлених режимів роботи, зазначених у технічних умовах для відповідного обладнання. Необхідно також регулярно проводити перевірки, технічне обслуговування та ремонт устаткування, щоб запобігти виникненню збоїв та відмов. Підвищений ступінь автоматизації металорізальних верстатів та їх ускладнення неминуче приводять до збільшення числа збоїв і відмов. Отже, необхідна більш ефективна система діагностики для автоматизованого обладнання та інструментів. Цю мету можна досягти за допомогою спеціальних датчиків та комп'ютерів, які забезпечують автоматичний постійний контроль за роботою устаткування. Більш того, верстати можуть бути обладнані пристроями, які автоматично вимикають устаткування у разі поломки різального інструменту, що забезпечує додатковий захист.

Крім цього, для забезпечення безперебійної роботи механізмів рекомендується ретельно контролювати стан інструменту та регулярно проводити його заміну або підтримку. Важливо також підвищити увагу до навчання персоналу з питань техніки безпеки та правильної експлуатації обладнання. Особлива увага повинна бути приділена плануванню профілактичних заходів і своєчасному реагуванню на будь-які виявлені проблеми у роботі устаткування.

Вимоги безпеки до технологічних процесів мають дотримуватися на всіх етапах, включаючи операції технічного контролю, переміщення та міжопераційне складування. Це передбачає ретельний моніторинг кожної фази виробництва, щоб запобігти можливим аваріям та забезпечити безпечні умови праці. Відповідні заходи безпеки повинні бути інтегровані в усі технологічні інструкції та процедури, щоб забезпечити їх дотримання всіма працівниками.

Електробезпека забезпечується шляхом реалізації таких заходів:

- розміщення апаратів ручного або дистанційного керування в зручних місцях, що дозволяє вмикати або вимикати електроустаткування під час перерв у роботі або в аварійних ситуаціях;

– захист електроприладів від самовмикання при раптовому відновленні електроживлення.

– встановлення захисного заземлення та організація захисного вимкнення механічних пристроїв і установок, які можуть випадково опинитися під напругою, а також прокладення зовнішньої проводки всередині труби, металевого рукава або гумового шланга.

Раціональне розміщення основного і допоміжного устаткування, а також правильна організація робочих місць мають важливе значення для забезпечення здорових та безпечних умов праці. Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи. Робоче місце, облаштоване згідно з вимогами стандартів, забезпечує зручне положення працівника. Виконання трудових операцій повинно здійснюватися в зонах моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності та досяжності) в залежності від необхідної точності та частоти дій.

Для забезпечення безпечного виконання роботи в механічному цеху необхідно впровадити низку технічних рішень, які охоплюють різні аспекти безпеки праці:

1. Організація робочих місць. Робочі місця повинні бути сплановані таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до обладнання та зменшити ризик травм. Зони з підвищеною небезпекою, такі як області навколо рухомих частин обладнання, повинні бути чітко позначені та огорожені.

2. Захист від механічних небезпек, зокрема встановлення захисних кожухів на рухомих частинах верстатів і механізмів для запобігання випадковим дотикам, використання пристроїв блокування, які зупиняють обладнання у випадку відкриття захисного кожуха або порушення цілісності огорожі, а також впровадження автоматичних систем вимкнення обладнання при виявленні небезпечних умов, таких як перевантаження або несправність.

3. Контроль за станом обладнання, який передбачає регулярні перевірки та обслуговування обладнання для виявлення та усунення потенційних несправностей, використання сучасних систем діагностики, що дозволяють виявляти несправності

на ранніх стадіях за допомогою спеціальних датчиків та комп'ютерних програм, а також проведення планово-попереджувальних ремонтів для забезпечення безперебійної та безпечної роботи обладнання.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Під час роботи на працівників впливають різні шкідливі фактори виробничого середовища. Завдання гігієни праці та виробничої санітарії полягає в усуненні або мінімізації їхнього впливу. Розглянемо робоче місце працівника під час удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7».

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність фізичних факторів, які впливають на теплообмін людини з навколишнім середовищем, визначаючи її самопочуття, працездатність, стан здоров'я та якість роботи працівників підприємства. Згідно вимог показники мікроклімату повинні забезпечувати збереження теплового балансу людини з навколишнім середовищем і підтримку оптимального або припустимого теплового стану організму. Показниками, що характеризують мікроклімат у виробничих приміщеннях, є: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового опромінення.

За енерговитратами робота працівника, належить до категорії «легка фізична». Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1 б наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	21-28	75	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,1

Вимірювання показників мікроклімату з метою контролю їх відповідності гігієнічним вимогам повинні проводитися в холодний період року у дні з температурою зовнішнього повітря, що відрізняється від середньої температури найбільш холодного місяця зими не більше ніж на 5°C, у теплий період року – у дні з температурою зовнішнього повітря, що відрізняється від середньої максимальної температури найбільш жаркого місяця не більше ніж на 5°C. Частота вимірів в обох періодах року визначається стабільністю виробничого процесу, функціонуванням технологічного й санітарно-технічного устаткування.

Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату в приміщенні використовуються централізована парова система опалення (для обігріву в холодний період року), система припливно-витяжної вентиляції та регулярне провітрювання.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Склад повітря в робочій зоні механічного цеху характеризується наявністю різних шкідливих речовин, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників. У повітрі можуть бути присутніми тверді та рідкі частки, а також гази і пари, що утворюють аерозолі та газоподібні суміші. Ці речовини мають негативний вплив на працівників. Так, металевий, абразивний, деревний та інші види пилу можуть викликати подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції, хронічні захворювання легень (наприклад, пневмоконіоз), оксиди азоту та сірки можуть подразнювати дихальні шляхи, викликати запальні процеси та посилювати захворювання дихальної системи, а деякі аерозолі можуть бути токсичними або канцерогенними. ГДК цих речовин наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Для мінімізації шкідливого впливу цих речовин необхідно забезпечувати ефективну систему вентиляції, застосовувати місцеві фільтри, регулярно провітрювати приміщення та контролювати концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Крім того, важливо забезпечити працівників засобами індивідуального захисту та проводити навчання з безпеки праці.

5.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення – це використання світлової енергії, що походить від сонця або штучних джерел світла, для створення оптимальних умов для зорового сприйняття навколишнього середовища. Ефективне освітлення впливає на психофізіологічний стан людини та забезпечує безпеку праці, підвищуючи її продуктивність. В цехах промислових підприємств належна увага до раціонального освітлення свідчить про високий рівень організації виробництва та культури праці. Недостатнє освітлення може призвести до втоми зорового апарату та підвищити ризик травматизму в процесі праці. Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2008 важливо застосовувати комбіновану систему освітлення, яка включає в себе як природне, так і штучне освітлення для забезпечення оптимальних умов праці в приміщенні. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.3.

Для покращення освітлення доцільними є:

1. Використання світлодіодних або енергоефективних ламп для покращення якості світла.
2. Впровадження систем автоматичного регулювання освітлення, які забезпечують оптимальну яскравість світла відповідно до потреб.
3. Проведення регулярного технічного обслуговування світильників та приладдя для підтримання їхньої ефективності.
4. Організація робочих місць з урахуванням оптимального розміщення світлових джерел для мінімізації відблисків та тіней.
5. Проведення періодичних перевірок освітлення для визначення відповідності його параметрів нормативам та потребам працівників.

Таблиця 5.3 - Норми освітленості в приміщенні

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

5.2.4 Виробничий шум

Шум є одним з найпоширеніших несприятливих факторів умов праці на виробництві. Під впливом інтенсивного шуму порушуються функції не тільки слухового аналізатора, але й центральної нервової, серцево-судинної й інших фізіологічних систем. Робота в умовах інтенсивного шуму призводить до зниження продуктивності праці, росту браку й збільшення ймовірності одержання виробничих травм. Найбільший шум створюється при роботі на великогабаритних токарних, револьверних, фрезерних, карусельних верстатах, особливо при обробці деталей із твердих сплавів. Основними джерелами шуму більшості металорізальних верстатів є приводи, електродвигуни й різальний інструмент у процесі роботи.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99.

Для зниження рівня шуму в виробничому приміщенні доцільними є такі заходи:

1. Використання звукопоглинальних матеріалів для поглинання звукових хвиль.
2. Використання звукоізоляційних коробів на обладнанні та верстатах для поглинання та розсіювання звукових хвиль.

3. Регулярне технічне обслуговування обладнання з метою запобігання виникненню джерел шуму.

4. Використання акустичних екранів або перегородок для відокремлення джерел шуму та його розподілу.

5. Проведення зонування робочих приміщень для розділення джерел шуму від робочих зон.

6. Впровадження програми оцінки та моніторингу рівня шуму для постійного контролю та управління цим параметром

Таблиця 2.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

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

5.2.5 Виробничі вібрації

На поточному рівні технологічного прогресу вирішення проблеми контролю вібрацій набуває значимості. Вібраційна хвороба стоїть на другому місці серед професійних захворювань, лише трохи поступаючись пневмоконіозам.

Для локальної вібрації встановлюються такі значення граничної та діючої експозиції:

- граничне значення (віброприскорення) добової експозиції, встановлене для 8-годинної робочої зміни, становить 5 м/с^2 ;
- значення (віброприскорення) діючої добової експозиції, встановлене для 8-годинної робочої зміни, становить $2,5 \text{ м/с}^2$.

Для загальної вібрації встановлюються такі значення граничної та діючої експозиції:

– граничне значення (віброприскорення) добової експозиції, встановлене для 8-годинної робочої зміни, становить $1,15 \text{ м/с}^2$, або величина дози вібрації становить 21 м/с-1,75 .

– значення (віброприскорення) діючої добової експозиції, встановлене для 8-годинної робочої зміни, становить $0,5 \text{ м/с}^2$, або величина дози вібрації становить $9,1 \text{ м/с-1,75}$.

Захист від вібрації починається насамперед з їхнього усунення. Досягається це в першу чергу вдосконалюванням кінематичних схем і поліпшенням роботи механізмів. Для окремих частин конструкцій застосовують пружну підвіску, амортизацію, ізолюють опори. Адміністрація підприємства, що експлуатує вібруючі інструменти й устаткування, повинна забезпечити дотримання діючих санітарних правил, а також наступних основних вимог: до експлуатації повинні допускатися тільки справні машини; при прийманні на роботу пов'язані із впливом вібрації, що надходять повинні пройти попередній медичний огляд, а також проходити періодичні медичні огляди не рідше 1 рази в рік; працівників необхідно забезпечити у встановленому порядку індивідуальними засобами захисту від вібрації.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

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 (години 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

Важливість забезпечення пожежної безпеки на підприємствах машинобудівної галузі надзвичайно велика. Враховуючи специфіку цього виду виробництва, де використовуються великі кількості матеріалів, що піддаються обробці та високим температурам, ризик пожежі значно збільшується. Забезпечення ефективної системи пожежної безпеки на машинобудівних підприємствах є не лише обов'язковим з точки зору дотримання законодавства, але й є важливою складовою для збереження життя та майна працівників, а також для збереження продуктивності та неперервності виробничого процесу.

Механічні, слюсарні, електричні майстерні відносяться до об'єктів з підвищеною пожежонебезпекою в силу своїх специфічних особливостей: умов виконання робіт, наявності спеціальних технологій, насиченості приміщення агрегатами та машинами підвищеної небезпеки. Усі працівники майстерень під час прийняття на роботу і у процесі праці повинні проходити протипожежні інструктажі та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Виробничі приміщення слід завжди утримувати впорядкованими і в чистоті. Електрощити, групові електрощитки повинні бути оснащені схематичним підключенням споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки). Встановлення на горючі основи (конструкції) електророзеток, вимикачів, перемикачів та інших подібних апаратів допускається тільки з підкладанням під них суцільного негорючого матеріалу, що виступає за габарити апарата не менш ніж на 0,01 м. Зберігати горючі матеріали слід не ближче: 0,5 м – до електросвітильників; 0,6 м – до сповіщувачів автоматичної пожежної сигналізації; 0,2 м – до горючих будівельних конструкцій; 0,15 м – до приладів центрального водяного опалення.

Евакуаційні виходи та проходи мають утримуватися завжди вільними й нічим не зашарашуватися. Для забезпечення пожежної безпеки у приміщеннях необхідно вчасно забирати матеріали, здатні до samozапалювання (промаслені ганчірки тощо). Обтиральний матеріал повинен зберігатися в металевих шухлядах з кришками, що

міцно закриваються. Засоби протипожежного захисту слід утримувати у справному стані.

Відповідальний за пожежну безпеку в приміщенні після закінчення роботи зобов'язаний:

- ретельно оглянути приміщення майстерні, переконатись у відсутності порушень, що можуть призвести до виникнення пожежі;

- вимкнути освітлення, знеструмити станки, агрегати та інше устаткування (за винятком електрообладнання, яке за вимогами технології повинно працювати цілодобово).

Працівникам забороняється:

- працювати на неробочому обладнанні та несправним інструментом, а також на обладнанні, яке не пройшло профілактичного ремонту;

- працювати на станках, агрегатах тощо, не закріплених за працівниками та дозволяти стороннім особам працювати на обладнанні без письмового дозволу керівника робіт;

- користуватися саморобними запобіжниками, використовувати обладнання не за призначенням;

- самовільно змінювати розташування обладнання та проводити підключення до інших джерел живлення;

- користуватися електро побутовими та нагрівальними приладами;

- зберігати легкозаймисті (ЛЗР) та інші горючі рідини (ГР) й матеріали;

- використовувати протипожежний інвентар і устаткування для господарських, виробничих та інших потреб, не пов'язаних із пожежогасінням.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Стакан Д02212.7» шляхом покращення продуктивності виготовлення продукції за рахунок використання розробленого пристосування та удосконаленого робочого місця.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкції деталі «Стакан Д02212.7» та її службове призначення. Не виявлено шляхів вдосконалення конструкції деталі «Стакан Д02212.7», а коефіцієнт запасу міцності становить 11,25. В результаті закріплено тип виробництва – дрібносерійний 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 «Стакан Д02212.7». Досліджено силові характеристики затискного пристрою і підібрано максимально продуктивні режими різання із забезпеченням його ефективної роботи. Розраховано ріжучий інструмент для обробки восьми отворів $\varnothing 11$ мм та контрольно-вимірювальний інструмент – калібр-пробку для перевірки $\varnothing 50H9$ мм.

В третьому розділі запропоновано удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7» 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 30 секунд, що складає 15% штучно-калькуляційного часу, та замінити робітника 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 1910,58 тисяч грн з терміном окупності за 1,97 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.

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

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 Синтех 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. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Буткалюк, А. М. Гуцалюк, Б. В. Василюк, О. В. Піонткевич // Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ,

Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.

11. SolidWorks 2022 Step-By-Step Guide: Part, Assembly, Drawings, Sheet Metal, & Surfacing, 6th Edition / Amit Bhatt, Mark Wiley. India : CADFolks, 2022. 438 p.

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

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

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

15. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/promarket/>

16. Тарифи на електроенергію для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/>

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

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

19. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

21. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23. Правила улаштування електроустановок URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

24. Наказ МОЗ України № 285 від 13.02.2023 «Про затвердження Граничних та робочих рівнів виробничої вібрації та Порядку проведення оцінки рівня небезпеки впливу вібрації на працівника» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0535-23#Text>

25. НПАОП 29.2-1.01-58 Загальні правила техніки безпеки та виробничої санітарії для підприємств і організацій машинобудування

26. НПАОП 0.00-1.42-83. Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів.

27. НПАОП 28.52-1.31-13 Правил охорони праці під час зварювання металів

28. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека Загальні положення Київ ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87

29. 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.

30. 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>.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Стакан Д02212.7»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звітності подібності Unichesk

Оригінальність 95,5 схожість 4,5

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Сердюк О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис)

Медведєв Р.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Піонткевич О.В.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

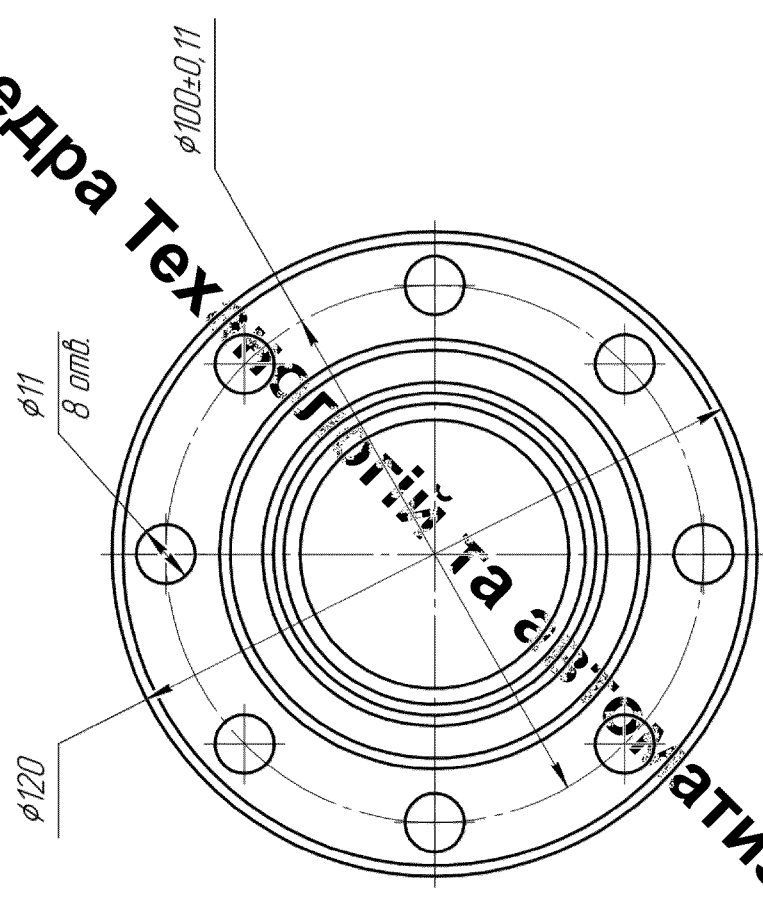
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «СТАКАН Д02212.7»

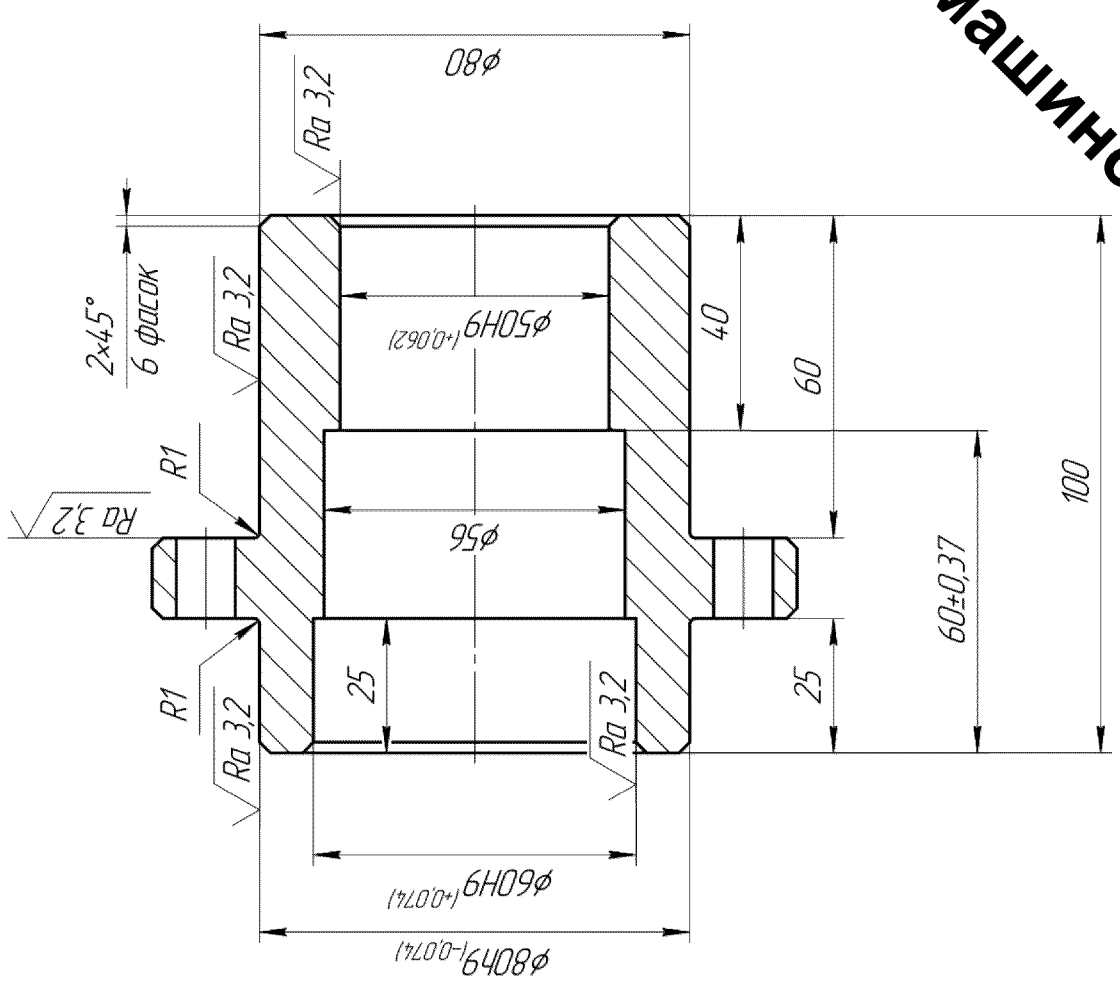
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Тех

08-64.МКР.008.00.001



1. Твердість 180 НВ
2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$



08-64.МКР.008.00.001		Лист		Масса		Масштаб	
Стакан Д02212.7		2,7		1:1			
Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		Лист		Листов		1	
		ВНТУ, ст. зр. 11М-22м3					

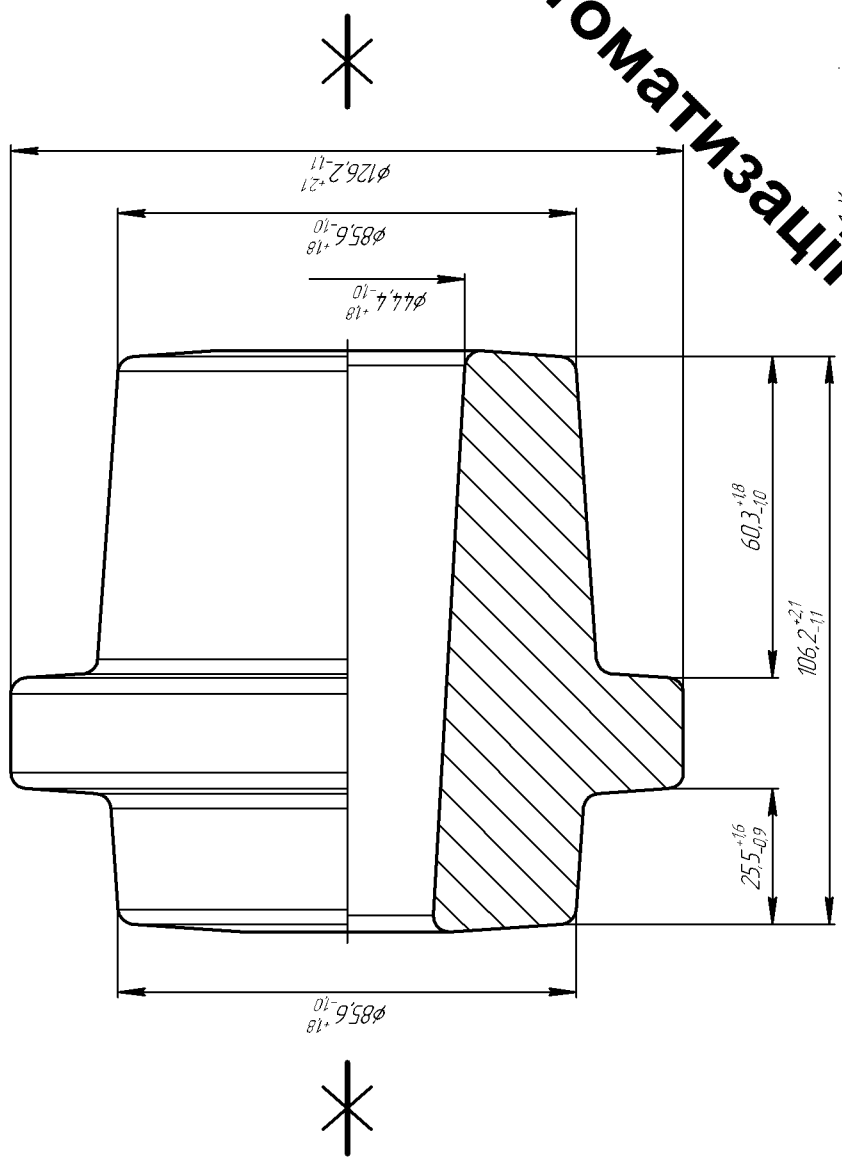
Имя/Имя	№ докум.	Дата	Имя/Имя	№ докум.	Дата
Разработ.	Мейсдед	06.06	Сердлюк	12.06	
Проб.	Понтькевич	06.06	Козлов	16.06	
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					

Имя, № подл.	Подп. и дата	Взам. унб. №	Имя, № подл.	Подп. и дата	Спроб. №	Имя, № подл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	--------------	--------------

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-64.МКР.008.00.002

$\sqrt{Rz\ 4.00}$



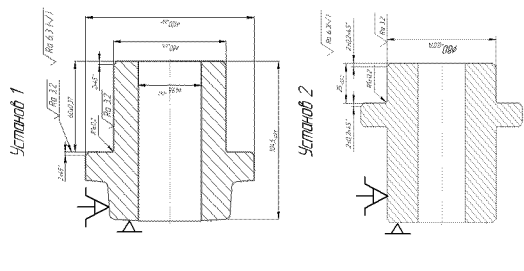
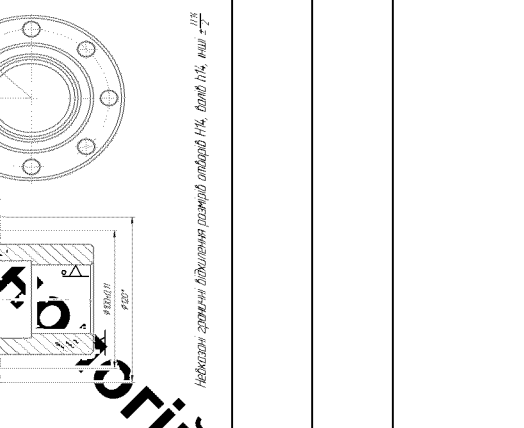
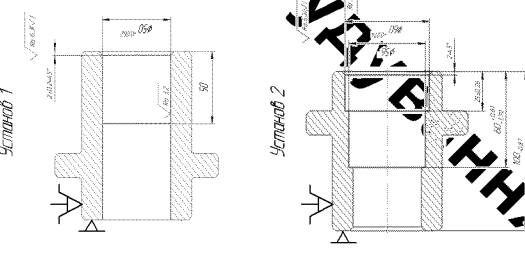
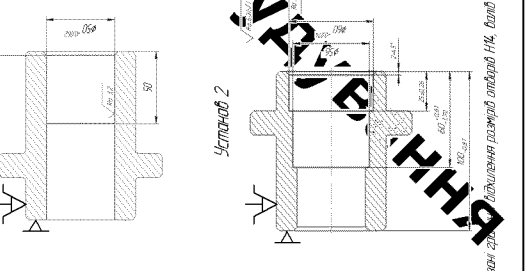
1. Клас точності штамповки Т4, група сталі М2, ступінь складності С2.
2. Не вказані штампувальні нахили 4° , радіуси 3мм .
3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампла 0.8мм .
4. Не вказані допуски радіусів заокруглень 0.5мм .
5. Допустиме відхилення від площинності 0.5мм .
6. Допустимі відхилення штампувальних нахилів 30° .

08-64.МКР.008.00.002		Лист		Масса		Масштаб	
Стакан Д02212.7		Н		53		1:1	
(заготовка)		Лист		Листов		1	
		ВНТУ		СТ. 2Д. 1ПМ-22МЗ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Исполн.	Провер.	Т.контр.
		Медведев		06.06			
		Понткевич		06.06			
Исполн.	Сердюк	Учтб.	Козлов	13.06			
				16.06			

Имб. № подл.	Лист в дата	Взам. учб. №	Имб. № учб. №	Подп. и дата	Спроб. №	Лист. пружен.
--------------	-------------	--------------	---------------	--------------	----------	---------------

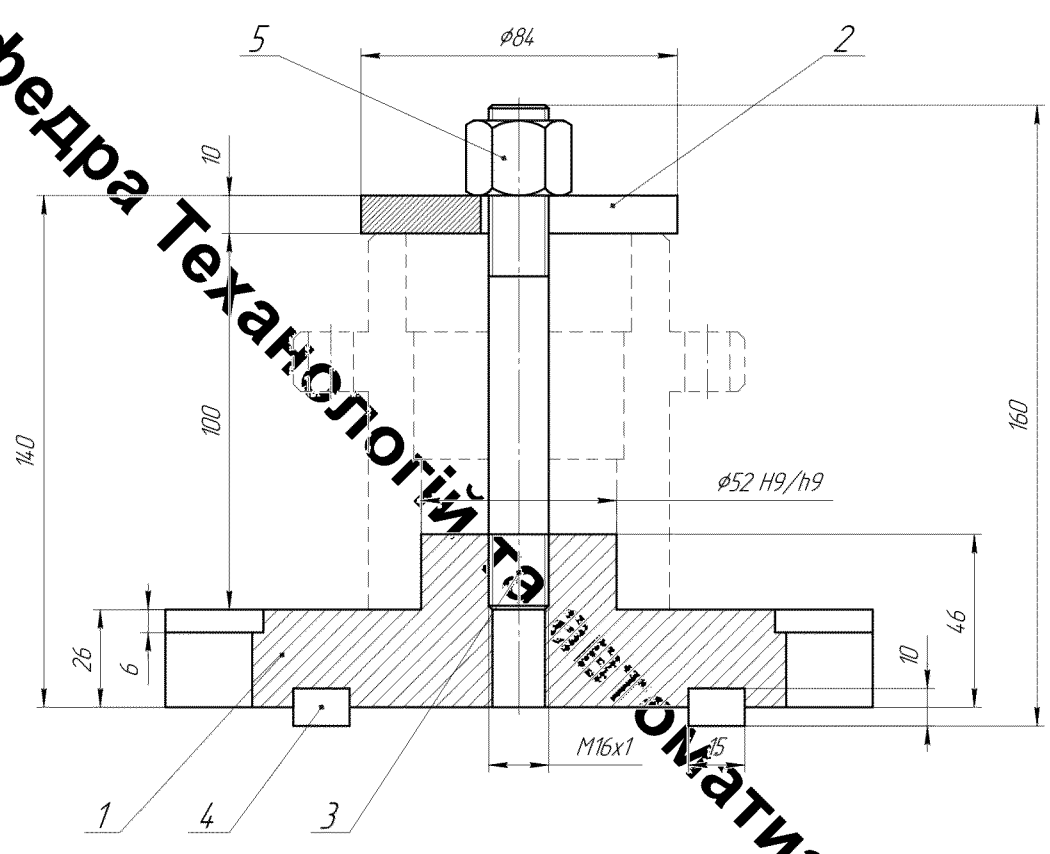
Маршрут механічної обробки

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудівництва

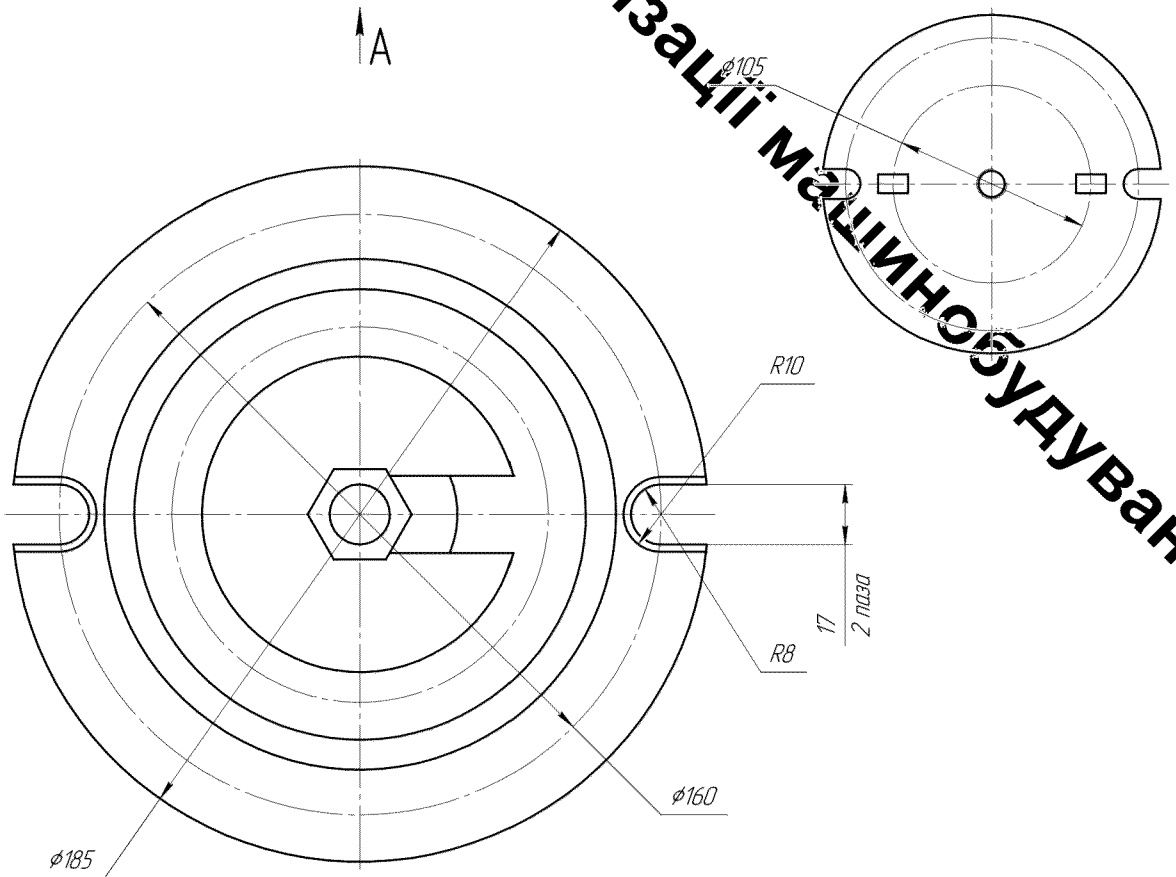
№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки
005	Кільоння		025	Свердління з ЧПК	Свердління з ЧПК
010	Терміння	Нормалізація			
015	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити заготовку. Підрізати торець 80/45 однократно. Точити зуб. циліндр. поверхні $\phi 80$ мм з утворенням торця 120/80 однократно. Точити зуб. циліндр. поверхню $\phi 120$ мм однократно. Точити 2-ві фаски $2 \times 45^\circ$. Розточити внут. циліндр. поверхню $\phi 45$ мм однократно. Перестандити деталь. Підрізати торець 80/45 однократно. Точити зуб. циліндр. поверхню $\phi 80$ мм з утворенням торця 120/80 попередньо. Точити зуб. циліндр. поверхню $\phi 80$ мм з утворенням торця 120/80 остаточно. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Зняти заготовку. 	 <p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p> <p>Неказані розміри відлічені газетой отборот НН, діаметр НН, шліф ± 0.01</p>	<p>Свердління з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити заготовку. Центрувати 8 отв. $\phi 3,15$ мм Свердлити 8 отв. $\phi 11$ мм Зняти заготовку. 	 <p>Неказані розміри відлічені газетой отборот НН, діаметр НН, шліф ± 0.01</p>	
020	Токарна з ЧПК	 <p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p> <p>Неказані розміри відлічені газетой отборот НН, діаметр НН, шліф ± 0.01</p>	030	Прочити деталь	
025	Токарна з ЧПК	 <p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p> <p>Неказані розміри відлічені газетой отборот НН, діаметр НН, шліф ± 0.01</p>	035	Технічний контроль	

Кафедра Технологій

08-64.МКР.008.01.000 СК



A (1:2)



Технічні вимоги

- * Розміри для довідок
- Непаралельність взаємного розташування дет. поз. 1 відносно дет. поз. 2 не більше 0,2 мм.
- Невказані граничні відхилення для валів h14, отворів H14 та інші $\pm IT14/2$

Технічні характеристики

- Сила закріплення заготовки в пристосуванні 6557 Н.
- Мінімальна довжина згвинчуваної частини шпильни 10 мм.

08-64.МКР.008.01.000 СК

Изм	Лист	Складом	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разработ	Медведев			06.06	7		1:1
Проект	Плешкевич			06.06			
Контр.					Листов		1
Начинт.	Сердюк			13.06	ВНУ		
Утв.	Козлов			16.06	ст. гр. 11М-22нз		
					Формат А2		

Копировал

Формат А2

Лист 1 из 1
Склад 100
Всего листов 1
Листов 1

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			08-64.МКР.008.01.000 СК.	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	08-64.МКР.008.01.001	Фланець	1	
		2	08-64.МКР.008.01.002	Шайба швидкоз'ємна	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		3		Шпилька М16х140 ГОСТ 15591-70	1	
		4		Шпонка 15х10 ГОСТ 2591-88	2	
		5		Гайка М16 ГОСТ 6958-78	1	

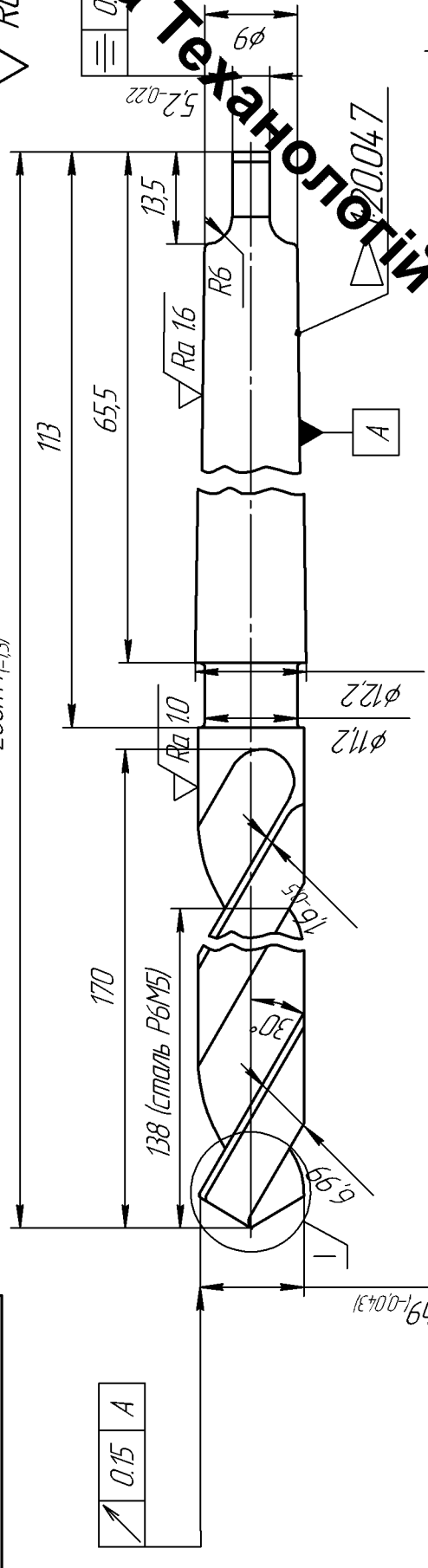
08-64.МКР.008.01.000

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів
Виконав		Медведев		06.06			
Перев.		Піонткевич		06.06	ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-22мз		
Н.контр.		Сердюк		13.06			
Затв.		Козлов		16.06			

Пристрій для свердління
отворів $\phi 11$ мм

08-64.МКР.008.02.000

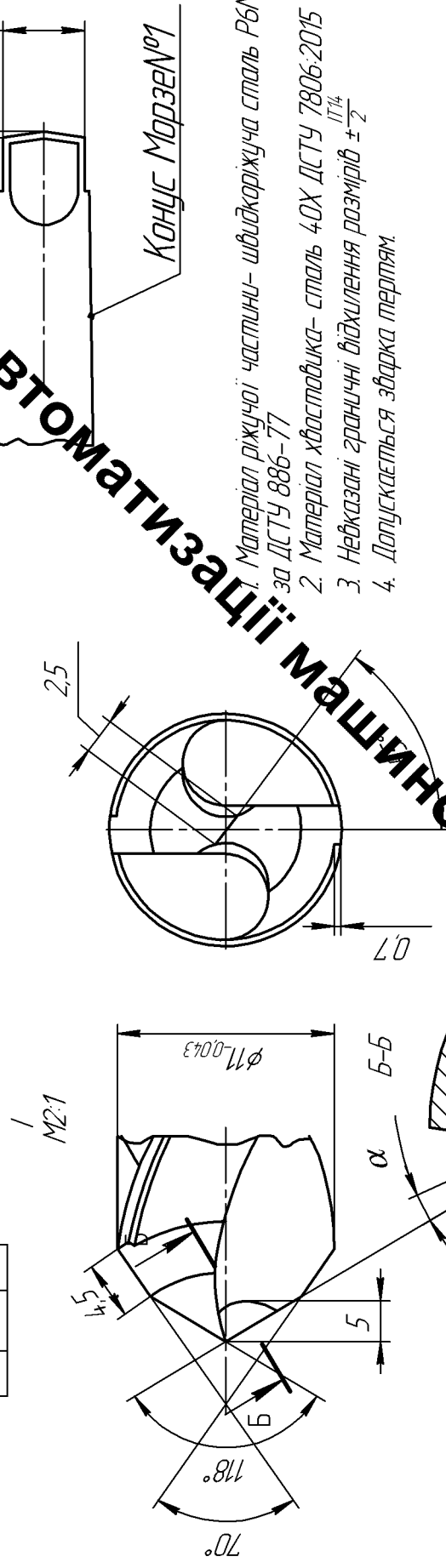
280h14(-13)



\nearrow	0.15	A
------------	------	---

\equiv	0.3	A
----------	-----	---

$\phi 11.9_{-0.043}^{+0.000}$



КОНЦС МОРЗЕН №1

1. Матеріал ріжучої частини – швидкоріжуча сталь Р6М5 за ДСТУ 886-77
2. Матеріал хвостовика – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 ІІІІ
3. Невказані граничні відхилення розмірів ± 2
4. Допускається зварка тертям.

08-64.МКР.008.02.000		Лист	Масса	Масштаб
Спіральне свердло $\phi 11$ мм		Н	0.4	1:1
		Лист	Листов	
		ВНТУ, ст. зр. ПМ-22МЗ		

Изм./Лист	№ докум.	Дата	Исполн.	Провер.
		06.06		
Разработ.	Методичес.	06.06		
Проб.	Политехнич.			
Т. Констр.				
Начальн. Упр.	Сердюк	13.06		
	Козлов	16.06		

08-64.МКР.008.03.000

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

Рифлення сітчасте Т1
ГОСТ 21474-75

п. 2

1. Термообробка до 58...64 НRСe.
2. Маркувати 50Н9($^{+0,074}_0$).
3. Невказані граничні відхилення $\pm \frac{IT14}{2}$.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Перв. примен.

Стр. №

Подп. и дата

Инв. № д/д

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Медведев		06.06
Пров.		Плюнткевич		06.06
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк		13.06
Утв.		Козлов		16.06

08-64.МКР.008.03.000

Калибр-пробка
50 Н9

Сталь 20Х ГОСТ 4543-71

Лит.	Масса	Масштаб
Н	1	1:1
Лист	Листов	1

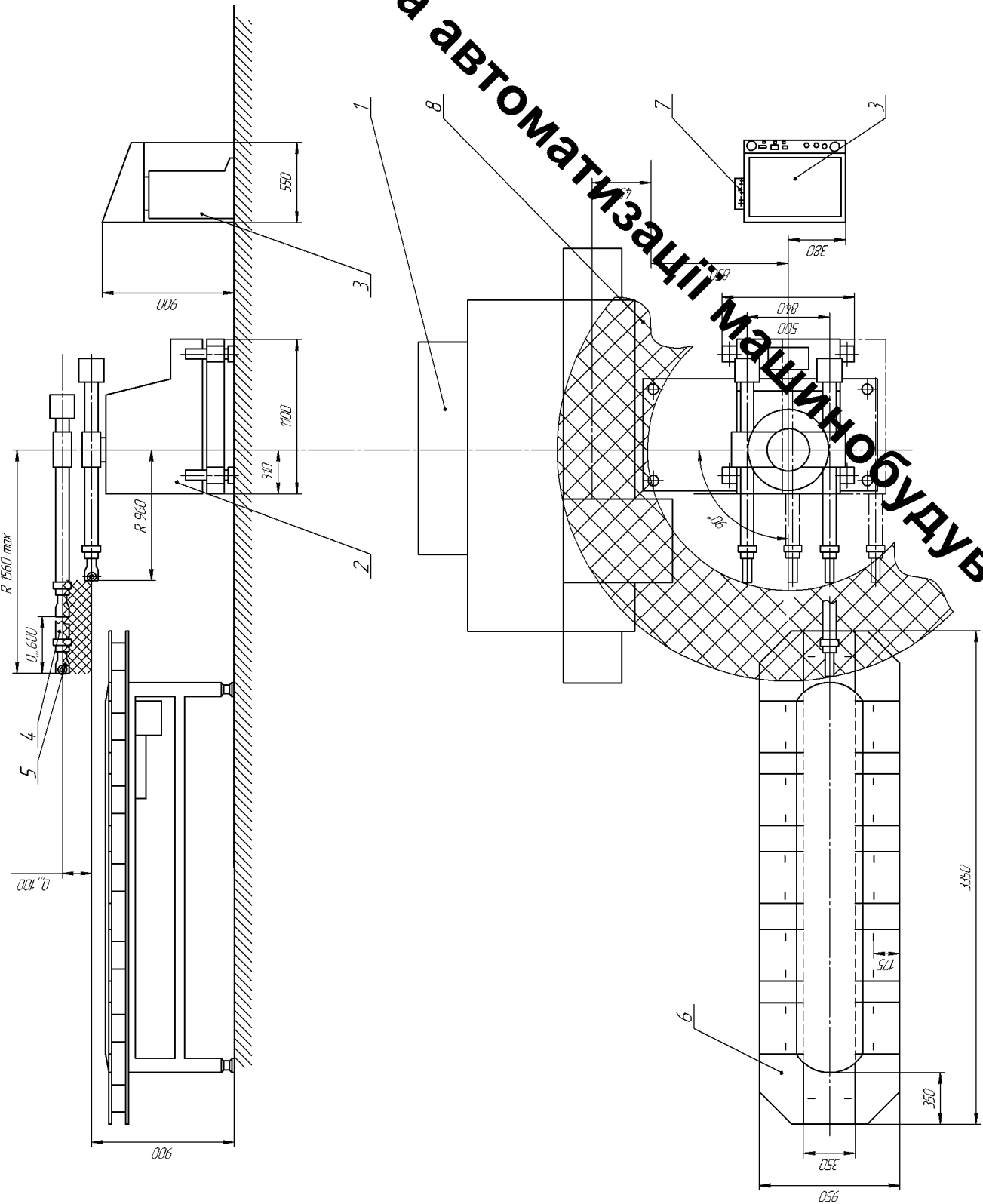
ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-22МЗ

Копировал

Формат А4

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

Комп'ютерна удосконалена робоче місце на операцію О15



- 1 Верстат моделі ПЛ420ПФ40
- 2 Работний моделі Циклон 502 (Модернізований)
- 3 Пристрій керування
- 4 Виконавчий орган
- 5 Задатковий пристрій
- 6 Тактовий стіл СТ 350
- 7 Пульт
- 8 Робоча зона робота

Групи характеристик ПР

- Вантажопідйомність - 5,3 кг;
- Число ступінчатих швидкостей - 5 або 7;
- Число дук - 2;
- Число задаткових пристроїв на одній річці - 1;
- Прилад основних дуків - гнєдматичний;
- Система керування - циклода;
- Число програмованих координат - 6;
- Похибка позиціонування - ±0,1 мм;
- Надлишковий шлях дуків - 1560 мм;
- Швидкість переміщення мм/швидкість м/с:
- $v = 600/15$;
- $z = 100/0,15$;
- $x = 400/0,32$;
- Кутлоб переміщення ° / кутлоб швидкість °/с;
- $\alpha = 180/120$;
- $\varphi = 180/180$.

Характеристика робочого місця

- 1 Циклода продуктивність, ВЦ
- 2 Коєфіцієнт відносного забавталоження, Кз 0,93
- 3 Режим роботи ПР легкий