

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (випадок))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»»**

08-64.МКР.020.00.000 ПЗ

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Солецький О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Піонткевич О.В.

(прізвище та ініціали)

« 07 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Романюк С.О.

(прізвище та ініціали)

« 14 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

Л.Г. Козлов


(прізвище та ініціали)

«15» грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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)







«16» жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Солецький Олексій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей»»
керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТАМ Піонткевич О.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: робоче креслення деталі «Вал коробки швидкостей», прототип маршруту механічної обробки заготовки деталі, креслення заготовки та програма випуску 3500 шт. режими різання на операції.
4. Зміст текстової частини: аналіз початкових умов, конструкції та службового призначення деталі; розробка пристосування для механізації процесу закріплення деталі на шпонково-фрезерну операцію; розрахунок ріжучого інструменту на шпонково-фрезерну операцію; розрахунок контрольно-вимірювального інструменту; удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей»; економічне обґрунтування розробки; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення конструкції деталі «Вал коробки швидкостей», плакат маршруту механічної обробки, креслення шпонкової фрези та калібр-скоби, плакат удосконаленого робочого місця, креслення карти налагодження шпонково-фрезерну операцію та креслення пристосування для неї.

6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Основа частина	к.т.н., доц. Піонткевич О. В.	 16.10.2023	 07.12.23
Економічна частина	к.т.н., проф. Лесько О.І.	 16.10.23	 07.12.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 16.10.23	 07.12.23

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	20.10.2023	Вик.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	25.10.2023	Вик.
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	26.10.2023	Вик.
4	Розв'язання поставлених задач	13.11.2023	Вик.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	20.11.2023	Вик.
6	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	27.11.2023	Вик.
7	Виконання розділу «Економічна частина»	04.12.2023	Вик.
8	Перевірка роботи на плагіат	06.12.2023	Вик.
9	Попередній захист МКР	07.12.2023	Вик.
10	Нормоконтроль МКР	13.12.2023	Вик.
11	Рецензування МКР	14.12.2023	Вик.
12	Захист МКР	19.12.2023	Вик.

Студент


(підпис)

О.А. Солецький

Керівник роботи


(підпис)

О.В. Піонткевич

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Солецький О. А. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей»: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 151 «Прикладна механіка» / О. А. Солецький. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2023. 101 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 26; табл. 17.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз деталі «Вал коробки швидкостей»; спроектовано пристосування для обробки пазу 6N9; забезпечено максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізовано їх вплив на конструкцію пристрою; розрахований ріжучий та контрольньо-вимірювальний інструмент; удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей».

Отримала подальший розвиток методика визначення залежності величини зусилля затиску від параметрів режимів різання на циліндрово-фрезерній 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: вал коробки швидкостей, робоче місце механічної обробки, пристосування

ABSTRACT

Soletskyi O. A. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Gearbox shaft" type part: master's qualification work for the competition of the educational qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / O. A. Soletskyi. – Vinnitsa National Technical University. – Vinnitsa, 2023. 101 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 26; table 17.

The aim of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the "Gearbox shaft" type workpiece to improve the productivity of production.

To achieve the goal, an analysis of the "Gearbox Shaft" part was performed; designed a device for processing the 6N9 groove; the maximum productivity of workpiece processing by cutting modes is ensured and their influence on the design of the device is analyzed; calculated cutting and control-measuring tool; the workplace of mechanical processing of the workpiece of the type "Gearbox Shaft" has been improved.

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

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

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

Key words: gearbox shaft, machining workplace, device

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ» ТА ЇЇ АНАЛІЗ	7
1.1 Службове призначення деталі «Вал коробки швидкостей».....	7
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Вал коробки швидкостей»....	9
1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Вал коробки швидкостей»....	12
1.4 Обґрунтування та способи повернення режимів різання і норми часу.....	15
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»	18
2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	18
2.2 Визначення похибки базування.....	19
2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення	22
2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів.....	24
2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою.....	26
2.6 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність.....	27
2.7 Опис дії верстатного пристосування.....	29
2.8 Розрахунок ріжучого та контрольованого вимірювального інструменту.....	31
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»	37
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця.....	37
3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця.....	39
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 Оцінювання важливості та наукової значимості науково- дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру.....	66
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	67
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ УДОСКОНАЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»	73
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	74
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої аварії	76
5.2.1 Мікроклімат	76
5.2.2 Склад повітря робочої зони	76
5.2.3 Виробниче освітлення	77
5.2.4 Виробничий шум	78
5.2.5 Виробничі випромінювання	79
5.3 Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуацій	81
5.3.1 Дія радіації на живі організми.....	81
5.3.2 Визначення доцільного часу завершення евакуації населення з зараженої внаслідок аварії на АЕС місцевості автотранспортом.....	81
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
ДОДАТКИ.....	89
ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	90
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	91

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Технологічні процеси виготовлення деталей машинобудівного виробництва закладаються на основі наявного обладнання на підприємстві. Недосвідченість технологічного інженерного складу призводить до суттєвих і систематичних помилок. Помилки під час укладання технологічної документації можуть призвести до зниження продуктивності, браку продукції і навіть аварійних ситуацій на виробництві. Саме тому варто проводити підвищення кваліфікації технологічного інженерного складу, розбирати нові способи удосконалення технологічних процесів та проводити дослідження в цій сфері.

Технологічний процес механічної обробки деталі «Вал коробки швидкостей» також потребує удосконалення. Суттєвим недоліком може бути відсутність механізованого пристосування чи автоматизованого робочого місця для покращення продуктивності випуску продукції. Тому задача удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» є актуальною.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» для покращення продуктивності виготовлення продукції.

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

- провести аналіз деталі «Вал коробки швидкостей»;
- спроектувати пристосування для обробки пазу 6N9;
- забезпечити максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання та проаналізувати вплив на конструкцію пристосування;
- розрахувати ріжучий та контрольно вимірювальний інструмент;
- удосконалити робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей».

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

Предмет дослідження – обладнання для удосконалення технологічного процесу.

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

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика визначення залежності величини зусилля затиску від параметрів режимів різання на шпонково-фрезерній операції механічної обробки, що дозволило обрати найбільш продуктивний метод обробки деталі з раціональними конструктивними розмірами пристосування для закріплення заготовки.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено пристосування для обробки шпонкового пазу 6N9.

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

Удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» шляхом встановлення промислового верстата «Циклон 5.02».

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

Публікації: Підбір шпинделя для фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / О. А. Солецький, К. О. Воловий, П. А. Кузьменко [та ін.] // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-30 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17390>.

РОЗДІЛ 1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ» ТА ЇЇ АНАЛІЗ

1.1 Службове призначення деталі «Вал коробки швидкостей»

Токарно-револьверний верстат 1Г340 призначений для серійного виконання різних робіт таких як: точіння поверхонь, розточка отворів, зенкерування, розвертання, відрізання і відрізання торців, точіння канавок, нарізання різьби мечиком та плашкою. Фотографія токарно-револьверного верстата 1Г340 показано на рис. 1.1., а його кінематична схема – на рис. 1.2.

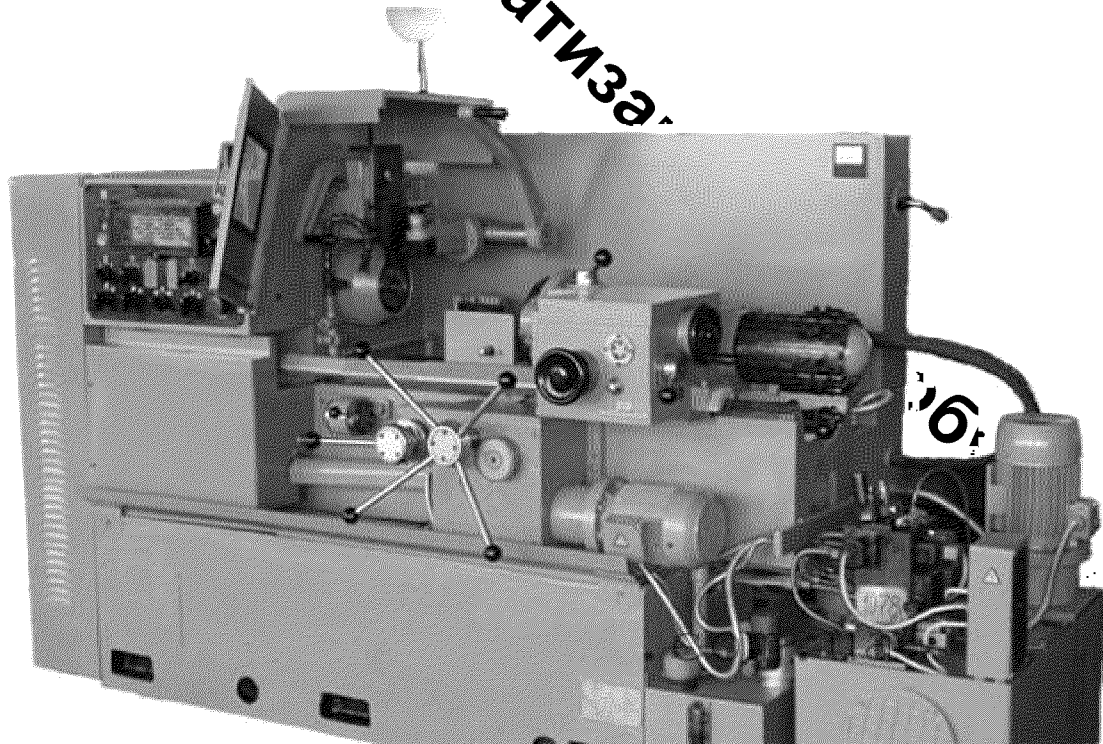


Рисунок 1.1 – Фото токарно-револьверного верстата 1Г340

Поперечна обробка заготовок деталей виконується за допомогою кругової подачі револьверної головки верстату. На верстатах 1Г340 можуть виконувати обробку конусів при оснащенні його додатковим пристроєм. Верстати моделі 1Г340 бувають двох комплектацій: для обробки шестигранників (з найбільшим розміром S

32 мм), і алюмінієвих прутків діаметром до 95 мм. Під час обробки в трикутчастих патронах одиничних деталей діаметром до 200 мм.

Панель керування пульта призначена для автоматичного переключення частоти обертання шпинделя та подачі супорта при зміні позиціонування револьверної головки, що значно підвищує продуктивність. Застосування змінних револьверних головок покращує швидке переналагодження верстата 1Г340. Затискання та подача прутків здійснюється спеціальним гідравлічним механізмом.

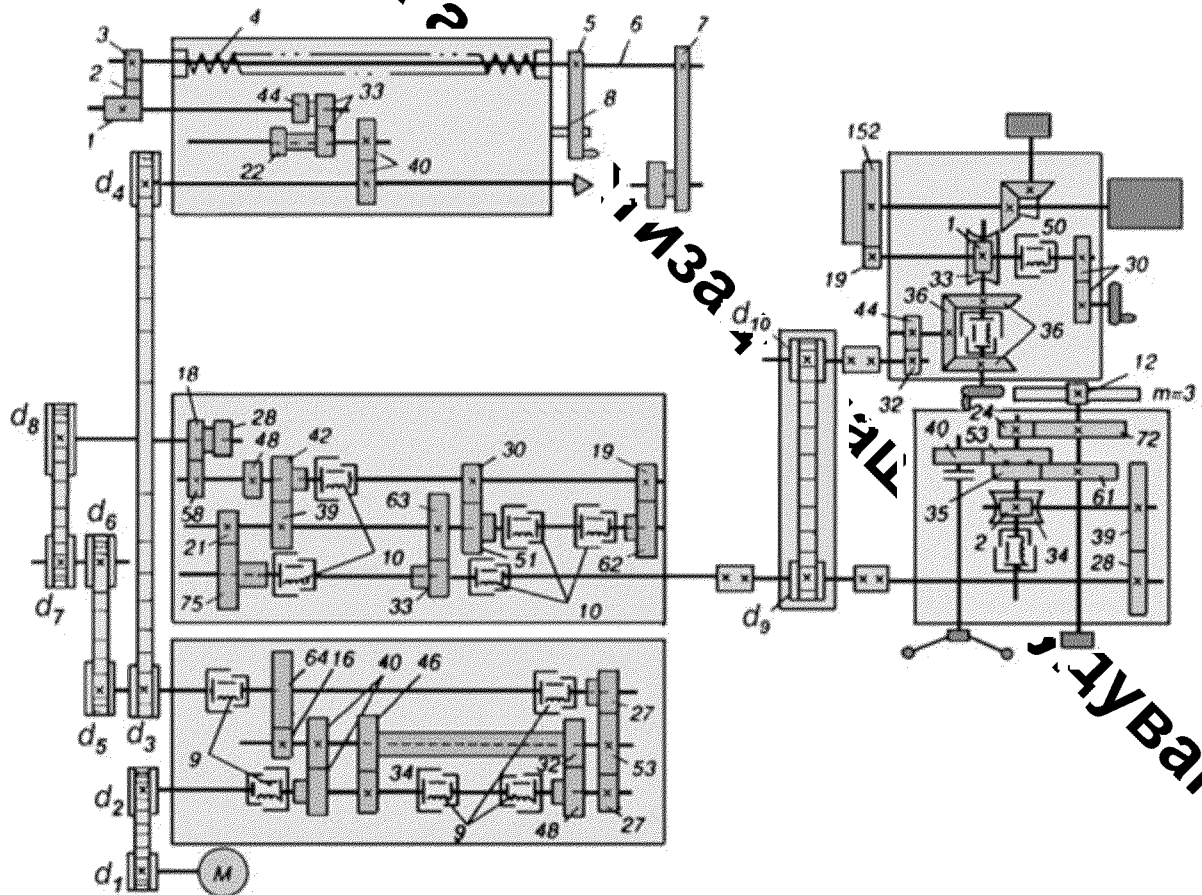


Рисунок 1.2 – Кінематична схема токарно-револьверного верстата 1Г340

Деталь «Вал коробки швидкостей» для токарно-револьверного верстату моделі 1Г340 являє собою основний компонент для забезпечення ефективної роботи коробки швидкостей. Іншими компонентами коробки швидкостей є:

- допоміжні вали: допоміжні вали відповідають за передачу крутного моменту від деталі «Вал коробки швидкостей» до інших частин коробки швидкостей;

- шестерні: на деталі «Вал коробки швидкостей» розміщено різні шестерні з різними зубчастими профілями. Це дозволяє регулювати швидкість обертання патрона верстата шляхом перемикання між різними шестернями;
- підшипники: для забезпечення плавної роботи та обертання навколо своєї осі деталь «Вал коробки швидкостей» встановлюється на підшипники, які забезпечують низький опір обертанню та підтримують його в центрі корпусу;
- регулюючі механізми: для переключення передач в коробці швидкостей передбачено регульовані механізми регулювати швидкість обертання деталі «Вал коробки швидкостей».

Згідно кінематичної схеми токарно-револьверного верстата 1Г340 (див. рис. 1.2) деталь «Вал коробки швидкостей» розміщена в «фартуху револьверного супорта» та слугує для розміщення на собі шківів d_8 та блок зубчастих коліс з кількістю зубів 18/28. Діапазон робочих частот обертання деталі «Вал коробки швидкостей» складає від 36 до 1600 хв⁻¹. Максимальний крутний момент, який діє від елементів коробки швидкостей верстату складає $M = 50$ Нм під час точіння сталевого прутка діаметром від 68 до 62 мм глибиною різання $t = 3$ мм, подачею $S = 0,8$ мм/об, швидкістю різання $V = 67$ м/хв.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Вал коробки швидкостей»

Деталь «Вал коробки швидкостей» зроблено з сталі марки 40Х ГОСТ 4543-86. Вона виконує основну функцію передачі обертального руху зв'язаним з нею частинам (шківів d_8 та блок зубчастих коліс з кількістю зубів 18/28). Деталь «Вал коробки швидкостей» є відповідальною, а від точності обробки її поверхонь залежить ефективність роботи всього токарно-револьверного верстату. Саме тому обрано матеріал: конструкційна легована сталь 40Х.

Аналізуючи конструкцію деталі «Вал коробки швидкостей» (див. рис. 1.1), то вона є «Тілом обертання». Всі необхідні вимоги для технологічного виготовлення деталі «Вал коробки швидкостей» зображено на кресленні. Найточніші зовнішні

поверхні є циліндричні $\varnothing 25h6$ мм та $\varnothing 30f7$ мм. Для передачі крутного моменту на деталі розміщено шліцьову поверхню та шпонковий паз.

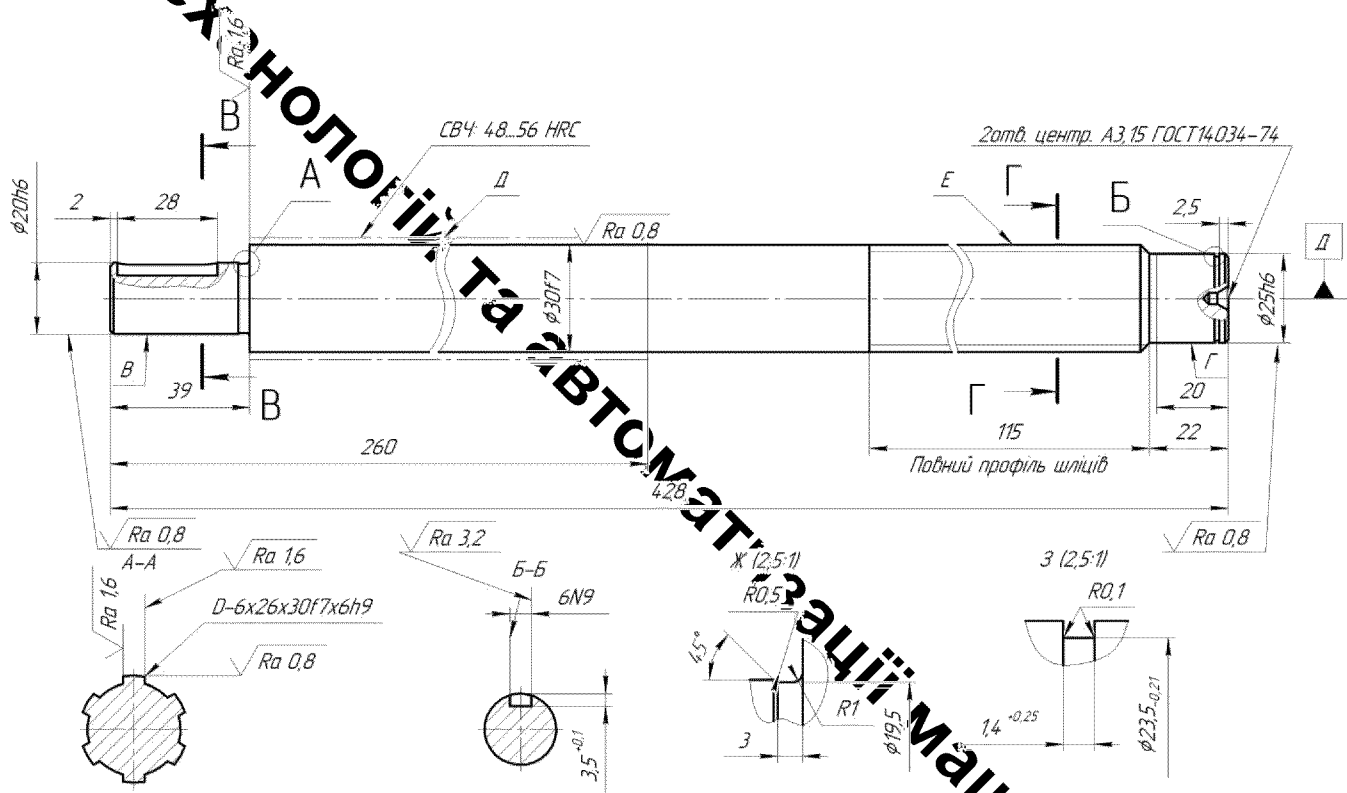


Рисунок 1.3 – Креслення деталі «Вал коробки швидкостей» без технологічних вимог

В технологічних вимогах вказано термообробка «Поліпшення», яка включає високе гартування деталі з високим відпуском, та забезпечується 207-241 НВ по Бренелю. Це дозволяє зменшити знос відповідальних поверхонь деталі «Вал коробки швидкостей» за час експлуатації.

До деталі «Вал коробки швидкостей» мають місце вимоги щодо точності радіального биття його циліндричної поверхні. Якість поверхні точних циліндричних поверхонь складає шорсткість $R_a 0,8$ мкм.

Згідно попередніх розрахунків в бакалаврській роботі [1] технологічні показники виконують умови та складають: коефіцієнт точності обробки $K_{m.ч.}=0,9>0,8$; коефіцієнт шорсткості поверхонь $K_{ш.п.}=0,29<0,32$; коефіцієнт уніфікації розмірів $K_{y.p.}=0,63>0,6$.

Для аналізу конструкції деталі «Вал коробки швидкостей» проведемо статичні дослідження його на міцність. Для розрахунку використаємо тривимірну модель та дані із підрозділу 1.1. В результаті дослідження деталі «Вал коробки швидкостей» після дії крутного моменту 50 Нм знайдено напруження по Мізесу (див. рис. 1.4) в матеріалі та коефіцієнт запасу міцності (див. рис. 1.5).

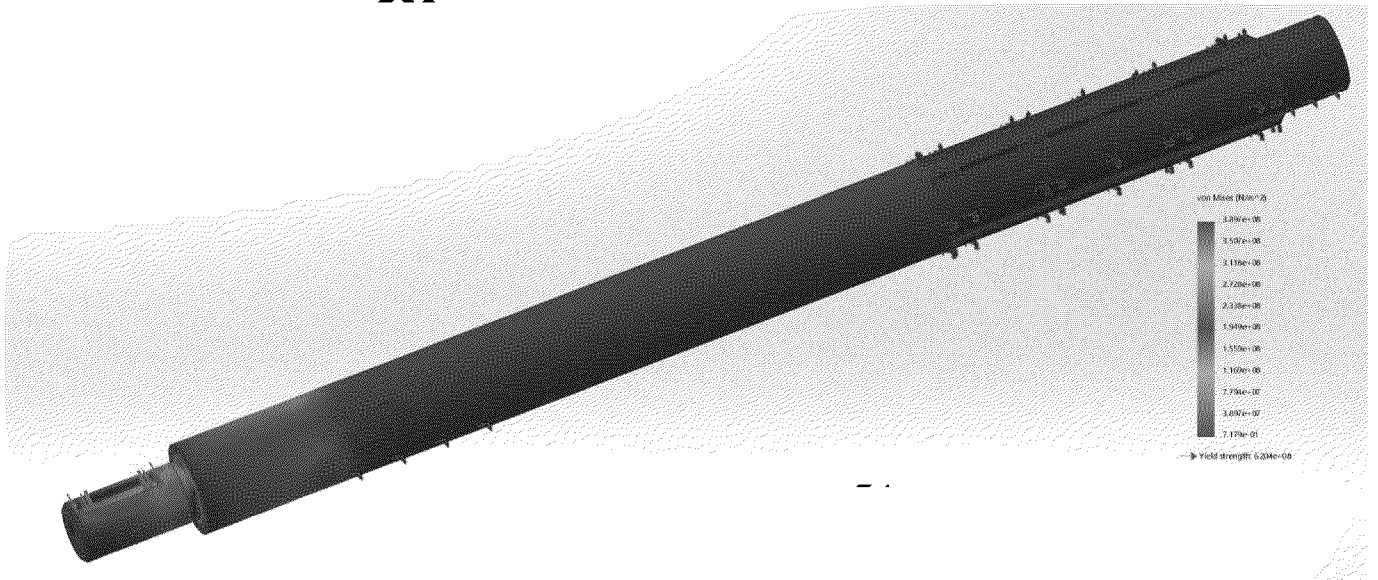


Рисунок 1.4 – Напруження по Мізесу під час виконання функціональних обов'язків

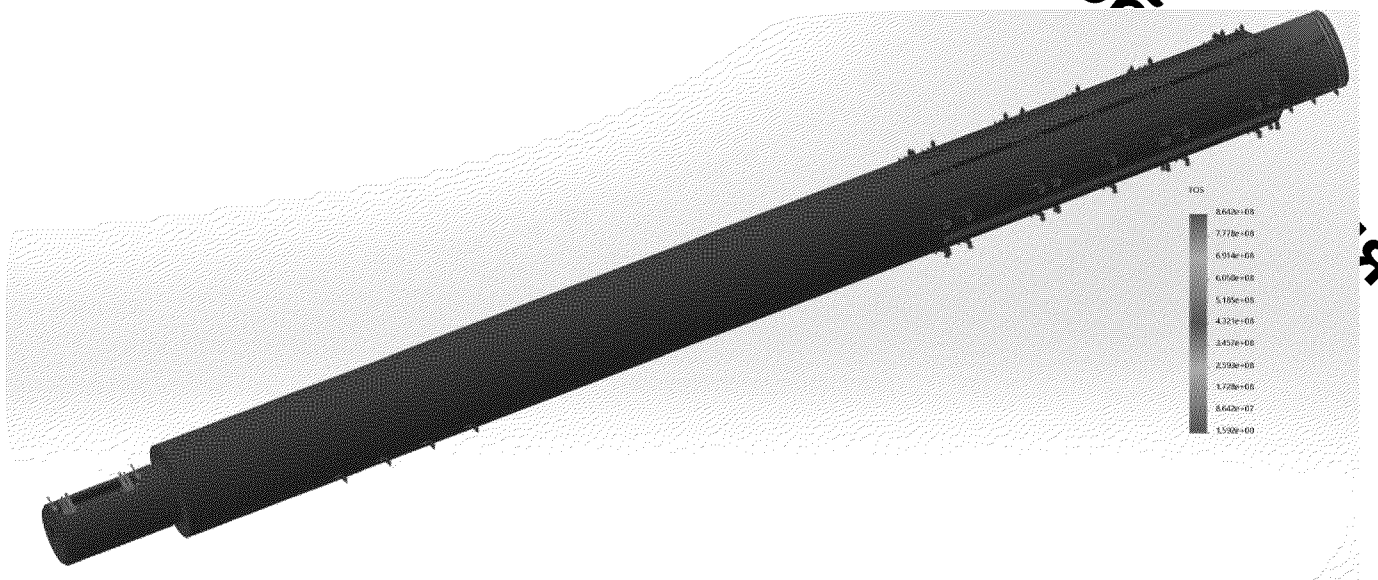


Рисунок 1.5 – Коефіцієнт запасу міцності для деталі «Вал коробки швидкостей»

На рис. 1.4 показано розподілення напруження по Мізесу. Найбільш критична зона дії напруження знаходиться в канавці шийки валу діаметром 19,5 мм. Величина найбільшого напруження по Мізесу становить 389,7 МПа, що є меншим за границю текучості (610 МПа) для сталі 40Х. Також розраховано коефіцієнт запасу міцності, мінімальне значення якого більше 1,59, що свідчить в якійсь конструкції деталі «Вал коробки швидкостей» та наявності запасу. Запас міцності матеріалу дозволить боротися з динамічними навантаженнями та забезпечуватиме втомну міцність під час експлуатації деталі «Вал коробки швидкостей».

1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Вал коробки швидкостей»

Згідно попередніх розрахунків в бакалаврській роботі [1] проведено обґрунтування вибору маршруту механічної обробки деталі «Вал коробки швидкостей». Також було розраховано тип виробництва та форма організації роботи: кількість деталей у партії 70 шт, а тип виробництва середньосерійний (для 3500 шт деталей річної програми) при формі організації роботи – групова.

Для деталі «Вал коробки швидкостей» прийнято допоміжні бази центрових отворів А3,15 ГОСТ14034-74 за чистові технологічні бази. Типо базування відбуватиметься в центрах з поводковим патроном майже на всіх операціях.

Класична схема базування для фрезерно-центрувальної операції за зовнішній діаметр заготовки прийнято в якості чорнової бази. Прийняті чистові і чорнові бази дозволяють забезпечити всі вимоги до деталі.

Похибки базування на токарні, шліфувальні, шліцефрезерну операції відсутні. Похибка базування присутня при фрезерування шпонкового пазу в призмі на розмір $3,5^{+0,1}$ мм ($3,7^{+0,1}$ мм в якості проміжного розміру між операціями точіння та шліфування з врахування на припуску на шліфувальні операції). Значення похибок базування не перевищує допуску на розмір та запропоновані схеми базування будуть використовуватися у маршруті мехобробки деталі

При розробці маршруту мехобробки потрібно дотримуватися принципу, що точність оброблюваних розмірів має збільшуватися по мірі мехобробки деталі. Крім

Зважаючи на це в кінці маршруту мехобробки є мюоча та контрольна операції, які забезпечать очищення від стружки та бруду деталі з перевіркою її розмірів (див. таблицю 1.1).

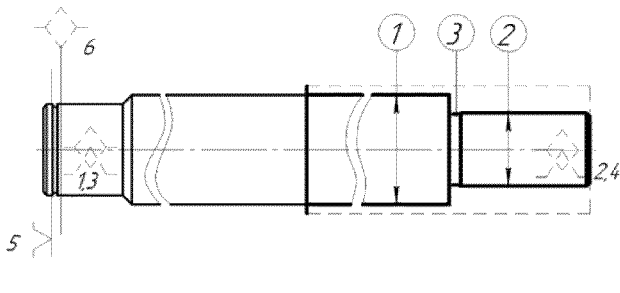
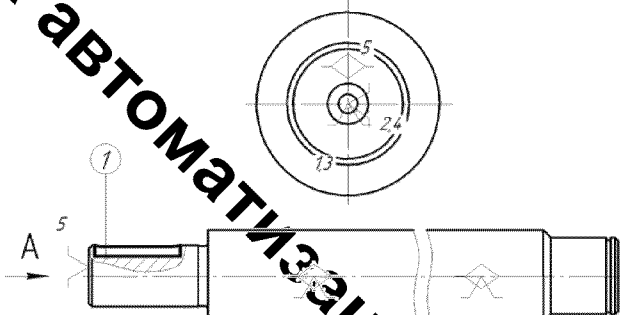
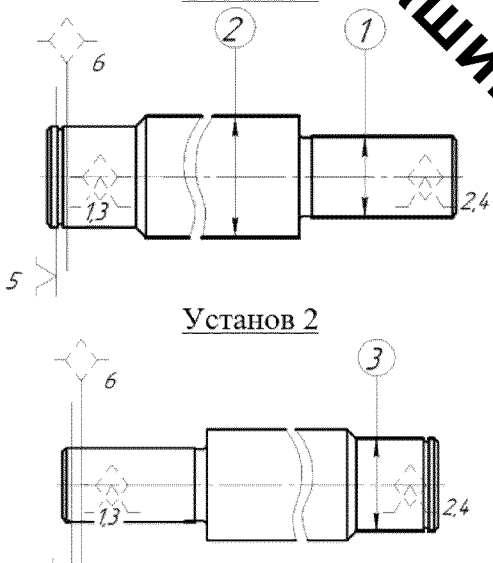
Під час аналізу маршруту мехобробки деталі «Вал коробки швидкостей» в нас є послідовна обробка 010 та 015 на токарних верстатах з ЧПК 16Б16Ф3. Це відкриває можливість розмістити робота з тактовим столом, щоб зменшити час на допоміжні операції та міжопераційні переходи.

Варто звернути також на шпоночно-фрезерну операцію 020, в якій можна використовувати пристосування із автоматичним чи напівавтоматичним затисканням, щоб також зменшити час на допоміжні операції затискання.

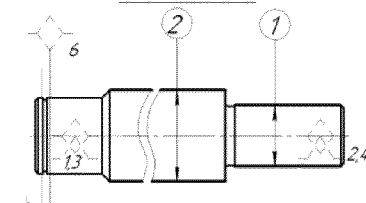
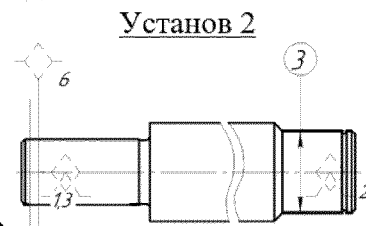
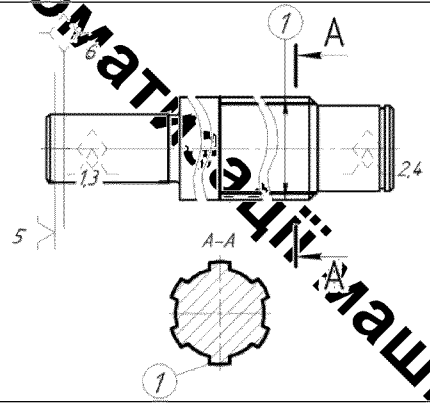
Таблиця 1.1 – Маршрут мехобробки деталі «Вал коробки швидкостей»

№	Операції, переходи	Ескізи, базування	Моделі верстатів
1	2		4
005	<p><u>Фрезерно-центрувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати торці 1. 3. Центрувати торці витримуючи розміри 2, 3, 4, 5. 4. Зняти деталь. 		<p>Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР71-М</p>
010	<p><u>Токарна програмна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1. 3. Точити поверхню 2. 4. Точити деталь за зовнішнім контуром з утворенням фасок. 5. Точити канавку 3. 6. Зняти деталь. 		<p>Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Ф3</p>

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
015	<u>Токарна програмна</u> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1. 3. Точити поверхню 2. 4. Точити деталь за зовнішнім контуром з утворенням фасок. 5. Точити канавку 3. 6. Зняти деталь.		Токарний верстат з ЧПК моделі 16Б16Ф3
020	<u>Шпоночно-фрезерна</u> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати паз 1. 3. Зняти деталь.	А (збільшено) 	Шпоночно-фрезерний верстат моделі 692Р
025	<u>Термічна</u>		
030	<u>Круглошліфувальна</u> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Шліфувати поверхню 2. 4. Переустановити деталь. 5. Шліфувати поверхню 3. 6. Зняти деталь.	Установ 1 	Круглошліфувальний верстат моделі 3М151

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
035	<p><u>Круглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Шліфувати поверхню 2. 4. Переустановити деталь. 5. Шліфувати поверхню 3. 6. Зняти деталь. 	<p><u>Установ 1</u></p>  <p><u>Установ 2</u></p> 	Круглошліфувальний верстат моделі 3М151
040	<p><u>Шліцефрезерна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Нарізати шліці 1. 3. Зняти деталь. 		Шліцефрезерний верстат моделі 5350А
045	<u>Промити деталь</u>		Машина для миття
050	<u>Технічний контроль</u>		

1.4 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу

В якості заготовки обрано гарячекатаний прокат $\varnothing 35$ ДСТУ 2590-88 [1] (див. рис. 1.6).

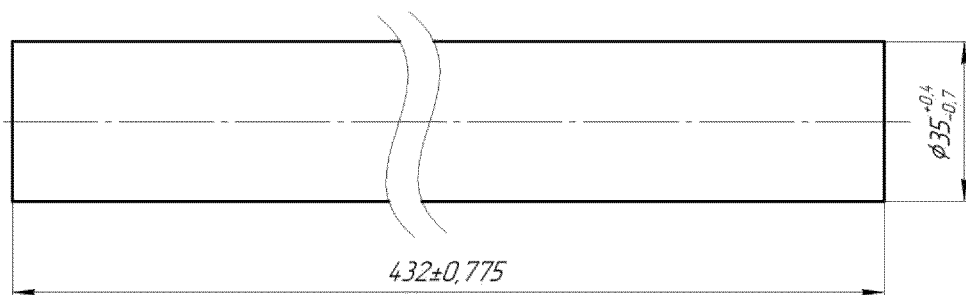


Рисунок 1.6 – Ескіз заготовки деталі «Вал коробки швидкостей»

Призначимо технічні вимоги для заготовки:

- 1) Кривизна прокату не більше 0,2 мм.
- 2) Паралельність торців 0,2 мм.
- 3) Невказані радіуси 3 мм.

Маса заготовки становить 3,262 кг, а маса обробленої деталі – 2.11 кг.

Розрахований коефіцієнт точності маси деталі складає 0,65, що є гарним значенням для заготовки із гарячекатаного прокату.

В таблиці 1.2 вказано режими різання для операцій з мехобробкою 005-035.

Таблиця 1.2 – Режими різання та операції з мехобробкою 005-035

№	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
Операція 005					
2	Фрезерувати торці 1	2	0,5	630	15,6
3	Центрувати торці витримуючи розміри 2, 3, 4, 5	0,65	0,08	1125	113
Операція 010					
2	Точити поверхню 1.	1,8	0,39	710	91
3	Точити поверхню 2.	1,4	0,39	1120	91
4	Точити деталь за зовнішнім контуром з воренням фасок.	1	0,33	1400	121
5	Точити канавку 3.	1,4	0,15	560	52
Операція 015					
2	Точити поверхню 1.	1,8	0,39	710	91
3	Точити поверхню 2.	1,77	0,39	1400	91
4	Точити деталь за зовнішнім контуром з воренням фасок.	1	0,33	1400	109
5	Точити канавку 3.	1,5	0,15	710	52
Операція 020					
2	Фрезерувати паз 1.	0,2	0,1	1000	22,3
Операція 030					
2	Шліфувати поверхню 1.	0,3	0,01	250	20
3	Шліфувати поверхню 2.	0,3	0,01	250	20
5	Шліфувати поверхню 3.	0,3	0,01	250	20
Операція 035					
2	Шліфувати поверхню 1.	0,1	0,003	315	30
3	Шліфувати поверхню 2.	0,1	0,003	315	30
5	Шліфувати поверхню 3.	0,1	0,003	315	30
Операція 035					
2	Нарізати шліці 1.	2,5	0,6	160	41,5

В таблицю 1.3 вказано результати розрахунку технологічних норм часу.

Таблиця 1.3 – Розрахунок технічних норм часу

Номер і назва операції	T_o , хв	φ_k	$T_{шт-к}$, хв
005 Фрезерно-центрувальна	0,23	1,67	0,38
010 Токарна програмна	1,184	1,3	1,54
015 Токарна програмна	1,608	1,3	2,09
020 Шпоночно-фрезерна	2,232	1,58 (фактичний) 1,67 (табличний)	3,53
030 Круглошліфувальна	3,84	1,8	6,91
035 Круглошліфувальна	5,745	1,8	10,34
040 Шліцефрезерна	8,31	1,67	13,88

Отримані розрахунки дозволяють проводити розрахунки із покращенням продуктивності виготовлення деталей «Вал коробки швидкостей». Це може досягатися за рахунок проектування пристосування для механізації закріплення деталі під час шпоночно-фрезерної операції 020, встановлення роботизованого комплексу на операціях 010 та 015, вибором більш стійкішого різального інструменту та спеціального вимірювального інструменту.

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІССТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»

2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування

Розробка пристосування для деталі «Вал коробки швидкостей» доцільно виконувати за наступною послідовністю [9]:

1) Встановити розміри області верстата і розміри його елементів до яких буде кріпитися пристосування.

2) Виходячи з розробленої схеми базування на обробку деталі, її точності та шорсткості поверхонь, визначити тип і розміри елементів для установки. Підібрати їхнє число і взаємне розташування. Розрахувати похибку базування на операцію.

3) Враховуючи серійність виробництва визначити тип пристосування та кількість одночасно оброблюваних чи затиснутих деталей.

4) Вибрати напрямок дії сил затиску деталі виходячи із схеми базування, величина та напрямку її дії, а також місця прикладення.

5) Обрати тип затискного механізму в залежності від сили затиску та визначити конструктивні розміри, параметри і вихідну силу приводу.

6) Обрати тип силового приводу і розрахувати його розміри. Розглянути можливість вибору стандартних розмірів силового приводу.

7) Розрахувати похибку закріплення і похибку встановлення деталі «Вал коробки швидкостей» в пристосування.

8) Якщо потрібно, то встановити тип і розміри напрямних елементів для ріжучих інструментів.

Таким чином розробляємо конструктивну схему пристосування, яка показана на рис. 2.1.

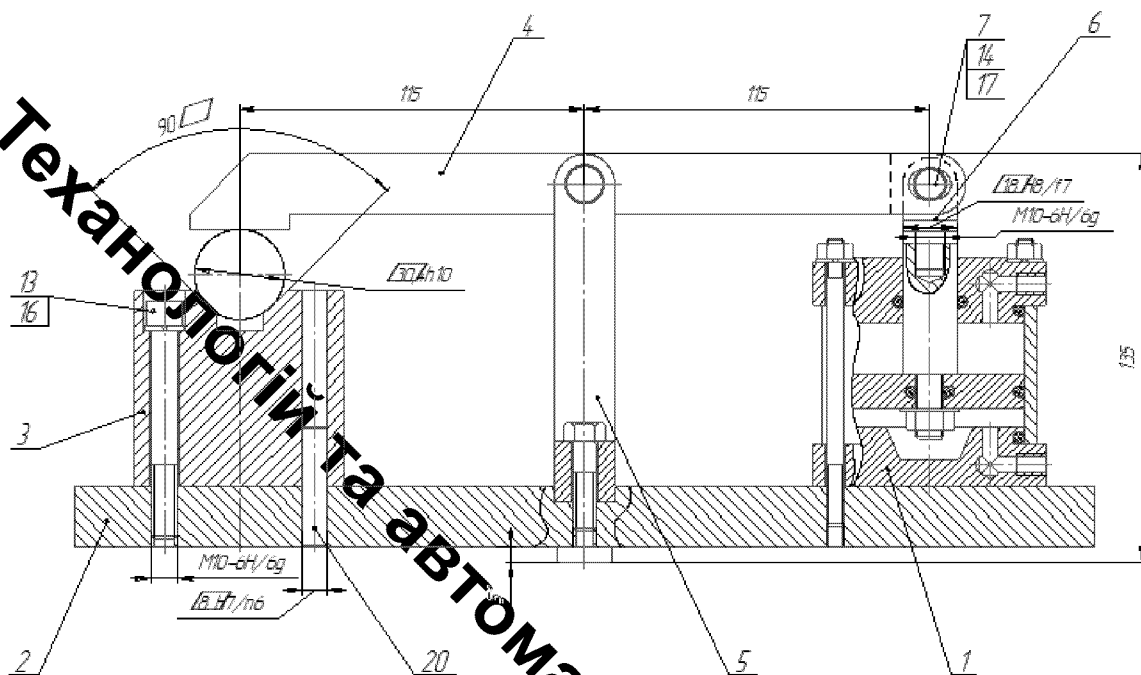


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для шпоночно-фрезерної операції 020

Основними елементами пристосування (див. рис. 2.1) для шпоночно-фрезерної обробки 020 можуть бути: 1 – пневмоциліндр, 2 – плита, 3 – призми, 4 – важіль, 5 – опора, 6 – штовхоч, 7 та інші елементи є кріпильними.

2.2 Визначення похибки базування

Базуванням називають надання заготовці деталі необхідного положення в просторі відповідно до різального інструменту. У проєктованому пристосуванні забезпечується неповне базування заготовки.

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

1) Поверхня I (зовнішня циліндрична поверхня) є подвійна напрвляюча базою, так як позбавляє заготовку чотирьох рухів: переміщення вздовж осей OX і OZ та двох поворотів навколо осей OX і OZ.

2) Поверхня II (правий торець деталі) є опорною базою, так як позбавляє заготовку одного руху: переміщення вздовж осі OY.

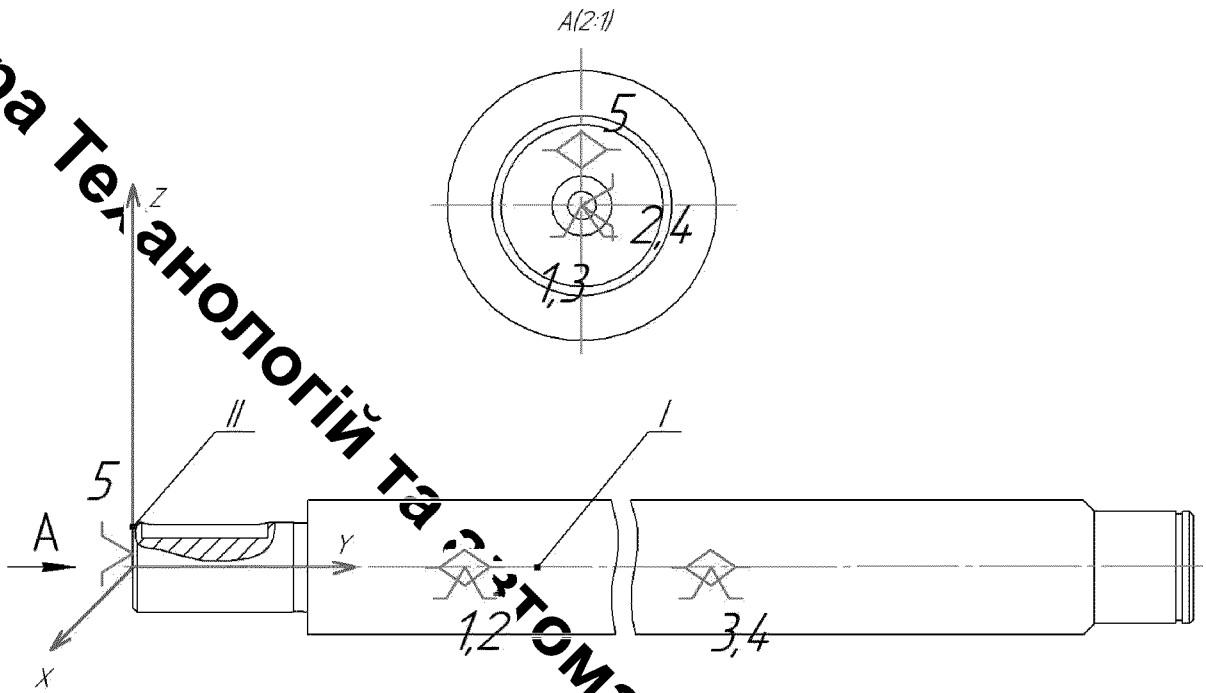


Рисунок 2.2 – Схема базування: I, II – бази; 1, 2, 3, 4, 5 - опорні точки;
XYZ – система координат деталі.

Схема для базування реалізовано наступним чином (див. рис. 2.3): заготовку 3 циліндричною поверхнею $\phi 30f7$ встановлюють на призму 1, що кріплена до корпусу 4 пристрою. Лівий торець заготовки деталі впирається в штир опорний 2.

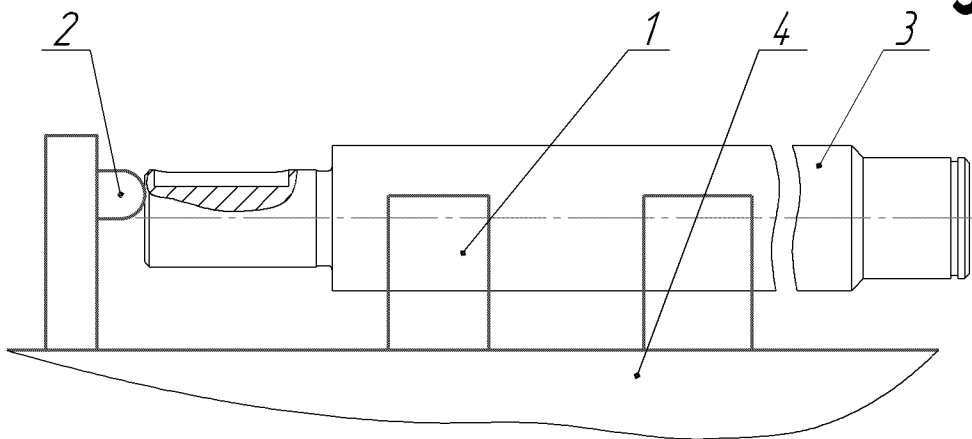


Рисунок 2.3 – Реалізація схеми базування:

1 – призма; 2 – корпус пристрою; 3 – заготовка, 4 – штир опорний.

Похибка базування – це поле розсіювання розмірів між вимірювальною і установочною базою в напрямку виконуваного розміру. Іншими словами можна сказати, що похибка базування – це відхиленням положення заготовки деталі у пристосуванні відносно інструмента від її необхідного положення.

Як видно з схеми базування (див. рис. 2.4), де 1 – призма, а 2 – деталь, установочна і вимірювальна бази для розміру $3,7^{+0,1}$ мм не співпадають.

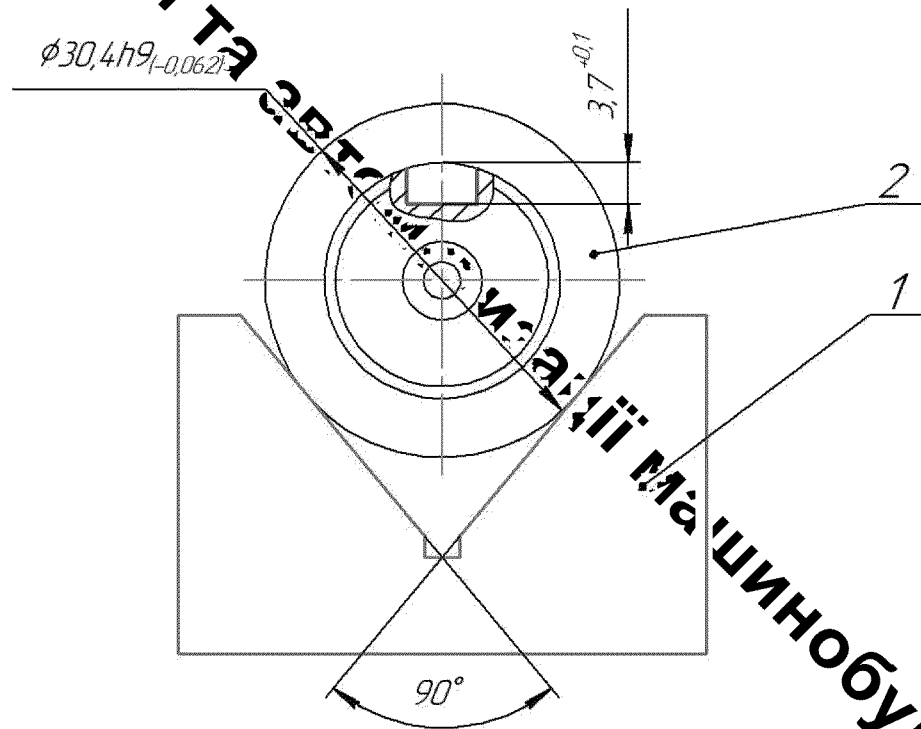


Рисунок 2.4 - Реалізація схеми базування на розмір $3,7^{+0,1}$ мм, де 1 – призма;
2 – заготовка.

Це означає, що похибка базування має місце. Розрахуємо похибку базування за формулою 2.1:

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

де TD – допуск базового розміру $\phi 30,4h9$ і дорівнює $0,062$ мм.

$$\xi_{3,5} = 0,5 \times 0,062 \times \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} + 1 \right) = 0,075 \text{ мм}$$

Тоді, похибка базування після розрахунків $\xi_b = 0,075$ мм, що є допустимо при допуску на розмір 0,1 мм.

Отже, значення похибок базування не перевищує допуску на розмір та запропоновані схеми базування будуть використовуватися у маршруті мехобробки деталі.

2.3 Розрахунок необхідної сили затиснення

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

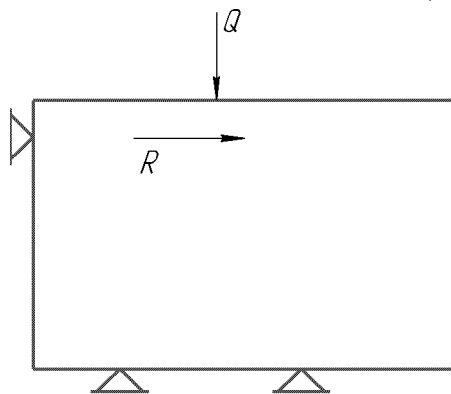


Рисунок 2.5 – Схема дії сил на заготовку деталі «Вал коробки швидкостей»

При фрезеруванні пазів деталей «Вал коробки швидкостей», сили, що виникають при обробці намагаються зсунути заготовку від опор. Зміщенню заготовки запобігає сила тертя від важеля та призм. Вона виникає в місцях контакту заготовки з опорами та затискними механізмами.

Тоді необхідна сила затиску визначається за формулою 2.2

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

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

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

K - коефіцієнт запасу;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Приймаємо $K = 2,88$.

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

Всі параметри для розрахунку вибираємо із рекомендацій, де: $C_p=68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $u=1,0$; $w=0$; $q=0,86$; $t=0,2$ мм; $S_z=0,1$ мм/зуб; $n=1000$ хв⁻¹

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

$$Pz = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 1000^0} = 83,7(H).$$

Отже, необхідна сила затиску:

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

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

$$Q = \frac{Wz \cdot l2}{l1 \cdot \eta_2}, [H] \quad (2.6)$$

де $l1$ – відстань від дії сили пневмоциліндра до осі опори;

$l2$ – відстань від дії сили затиску до осі опори; $l1=l2=115$ мм;

η_2 - ККД від дію прихвату приймаємо 0,9.

$$Q = \frac{732,3 \cdot 115}{115 \cdot 0,9} = 814 (H).$$

2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів

В якості силового приводу верстатного пристосування обираємо пневматичний циліндр (див. рис. 2.6). Основними складовими пневматичного циліндра є: шток 1, поршень 2, кришка верхня 3, кришка задня 4, гільза 5, шпильки із гайками 6. Також невід'ємною частиною пневматичного циліндра є ущільнення, що знаходяться на штоці 1 та поршні 2. Також Передбачено ущільнення між гільзою 5, кришками верхня3 і кришкою задньою 5

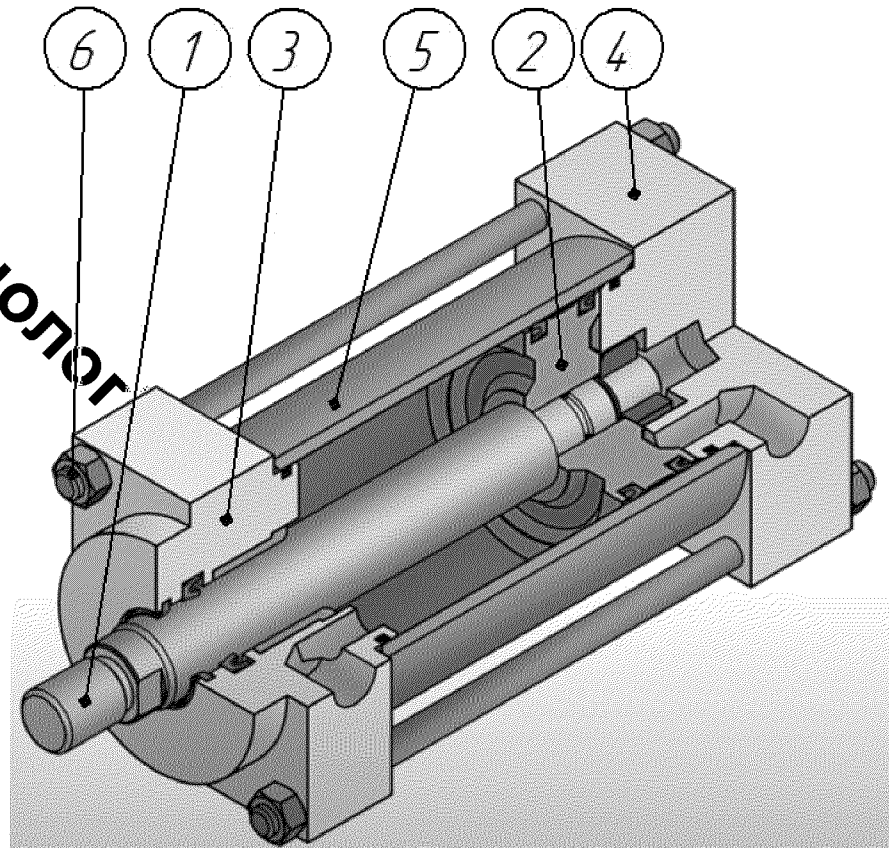


Рисунок 2.6 – Пневматичний циліндр в розрізі

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра аналітично і виберемо за нормативами. Діаметр визначасмо за формулою (2.7) в режимі штовхання:

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

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

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 837}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,056 \text{ м} = 56 \text{ (мм)}.$$

2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою

В цьому підпункті проведено дослідження впливу параметрів режимів різання на силові характеристики затиску. Для цього обрано параметри подачі на зуб та глибини різання згідно рекомендації: $S_z=0,01-0,1$ мм/зуб та $t=0,05-0,25$ мм, відповідно. Розрахунки проведено відносно формул 2.2-2.7. В результаті визначено залежності величини зусилля затиску W_z від параметрів режимів різання – подачі на зуб S_z та глибини різання t під час утворення шпонкового пазу (див. рис. 2.7).

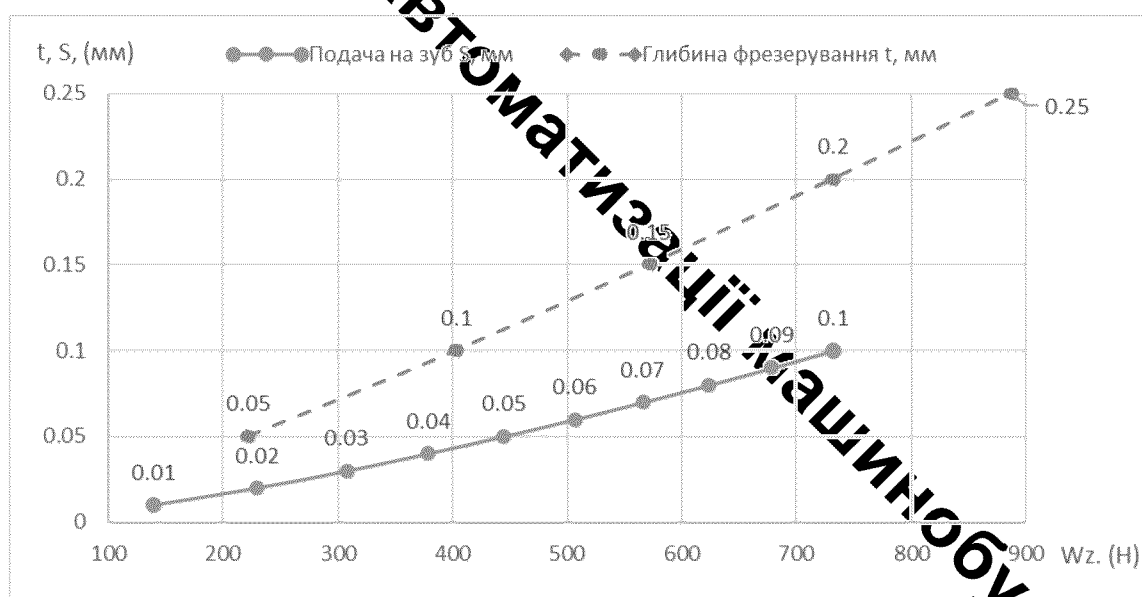


Рисунок 2.7 - Залежності величини зусилля затиску W_z від параметрів режимів різання – подачі на зуб S_z та глибини різання t

Отримані розрахунки дозволяють вибрати режимі різання які забезпечать максимальну продуктивність обробки, ріжучий інструмент для цих режимів різання, а також розрахувати залежність конструктивних параметрів пристрою (див. рис.2.8).

В результаті розрахунків отримано графічні залежності зусилля затиску W_z та конструктивного діаметру D поршня пневматичного циліндра від подачі на зуб S_z та глибини різання t . Щоб забезпечити максимальну продуктивність роботи на шпоночно-фрезерній операції 020 приймемо максимальну подачу на зуб $S_z=0,1$ мм/зуб, та максимальну глибину різання $t=0,25$ мм. При цьому сила затиску буде дорівнювати $W_z=887,1$ Н, а діаметр поршня пневматичного циліндра $D=60,75$

мм. Однак, потрібно вибрати уніфіковані розміри пневматичного циліндра. Тому приймаємо $D_d=63$ мм по ГОСТ 19899-74.

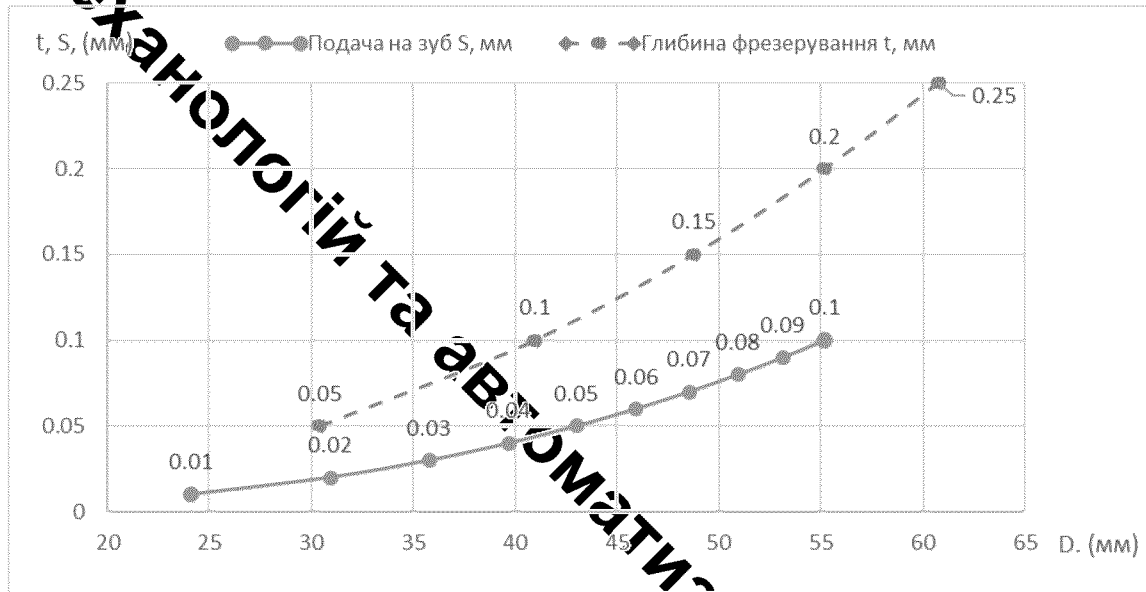


Рисунок 2.8 – Вплив режимів різання на конструктивні параметри поршня пневматичного циліндра

Тоді дійсна сила затиску для даного випадку:

$$Wz_d = \frac{P}{4} \cdot D_d^2 \cdot \eta_1 \cdot \pi \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta_2, [H] \quad (2.8)$$

$$Wz_d = \frac{0,4 \cdot 10^6}{4} \cdot 0,063^2 \cdot 0,85 \cdot \pi \cdot \frac{115}{115} \cdot 0,9 = 953,8 (H)$$

2.6 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність

Аналітично розрахуємо найслабшу ланку пристрою. В даному випадку слабкою ланкою є вісь, котра з'єднує важіль із тягою. Умова міцності:

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

де: $[\sigma_p]$ - допустиме дотичне напруження матеріалу при зрізі;

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

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

де: N - поперечна сила що діє на деталь;

A - площа небезпечного перерізу;

Площу A можемо знайти за формулою:

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

де: D - діаметр вісі.

Підставляємо значення у формулу (2.11):

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

Поперечна сила N дорівнює реакції від сили закріплення та сили дії поршня від превоциліндра, тобто $2 \cdot Q$ і дорівнює $2 \cdot 953,8 = 1907,6$ (Н). Тоді σ_p буде дорівнювати:

$$\sigma_p = \frac{1907,6}{78,5} = 24,3 (\text{МПа})$$

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

де: σ_T - границя текучості;

n - запасміцності;

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

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

В результаті розрахунку можна сказати, що 24,3 МПа < 240 МПа, тому важіль витримає розтяг.

2.7 Опис дії верстатного пристосування

За службовим призначенням даний пристрій являється спеціальним верстатним фрезерувальним пристроєм. Це пояснюється тим, що він використовується для закріплення деталі «Вал обробки швидкостей» на універсальному шпоночно-фрезерному верстаті моделі 69Д для закріплення при обробці шпоночного пазу В=6N9. Даний пристрій являється механізованим, одномісним, однопозиційним.

Застосування даного пристрою підвищує продуктивність праці верстатника за рахунок зменшення норми часу на операцію через скорочення допоміжного часу на встановлення деталі, точність механічної обробки, безпеку праці та культуру виробництва.

Як видно з принципової схеми (див. рис. 2.9), пристрій складається з наступних елементів. Основною базовою деталлю являється плита 2, на якому кріпляться інші елементи пристрою. На плиті кріпляться 2 призми стандартні позиція 3 за допомогою 2-ох гвинтів 15. Деталь до призми прижимається важілем 4, до якого кріпиться тяга 6. Її інший кінець з'єднаний з штоком пневматичного циліндра 1 двосторонньої дії з кріпленням на фланці, що закріплений на корпусі за допомогою чотирьох шпильок.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

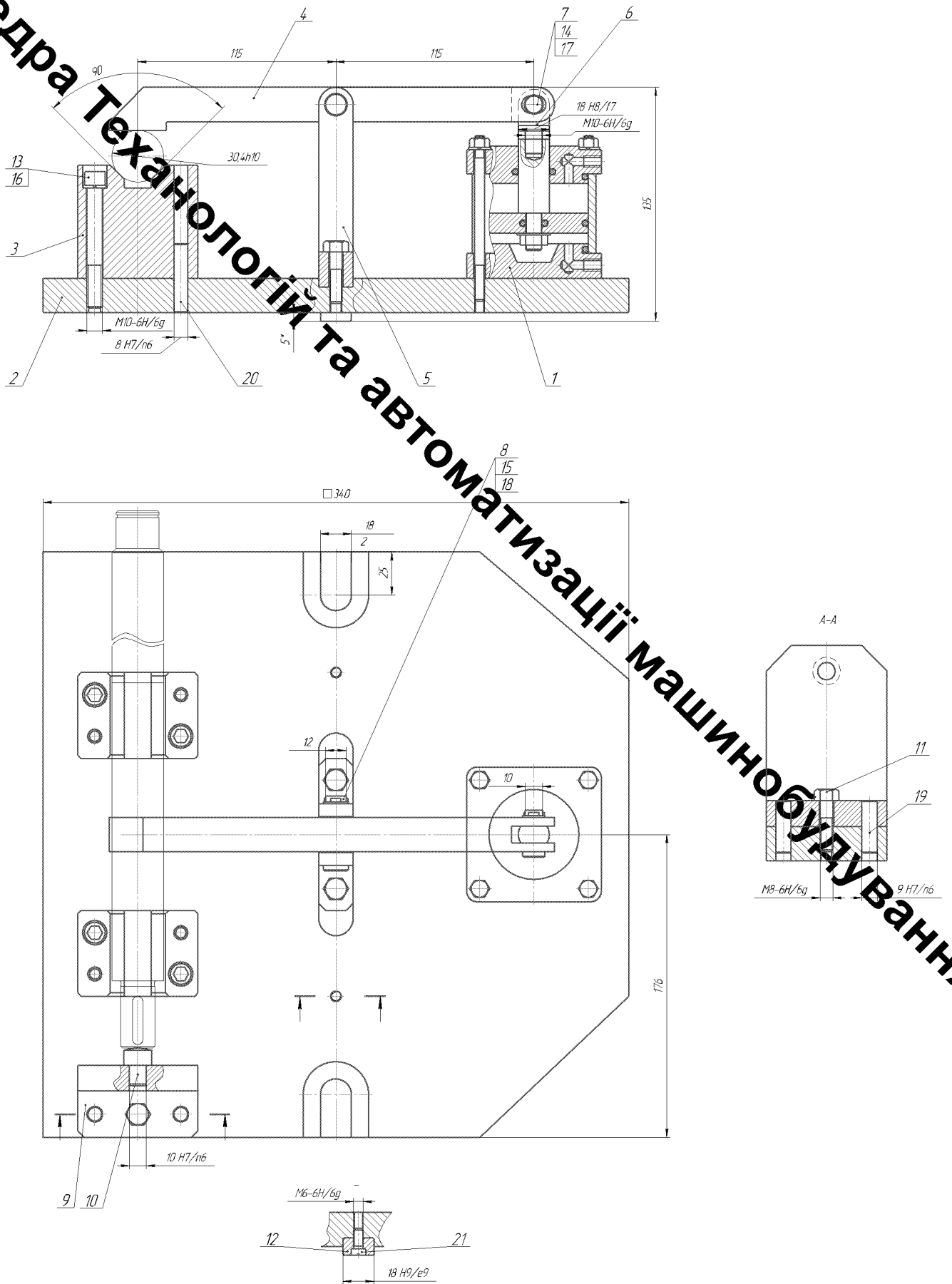


Рисунок 2.9 – Принципова схема пристрою для фрезерування пазу в=6N9

З'єднання штока пневмоциліндра і тяги контриться гайкою. Для забезпечення потрібного положення пристрою на столі верстата служать дві шпонки 12, з'єднані з корпусом за допомогою гвинтів 21.

Принцип дії пристрою наступний. Заготовка встановлюється на призму 3 поверхнею $\phi 30$ на 10. При цьому тяга 6 знаходиться в крайньому нижньому положенні. Після встановлення заготовки повітря подається у без штокову порожнину пневмоциліндра 1, поршень якого рухається вгору. Рух передається тязі 6 яка пересувається вгору разом з важілем 4. Так здійснюється затиск заготовки.

Після виконання технологічної операції, фрезерування шпоночного пазу, змінюємо режим роботи приводу і повітря подається у штокову порожнину. Уся система (поршень, тяга 6, важіль 4) рухається вниз. Відбувається розтиснення, деталь знімається з призми 3.

Для обробки наступної деталі процес повтворюється.

2.8 Розрахунок ріжучого та контрольованого вимірюваного інструменту

Розрахунок ріжучого інструменту для обробки шпоночного пазу $V=6N9$ (фреза шпоночна $\phi 6$). Шпоночна фреза являє собою тіло обертання, яка складається із ріжучої та хвостової частини. Вони нормалізовані по ГОСТ 9140-78. Проектуюча фреза виконана з циліндричним хвостовим і двоперовою ріжучою частиною. Матеріал ріжучої частини – швидко ріжуча сталь марки Р6М5 по ГОСТ 19265-76. Циліндрична хвостова частина застосовується для кріплення фрези в патроні.

Вибір геометричних параметрів та розрахунок конструктивних елементів [4]:

1. Діаметр фрези: діаметр ріжучої частини вибирається виходячи з розміру оброблюваного пазу; $d_{\text{фрези}} = 6 \text{ мм}$.

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

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

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

4. Кількість пір'їв фрези: $z=2$.

5. Загальний кут α можна знайти за формулою: $\sin \alpha = \frac{C}{a_{\max}^{0,3}}$, де C -постійний коефіцієнт, який приймаємо при обробці сталі: $C=0,21$ [4]; a_{\max} -максимальна товщина стружки яка відповідає подачі на зуб. По ГОСТ 9140-78 $\alpha = 20^\circ$.

6. Передній кут приймається за нормативами: $\gamma = 5^\circ$.

7. Кут нахилу гвинтових зубців для шпоночних фрез: $\omega = 20^\circ$.

8. На задній поверхні зубів фрези допускається циліндрична стрічка шириною " f " не більше 0,05мм. Інші параметри: $d_1 = 6\text{мм}$; $h = 1,8\text{мм}$; $r = 0,3\text{мм}$; $f = 0,8\text{мм}$; $f_1 = 0,7\text{мм}$. Крок гвинтової канавки 5 мм.

Проводимо перевірочний розрахунок. Визначаємо напруження в небезпечному перерізі фрези $\sigma_{on.} = \frac{M_{np.}}{\omega} \leq [\sigma]$, де $M_{np.}$ -приведений момент (Нм).

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

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

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

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

$$M_{зз.} = 83,7 \cdot 46 = 3850,2 \text{ (Нм)};$$

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

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

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

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

В результаті розрахунків отримуємо висновок: $\sigma_{on} < [\sigma]$, тому розрахунок фрези правильний.

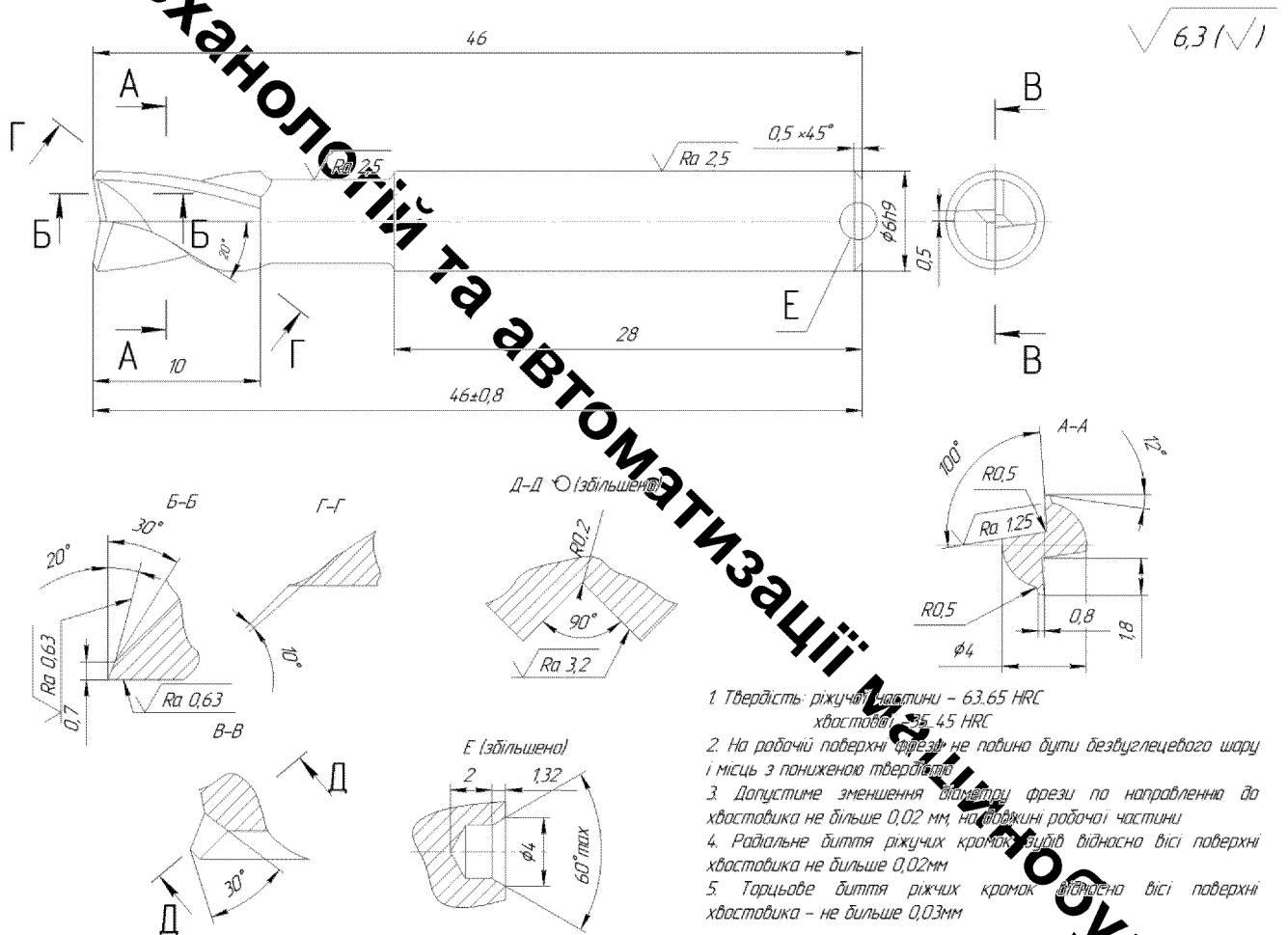


Рисунок 2.10 – Конструкція шпонкової фрези для обробки шпонкового пазу
B=6N9

Проведемо розрахунок контрольно-вимірювального інструменту для контролю поверхні $\varnothing 20h6$ [4, 10]. Зробимо вибір граничних відхилень і граничних розмірів деталі та інструменту.

За ГОСТ 25347-82 вибираємо граничні відхилення для валів діаметром $\varnothing 20h6$:

$$es = 0;$$

$$ei = - 0,013 \text{ (мм)}.$$

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

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

$$d_{\min} = d - ei = 20 - 0,013 = 19,987 \text{ (мм)}.$$

$$T_d = es - ei \quad (2.16)$$

$$T_d = 0 - (-0,013) = 0,013 \text{ (мм)}.$$

За ГОСТ 24853-81 вибираємо граничні відхилення та допуск на виготовлення калібр-скоби:

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

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

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

Побудова схеми розташування полів допусків. Виконання схеми полів допусків показано на рис. 2.11.

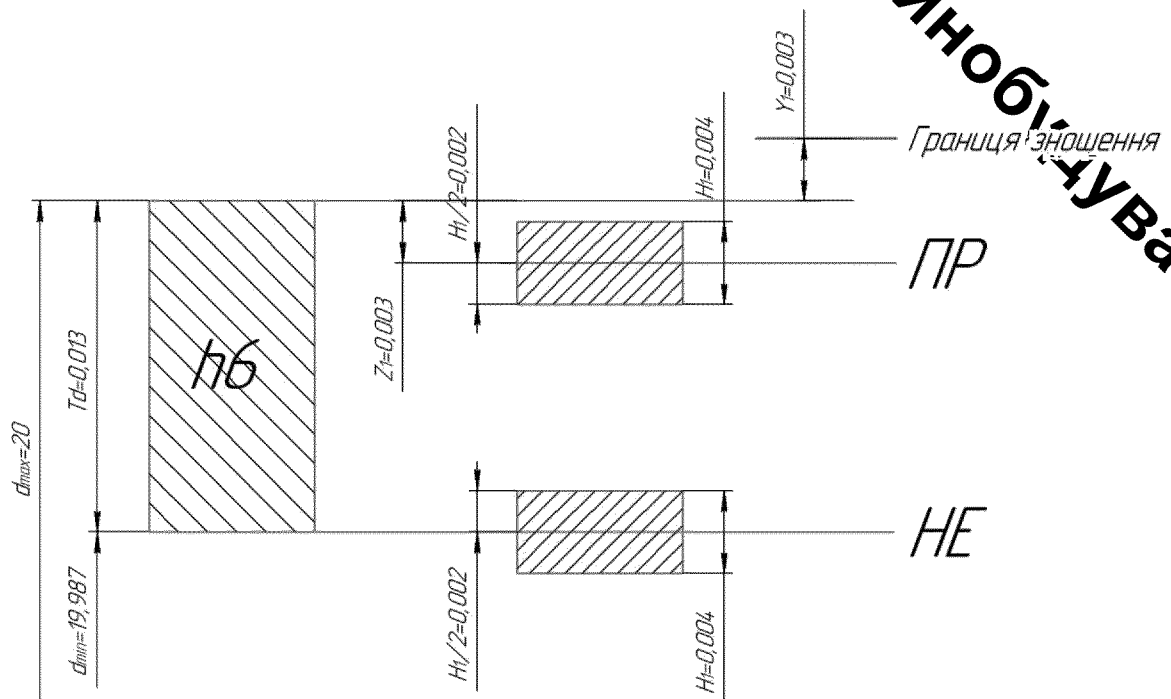


Рисунок 2.11 – Схема розташування полів допусків

Розрахунок виконавчих розмірів контрольно-вимірювального інструменту.
Визначаємо розміри калібрів:

а) Прохідна калібр-скоба:

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

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

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

$$PP_{\min} = 20 - 0,003 - \frac{0,004}{2} = 19,995 \text{ (мм)}.$$

Границя зношення:

$$PP_{\text{ЗН}} = d_{\max} + Y_1. \quad (2.19)$$

$$PP_{\text{ЗН}} = 20 + 0,003 = 20,003 \text{ (мм)}.$$

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

б) Непрохідна калібр-скоба:

$$HE_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}.$$

$$HE_{\max} = 19,987 + \frac{0,004}{2} = 19,989 \text{ (мм)}.$$

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

$$HE_{\min} = 19,987 - \frac{0,004}{2} = 19,985 \text{ (мм)}.$$

Виконавчий розмір: $HE = 19,985^{+0,004}$ (мм).

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

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

Складальна конструкція калібр-скоби для контролю поверхні $\varnothing 20h_6$ показана на рис. 2.12. Основні складові конструкції калібру-скоби: 1 скоба, 2 гайка, 3 гвинт та 4 ручка-накладка.

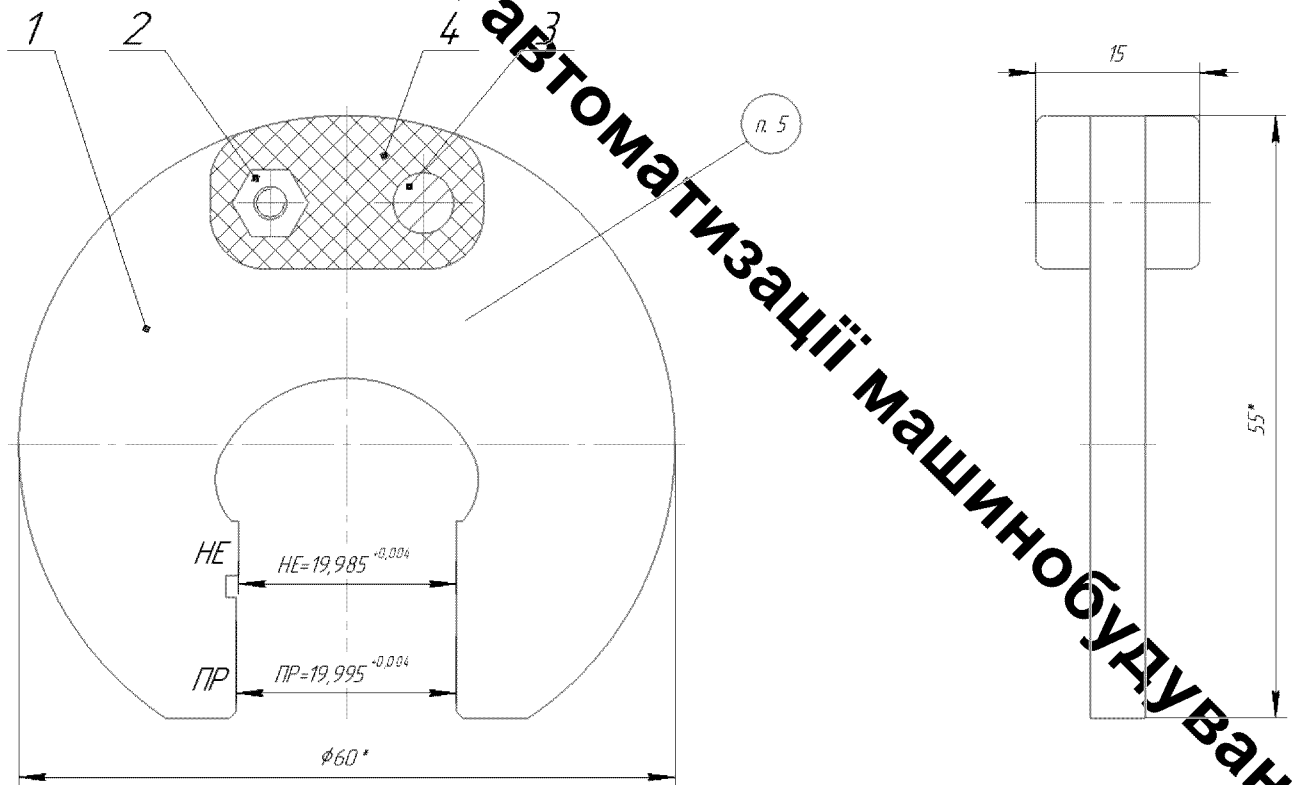


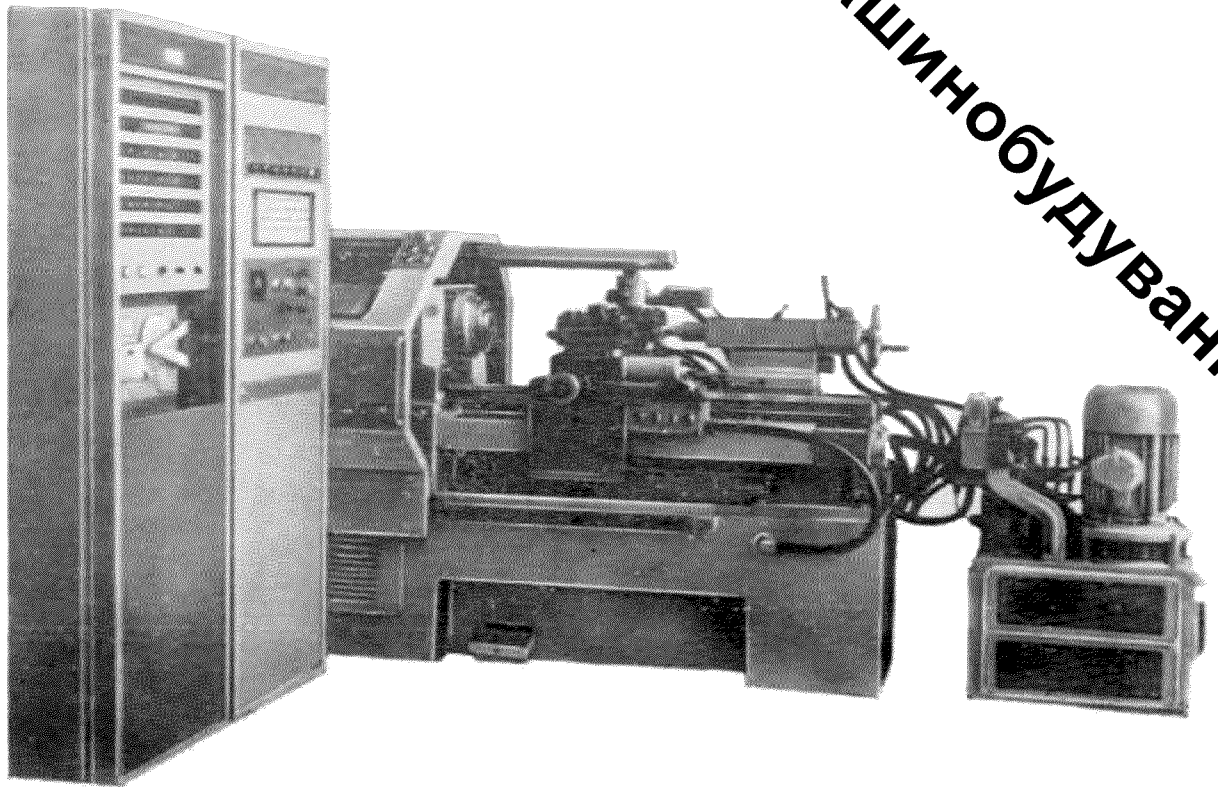
Рисунок 2.12 – Конструкція калібр-скоби для контролю поверхні $\varnothing 20h_6$

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»

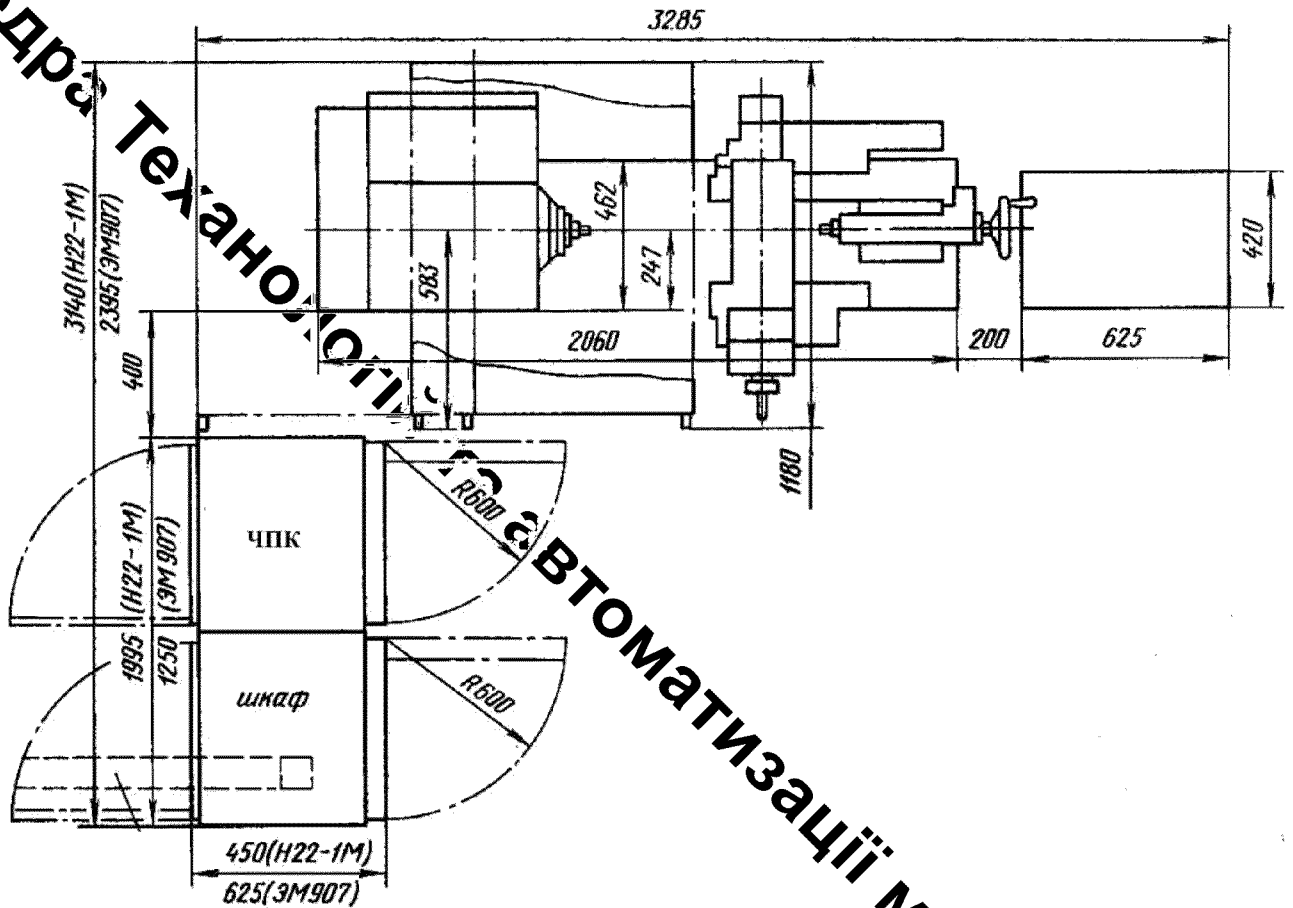
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця

Удосконалювати технологічний процес буде шляхом удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» [5, 6]. Розглянемо операції 010 та 015, які виконуються на токарно-гвинторізних верстатах з ЧПК моделі 16Б16Ф3 з 4 інструментами в різцетримачі та пристроєм їх автоматичної заміни при встановленні заготовки в пристосування з автоматичним затисканням (розтисканням). Операції 010 та 015 буде обслуговувати промисловий робот.

Заплановано використовувати токарно-гвинторізні верстати з ЧПК моделі 16Б16Ф3, а загальний вигляд якого, та його габарити наведені на рис. 3.1:



а)



б)

Рисунок 3.1 – Компонівка токарно-гвинторізного верстата з ЧПК моделі 16Б16Ф3: а) – загальний вигляд; б) – габаритні розміри

Технічні характеристики верстата [4]:

- Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм: 320;
- Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм: 160;
- Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм: 710;
- Висота різця, мм: 25;
- Частота обертання шпинделя, об/хв: 45...560, 140...2500;
- Межі подач револ. поздов. та попер. супорта, мм/хв: 1-1200 та 1-600;
- Потужність електродвигуна головного руху, кВт: 6,3;
- Габаритні розміри, мм: 3065x2395x1860;
- Маса, кг: 2500.

3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця,

Наступний важливий етап, це вибір промислового робота. Він має працювати у складі робочого місця. Перш за все потрібно закласти основні вимоги, якими повинен керуватися промисловий робот [7, 8]:

- забезпечення потрібно вантажопідємності;
- розміри робочої зони від промислового робота не повинні перевищувати зони обслуговуваного обладнання;
- програма керування для промислового робота має врахувати спосіб позиціонування робочого органу, кількості керуючих координат, об'єму пам'яті;
- хватний пристрій обираєть з врахуванням конструктивної особливості деталі «Робоча секція гідророзподільника»;
- вантажопідємність промислового робота має бути більшою за масу об'єкту маніпуляції не менше ніж на 10%.

Форма і розміри робочої зони передбачені такі, щоб завантаження і вивантаження заготовок та деталей з цієї робочої зони здійснювалося безперешкодно. Для промислового робота, який працює у складі робочого місця, кількість ступенів вільності зазвичай залежить від форми, розміру і положення робочої зони обладнання, а також відносного положення обмежувальних зон завантаження-розвантаження.

Тобто, для деталі "Вал коробки швидкостей" керуючись рекомендаціями [7], вибираємо промисловий робот типу "Циклон 5.02" (див. рис. 3.2). Він призначений для автоматизації процесів холодного штампування, а також завантажувально-розвантажувальних операцій, міжверстатного транспортування та міжопераційного складування у заготівельних, механічних та інших цехах заводів ЗБВ. Робот типу "Циклон 5.02" замінює основних робітників на циклічних чи небезпечних операціях. Системи керування для робота типу "Циклон 5.02" передбачена марки УЦМ-30.

Основні характеристики робота типу "Циклон 5.02":

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

Для підвищення вантажопідемності промислового робота «Циклон 5.02» потрібно підвищити тиск в повітряній мережі до 0,6 МПа та підтримувати його в такому максимальному рівні. Варто розуміти, що тиск більше 0,6 МПа може призвести до аварійних ситуацій, адже не всі пристрої повітряної мережі розраховані на підвищений тиск.

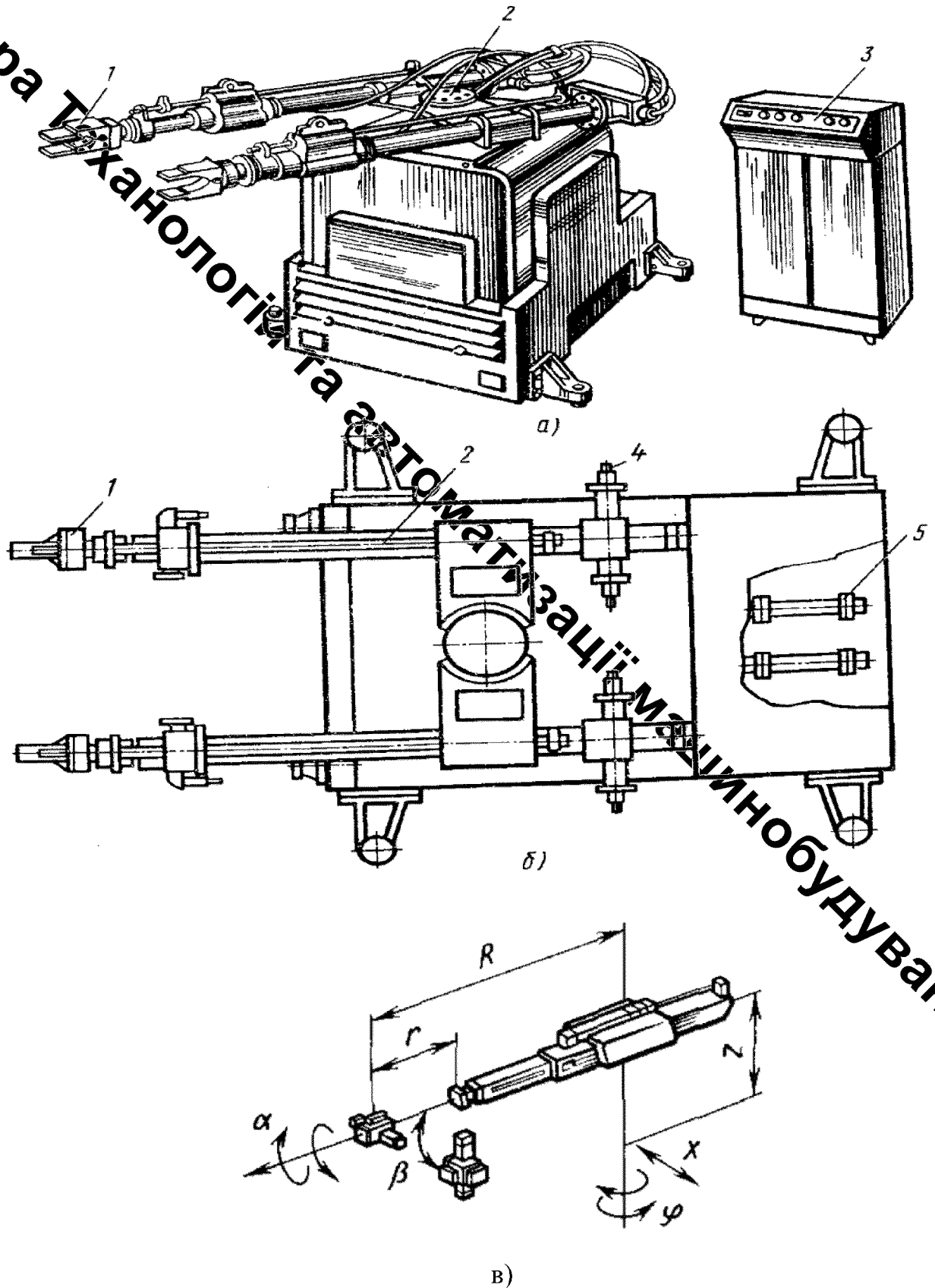


Рисунок 3.2 – Основні частини промислового робота типу «Циклон 5.02»

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

3.3 Проектування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату

Так як заготовка деталі «Вал коробки швидкостей» розташовується в токарному поворотному патроні за допомогою зовнішніх циліндричних поверхнь та бокового торця, то необхідно щоб вони залишилися вільними під час перенесення заготовки роботом. Для переміщення заготовки в просторі її установку в захваті промислового робота здійснюємо за зовнішню циліндричну поверхню, яка є значною (див. рис. 3.3).

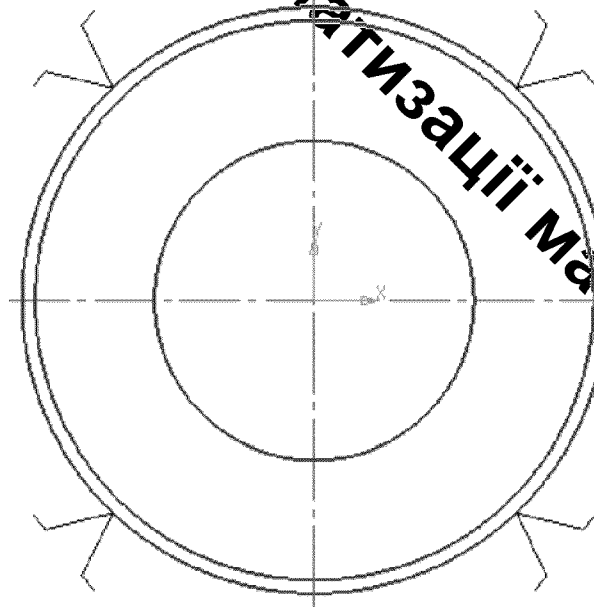


Рисунок 3.3 – Схема закріплення заготовки в захваті промислового робота

В моделі промислового робота «Циклон 5.02», використовують захватний пристрій наступної конструкції (див. рис. 3.4): на кінці кожного маніпулятора розташований фланець із закріпленим пристроєм, який має дві призматичні губки та пневматичний циліндр, яких здійснює поступальний рух, та змушує через важільні механізми рухатися губки на зустріч одна одній.

Схема з пневматичним циліндром працює наступним чином. При руху стисненого повітря до штокової камери пневматичного циліндра, він починає втягувати шток. Пружина в пневматичному циліндрі буде стискатися. Через систему

важелів губки на кінці механізму будуть зближуватись на зустріч одна одній, забезпечуючи необхідне зусилля затискання F .

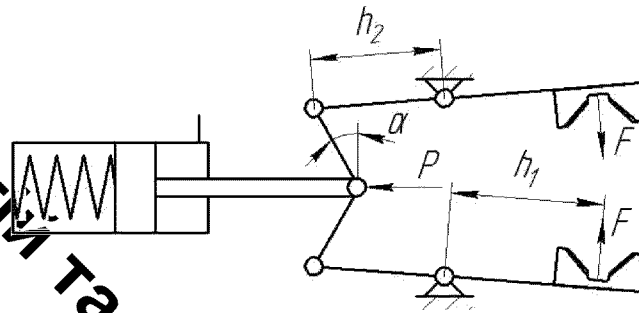


Рисунок 3.4 – Схема захватного пристрою промислового робота «Циклон 5.02»

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

Зусилля для затискання визначаємо із припущення, що утримання деталі «Вал коробки швидкостей» відбувається за рахунок сил тертя, які виникають за рахунок цього зусиллям.

Зусилля для затискання деталі «Вал коробки швидкостей» визначаємо за формулою [7]:

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

де m – маса деталі «Вал коробки швидкостей»;

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді:

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 3,262 \cdot 9,81 = 222,7 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затискання для вибраної схеми:

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

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

$$P = 0,035 / 0,045 \cdot 2 \cdot \sin(45^\circ) \cdot 222,7 = 243 \text{ (Н)}.$$

Визначимо діаметр поршня для циліндра односторонньої дії:

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

де P_v – робочий тиск повітря в системі, приймаємо $P_v = 0,6 \text{ МПа}$;

D – діаметр поршня;

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

приймаємо $F_{тр} = 24,3 \text{ Н}$;

$F_{пр}$ – зусилля, створене пружиною (в кінці ходу дорівнює 10% від зусилля, що розвивається), приймаємо $F_{пр} = 24,3 \text{ Н}$.

$$D = \sqrt{\frac{4(P + F_{тр} + F_{пр})}{\pi \cdot p_s}} = \sqrt{\frac{4(243 + 24,3 + 24,3)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,0249(\text{м}) = 24,9(\text{мм}).$$

Отже, приймаємо $D = 25 \text{ мм}$.

Знайдемо похибку розміщення заготовки деталі «Вал коробки швидкостей». Складовими ланками установчих розмірних ланцюгів – розміри заготовки деталі «Вал коробки швидкостей», пристосування, що розраховані за загальною методикою розмірного аналізу конструкції.

Розглянемо розміри, які виникають при автоматичній роботі програмного робота із заготовкою деталі «Вал коробки швидкостей» на верстат 16У6Ф3 (див. рис. 3.5):

V_Δ – відхилення осей затискного пристрою верстата та завантажувальної заготовки;

V_1 – відхилення осі заготовки та захватного пристрою;

V_2 – відхилення програмованого переміщення (в даному випадку це відстань між накопичувачем заготовок та верстатним пристосуванням);

V_3 – відхилення осі захвату від бази робота;

V_4 – відхилення відстані між верстатом та роботом;

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

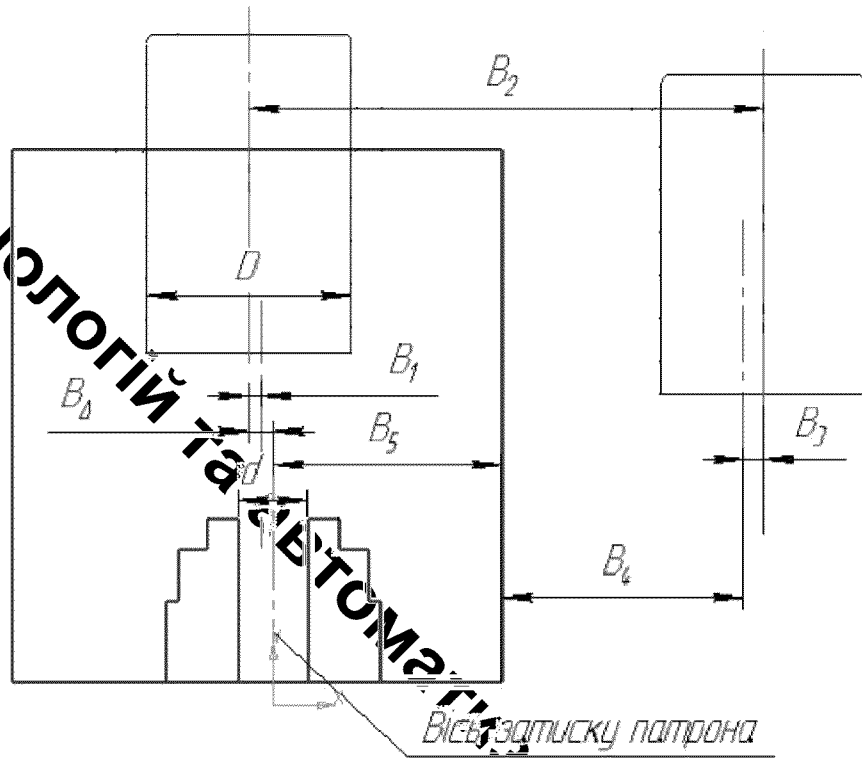


Рисунок 3.5 – Розрахунок похибки розміщення заготовки деталі «Вал коробки швидкостей»

Встановлення заготовки деталі «Вал коробки швидкостей» на призму можливо лише тоді, коли B_{Δ} не перевищує значення:

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

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

d – діаметр розкриття кулачків патрона (50 мм);

D – діаметр поверхні базування деталі (35 мм).

$$B_{\max} = (50 - 35) / 2 / 1,2 = 6,25 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо допуск розміру базування заготовки деталі «Вал коробки швидкостей» $35^{+0,1}_{-0,4}$ мм, тоді інші параметри будуть дорівнювати:

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

$$B_2 = 1400 \pm 1,55 \text{ (мм)};$$

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

$$B_4 = 60_{-0,72} \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 940_{-2,3} \text{ (мм)}$$

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

Оскільки $T_{\Delta} < B_{\max}$, то точність позиціонування заготовки деталі «Вал коробки швидкостей» достатня для виконання необхідної операції.

3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота

Розрахунок траєкторії закладемо у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Елементи траєкторії переміщення захвату робота

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

Продовження таблиці 3.1.

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

Продовження таблиці 3.1

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

3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця

Основними функціями допоміжного устаткування є:

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

Основною задачею, перед інженером для вибору допоміжного устаткування робочого місця є: заготовка деталі «Вал коробки швидкостей» під час початку руху повинна займати потрібне положення щодо захватного пристрою промислового робота, а зона роботи допоміжного устаткування має перетинатися з робочою зоною промислового робота типу «Циклон 5.02».

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

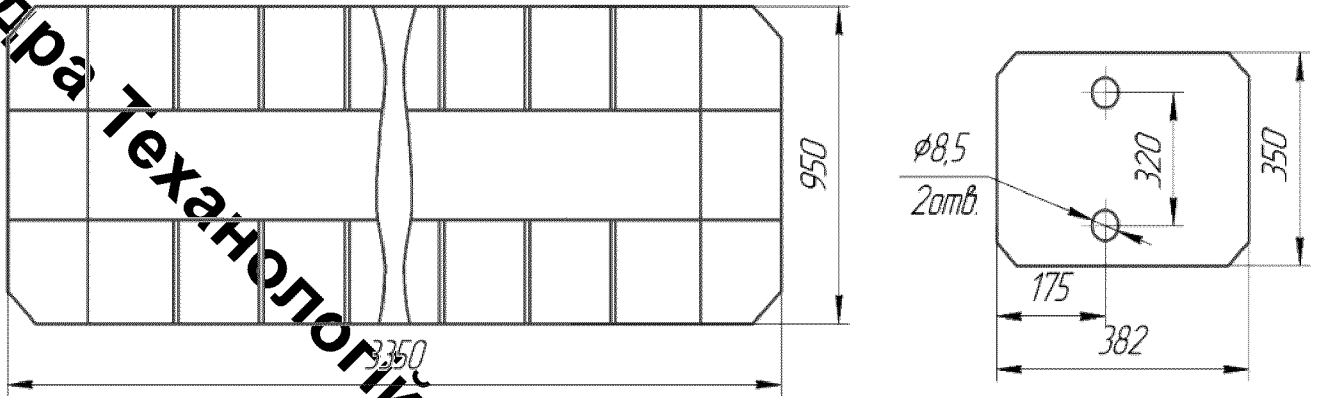


Рисунок 3.6 – Схема тактового столу СТ350 з розмірами пластини

Застосуємо кільцеву компоновку (див. рис. 3.7) устаткування розташованого безпосередньо навколо робота. Кільцева компоновка робочого місця дає зручність завантаження і розвантаження заготовок, безперешкодне переміщення захватного пристрою робота. Основна перевага полягає в забезпеченні скорочення допоміжного часу на закріплення і установку заготовки, що дозволяє зменшити штучно-калькуляційний час та підвищити продуктивність.

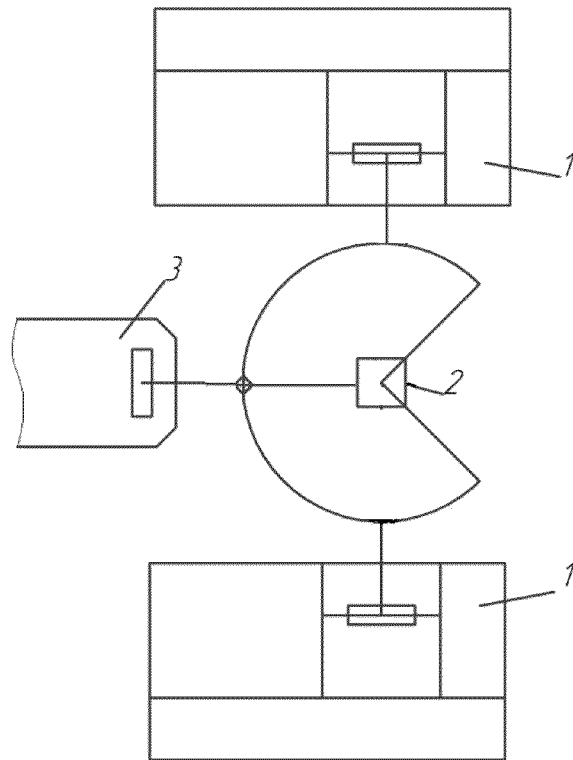


Рисунок 3.7 – Кільцева компоновка робочого місця промислового робота

3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті

Знайдемо швидкості лінійних переміщень. Для визначення швидкості лінійного позиціонування в діапазоні вильоту руки промислового робота, використовуємо формулу:

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

де L_x – виліт руки робота;

Δl – похибка позиціонування (5,87 мм);

M – маса заготовки деталі «Вал коробки швидкостей» (3,262 кг).

Отже, швидкість лінійного позиціонування із заготовкою деталі «Вал коробки швидкостей» перед операцією:

$$V_r = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{3,262}} = 0,37 (\text{м/с}).$$

а рід час відведення руки від накопичувача:

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{3,262}} = 0,04 (\text{м/с}).$$

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

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

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

L_z – довжина шляху при вертикальному переміщенні.

Швидкість вертикального переміщення із заготовкою деталі «Вал коробки швидкостей»:

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{3,262}} = 0,18 (\text{м/с}).$$

Знайдемо швидкість кутового переміщення. Кутова швидкість при повороті руки промислового робота типу «Циклон-02» щодо вертикальної осі:

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

де δ – похибка кутового позиціонування:

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

φ – кут повороту руки, град.

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

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

3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота

Циклограма роботи промислового робота типу «Циклон 5.02» є графічним відображенням послідовності роботи окремих його елементів і підсистем (див. рис. 3.8).

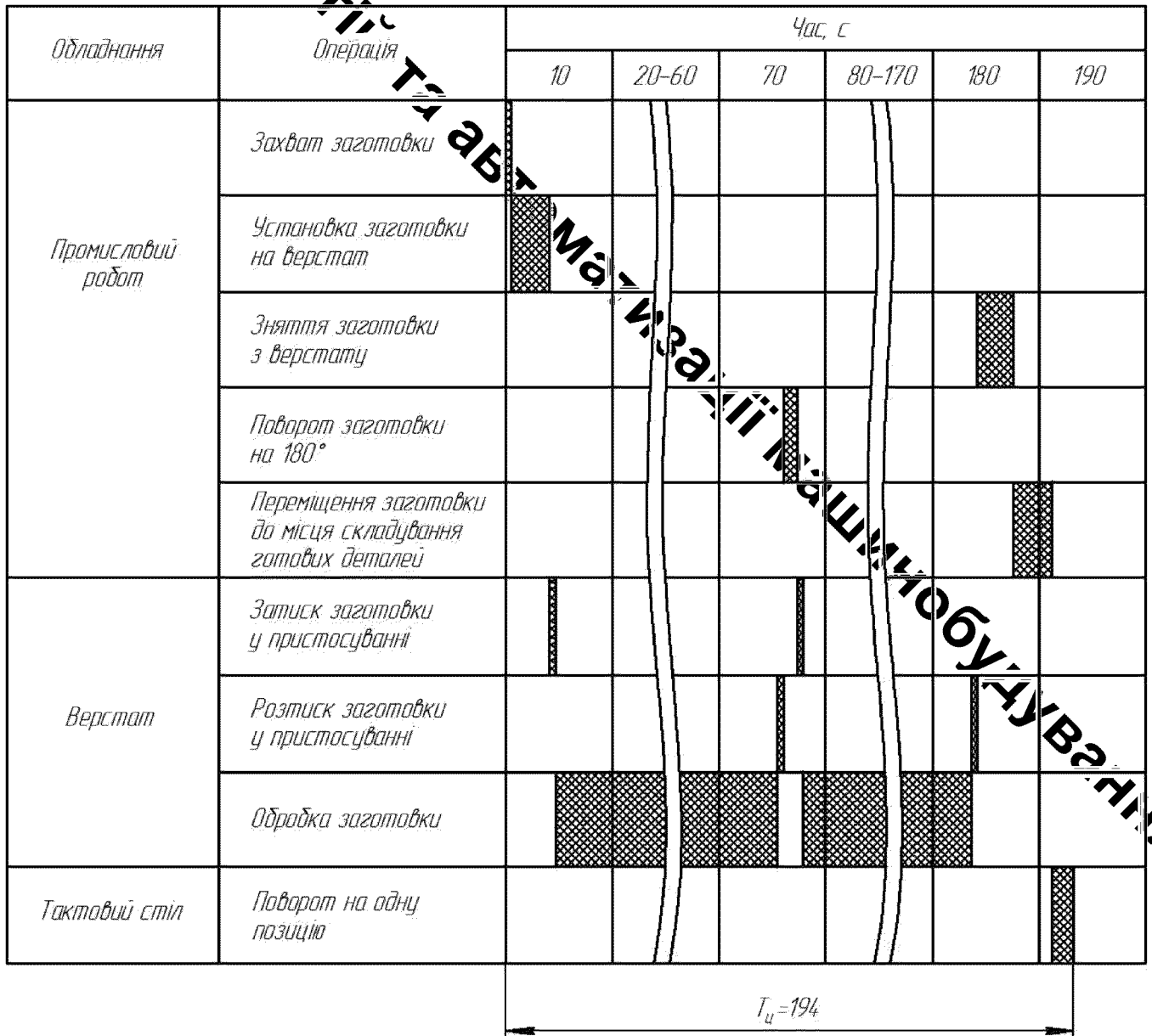


Рисунок 3.8 – Циклограма роботи промислового робота типу «Циклон 5.02»

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

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

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

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Продовження таблиці 4.1

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

Згідно результатів оцінювання можна охарактеризувати рівень комерційного потенціалу розробки «вище середнього» ($\overline{СБ}=34$), 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 «Вал коробки швидкостей» складає 1,59, точність обробки поверхонь забезпечує точність позиціонування та виконання функціональних обов'язків;

- за рахунок удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал коробки швидкостей» забезпечиться 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 механічної обробки таких як токарно-револьверний верстат 1Г340;

- токарно-револьверний верстат 1Г340 є досить перспективний проєкт, а потенційними покупцями цього товару можуть бути підприємства машинобудівної галузі;

- оскільки загальний ресурс роботи токарно-револьверного верстака 1Г340 з деталлю «Вал коробки швидкостей» 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 2023 році величини окладів рекомендується брати до 142000 грн за місяць для працівників професійної, наукової та технічної діяльності;

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

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Таблиця 4.2 – Розрахунки основної заробітної плати розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Керівник проектувальник	13000	590,91	20	11818
Інженер-конструктор 1-ї категорії	11000	500	20	10000
Технік 1-ї категорії	7150	325	3	975
Всього				22793

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:

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

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_m=6700,00$ грн./міс.;

K_{MKC} – 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;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Тоді

$$C_3 = \frac{6700 \cdot 1,35 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 92,51 \text{ (грн/год)};$$

$$C_5 = \frac{6700 \cdot 1,7 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 116,49 \text{ (грн/год)};$$

$$C_6 = \frac{6700 \cdot 2 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 137,05 \text{ (грн/год)}.$$

Таблиця 4.3 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати на робітника грн.
Шліцефрезерна операція	0,4	6	137,05	54,83
Шліфувальна операція	0,7	6	137,05	95,94
Токарна з ЧПК 1	0,7	5	116,49	81,54
Токарна з ЧПК 2	0,8	5	116,49	93,2
Фрезерна з ЧПК	0,5		116,49	58,24
Обслуговування промислового робота	0,2	5	116,49	23,3
Слюсарна операція	0,8	3	92,51	74
Миюча операція	0,4	3	92,51	37
Всього				518,05

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,11(22793 + 518,05) = 2564,22 \text{ (грн.)}.$$

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

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

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_1 – основна заробітна плата робітників, грн.;

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

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

$$Z_{ii} = (22793 + 518,05 + 2564,22) \cdot \frac{22}{100} = 5692,56 \text{ (грн).}$$

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

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

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

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

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

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

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

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.4 - Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Прокат круглий d=35 мм	65	3,262	1,152	7,2	225
Всього:					225

Розрахунок витрати на комплектуючі K_{θ} , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

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

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.
Пристосування для фрезерування	1	2000	2000
Робот типу «Циклон 5.02»	1	45000	49500
Інші дрібні комплектуючі	50	10	550
Всього			52250

Спецустаткування для наукових робіт. Проектування та удосконалення приводу подрібнювача для пластмаси 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;

$S_{pr.i}$ – 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;

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

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:

$$A_{обл} = \frac{C_б}{T_с} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн]}, \quad (4.1)$$

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

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

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

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	15	1	500
Вир. прим.	150000	15	1	833,33
Ноутбук	25000	5	1	400
Фрезерна з ЧПК	500000	15	1	2777,78
Шліцефрезерна операція	300000		1	1666,67
Токарна з ЧПК	400000	15	2	4444,44
Шліфувальна операція	200000	15	1	1111,11
Робот типу «Циклон 5.02»	45000	15	1	250
Інше обладнання	10000	5	1	166,67
Всього				12150

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

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{ani}}{\eta_i} \text{ [грн]}, \quad (4)$$

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_{ani} - коефіцієнт, що враховує використання потужності, приймаємо 0,75;

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

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{\text{опт}} + C_{\text{розп}} + C_{\text{пост}}) \left(1 + \frac{\text{ПДВ}}{100\%}\right) \quad (4.12)$$

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

$C_{\text{розп}}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ), грн за 1кВт·год [19];

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

$$C_e = (4719.83 + 315.93 + 0.121) \cdot (1 + 0.2) / 10^3 = 6.04 \text{ грн}$$

Таблиця 4.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Ноутбук	0,3	160	2,76
Фрезерна з ЧПК	3	0,5	8,5
Шліцефрезерна операція	11,15	0,7	44,24
Токарна з ЧПК	6,3	1,5	53,56
Шліфувальна операція	3	0,4	6,8
Робот типу «Циклон 5.02»	1	0,75	5,67
Інше обладнання	2	10	113,36
Всього			503,93

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

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

$$B_{cv} = 0,22(22793 + 518,05) = 5128,43 \text{ (грн)}.$$

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

Таких робіт не передбачено 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:

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

$$I_g = 0,5(22793 + 518,05) = 11655,53 \text{ (грн)}.$$

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.

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

$$H_{нзв} = 1,25(22793 + 518,05) = 29138,81 \text{ (грн)}.$$

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

$$B_{заг} = 22793 + 518,05 + 2564,22 + 5692,56 + 225 + 52250 + 26398,9 + 0 + \\ + 12150 + 503,93 + 5128,43 + 0 + 11655,53 + 29138,81 = 169018,43 \text{ (грн)}$$

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

$$ЗВ = 169018,43 / 0,9 = 187798,26 \text{ (грн)}$$

4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково- дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t}, \quad (4.15)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи, $I = 2...5$, приймаємо 3;

n – коефіцієнт використання результатів роботи: $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок;

T_C – коефіцієнт складності роботи, $T_C = 1...3$, приймаємо 2;

R – коефіцієнт результативності роботи: результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн;

t – час проведення дослідження, років.

$$K_p = (3^3 \cdot 2 \cdot 4) / (187,8 \cdot 0,083) = 13,86$$

Так як $K_p > 1$, то науково-дослідна робота є ефективною.

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

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей», то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його ключових характеристик – 20 шт; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 20 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 200000 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу 2000 грн.

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

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

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

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

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

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

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

n – кількість років, протягом яких здійснюється 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 $\rho = 0,25$;

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (2000 \cdot 200 + 202000 \cdot 20) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 758469,66 \text{ (грн.)}$$

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

$$ПП = \sum_1^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \text{ [грн]}, \quad (4.16)$$

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:

$$ПП = \frac{758469,66}{(1+0,1)^2} + \frac{758469,66}{(1+0,1)^3} + \frac{758469,66}{(1+0,1)^4} + \frac{758469,66}{(1+0,1)^5} = 2185679 \text{ (грн.)}$$

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

$$PV = k_{inv} \cdot ЗВ \text{ [грн]},$$

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.

$$PV = 2 \cdot 187798,26 = 375596,52 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту)

складає:

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

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

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

Якщо $E_{абс} > 0$, 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

$$E_{абс} = (2185679 - 375596,52) = 1810082,48 \text{ (грн.)}$$

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:

$$E_v = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (4.19)$$

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

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

$$E_e = \sqrt[5]{1 + \frac{1810082.48}{375596.52}} - 1 = 0,37 = 37\% .$$

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

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

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = (0,16...0,22)$;

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

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

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

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

Оскільки $E_b = 37\% > \tau_{\min} = 23\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

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

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

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

$$T_{ок} = \frac{1}{0,37} = 2.7 \text{ (років)}.$$

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 інше. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності. За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи, оскільки вона є економічно виправданою. Термін окупності вкладених коштів у реалізацію наукового проекту становить $T_{ок}=2.7$ роки. Крім того відносна ефективність вкладень $E_b=37\%$ є більшою за мінімальну ставку дисконтування $\tau_{мін}=23\%$, що може зацікавити у фінансуванні даної наукової розробки. Приведена вартість прибутків становить $ПП=2185679$ грн.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ УДОСКОНАЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»

Збереження трудових ресурсів і підвищення професійної активності працюючих відбувається завдяки покращенню стану здоров'я і подовженню середньої тривалості життя шляхом покращення умов праці. Заходи із поліпшення самопочуття та мотивації працівників підвищують трудову активність і сприяють підвищенню професійного рівня.

На працівника під час дослідження удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «вал коробки швидкостей» могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

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

.2. Психофізіологічні:

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

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Велике значення має характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця дослідника за ПК були дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Площа приміщення на одне робоче місце користувача повинна становити 6 м^2 , а об'єм не менше ніж 20 м^3 .

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

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

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

При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору:

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

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;

- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

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

Робочі місця з ПК повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1,5 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна повинен складати не менше 90° (для виключення відблисків), частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікна кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори. При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 2 м, від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого ПК – 2,5 м.

Приміщення, де здійснювалося дослідження удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал кінцевий швидкостей» за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до I класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [23].

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

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

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

– Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Дослідження з удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [25]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.

2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.

3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми

встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

В приміщенні, де здійснюється дослідження з удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» можливими шкідливими речовинами у повітрі є пи́л та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

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

роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [26]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 - Норми освітленості в приміщенні

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

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

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

5.2.4 Виробничий шум

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

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

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [27]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

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

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

5.2.5 Виробничі випромінювання

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

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця.

Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон. Відтак, захист від ЕМВ не лише покращить самопочуття працівників, але і допоможе створити більш сприятливі умови для праці.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

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

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

5.3 Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

5.3.1 Дія радіації на живі організми

Так як 70% маси тіла складається з води, то під впливом радіації розпочинається утворення вільних радикалів гідроксогрупи та гідрогени, які в свою чергу продукують пероксид гідрогену. Утворені радикали окислюють і відновлюють молекули органічних сполук. Цими речовинами є білки, ліпіди, нуклеопротейди, ферменти та інші.

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури клітин та тканини.

Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені радикали та інші продовжують свою активну дію ще деякий період часу [28]. Виникає період вторинної дії іонізуючих випромінювання.

5.3.2 Визначення доцільного часу завершення евакуації населення з зараженої внаслідок аварії на АЕС місцевості автотранспортом

Визначити доцільний час початку евакуації населення з зараженої внаслідок аварії на АЕС місцевості автотранспортом ($K_{осл} = 2,0$) з швидкістю $V = 32$ км/год на відстань $L = 70$ км, якщо виміряний рівень радіації через $t = 4,3$ год зараження складає $P_t = 8,5$ р/год. Допустима доза опромінення $D_{дон} = 6$ р.

Доцільний час початку евакуації населення визначимо з формули

$$D_{дон} = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, [p] \quad (5.1)$$

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

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення радіації.

Тривалість руху під час евакуації визначимо за формулою

$$t_p = L / V \text{ [год]}. \quad (5.2)$$

Рівень радіації через 1 год після аварії знайдемо з формули

$$P_t = P_1 t^{0,5} \text{ [р/год]}, \quad (5.3)$$

звідки

$$P_1 = P_t / t^{0,5} = P_t t^{0,5} \text{ [р/год]}. \quad (5.4)$$

Час початку опромінення визначимо за формулою

$$t_{\kappa} - t_p \text{ [год]}. \quad (5.5)$$

Прирівнявши можливу дозу опромінення до допустимої отримаємо

$$\sqrt{t_{\kappa}} - \sqrt{t_{\kappa} - t_p} = \frac{D_{\text{дон}} K_{\text{осл}}}{2P_1} = a \text{ [год]}. \quad (5.6)$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння (6.6)

$$t_{\kappa} - 2\sqrt{t_{\kappa}}\sqrt{t_{\kappa} - t_p} + t_{\kappa} - t_p = a^2, \quad (5.7)$$

або

$$2\sqrt{t_{\kappa}}\sqrt{t_{\kappa} - t_p} = -t_p + 2t_{\kappa} - a^2. \quad (5.8)$$

Знову піднесемо до квадрату обидві частини рівняння (6.8)

$$4t_{\kappa}^2 - 4t_{\kappa}t_p + = 4t_{\kappa}^2 - 4t_{\kappa}(t_p + a^2) + (t_p + a^2)^2, \quad (5.9)$$

звідки

$$t_{\kappa} = \frac{(t_p + a^2)^2}{4a^2} \text{ [год]}. \quad (5.10)$$

Після підстановки відомих значень у формули (5.2, 5.4, 5.6, 5.10), отримаємо:

$$t_p = 70 / 32 = 2,19 \text{ (год)};$$

$$P_1 = 8,5 \cdot 4,3^{0,5} = 17,63 \text{ (р/год)};$$

$$a = \frac{6 \cdot 2,0}{2 \cdot 17,63} = 0,34 \text{ (год)};$$

$$t_k = \frac{(2,19 + 0,34^2)^2}{4 \cdot 0,34^2} = 11,49 \text{ (год)}.$$

В результаті визначено, що доцільний час завершення евакуації населення з зараженої внаслідок аварії на АЕС місцевості автотранспортом складає 11,49 год.

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

ВИСНОВКИ

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

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкції деталі «Вал коробки швидкостей» та її службове призначення. Не виявлено шляхів вдосконалення конструкції деталі «Вал коробки швидкостей», а коефіцієнт запасу міцності становить 1,59. В результаті закріплено тип виробництва – середньосерійний з формою організації роботи – групова. Проведено огляд попередніх розрахунків, обрано заготовку, попередньо сформульований маршрут механічної обробки та режими різання.

В другому розділі складено спроектовано та удосконалено конструкцію верстатного пристосування для обробки деталі типу «Вал коробки швидкостей». Досліджено силові характеристики затискного пристрою і підібрано максимально продуктивні режими різання із забезпеченням його ефективної роботи. Розраховано ріжучий інструмент для обробки шпонкового пазу 6N9 та контрольно-вимірювальний інструмент – калібр-скобу для перевірки $\varnothing 20h6$.

В третьому розділі запропоновано удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Вал коробки швидкостей» за рахунок використання промислового робота «Циклон 5.02». Підібрано також тактовий стіл СТ350 для автоматичної подачі заготовок до рукояті робота типу «Циклон 5.02». Це дозволило зменшити витрати на допоміжні операції до 20 секунд, що складає 10% штучно-калькуляційного часу, та замінити двох робітників токарного верстата 16Б16Ф3 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 2185,68 тисяч грн з терміном окупності за 2,7 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. Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал коробки швидкостей" з використанням CAD/CAM/CAPP-систем [Текст]: бакалаврська дипломна робота із спеціальності 131 – Прикладна механіка / А.Д. Барановський. Вінниця: ВНТУ, 2021. – 69 с.
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія.– К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 280 с.
4. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
5. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. 392 с.
6. 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.
7. Д.О. Лозінський. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Роботизовані технологічні комплекси” / Лозінський Д.О. – Вінниця: ВНТУ, 2013 – 43 с.
8. 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.
9. Комп’ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с

10. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин : навч. посібник / За ред. проф. З. А. Стецька. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 321 с

11. Підбір шпинделя для фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / О. А. Солецький, К. О. Воловий, П. А. Кузьменко [та ін.] // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17390>.

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

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

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

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

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

17. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії. Режим доступу: <https://www.oree.com.ua/index.php/pricestr>

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

19. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Режим доступу: https://www.nerc.gov.ua/sferi_diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na

elektroenergiyu-dlya-nepobutovih spozhivachiv/tarifi-na-poslugi-z-rozpodilu-elektrichnoyi-energiyi

20. Тарифи на постачання електричної енергії. Режим доступу: <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-01042023>

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

22. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_01.php.

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

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

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

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

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

28. 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.

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 «Вал коробки швидкостей»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звітності подібності Unichек

Оригінальність 93,7 схожість 6,3

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 _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Солецький О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Піонткевич О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

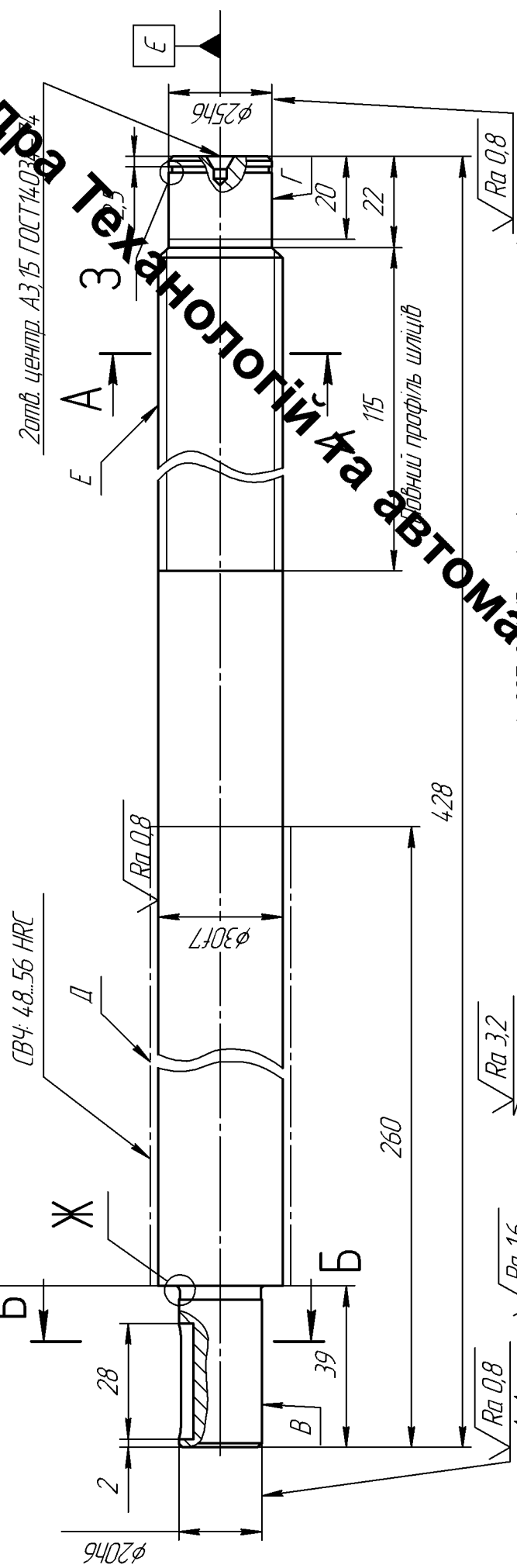
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВІД КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ»

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

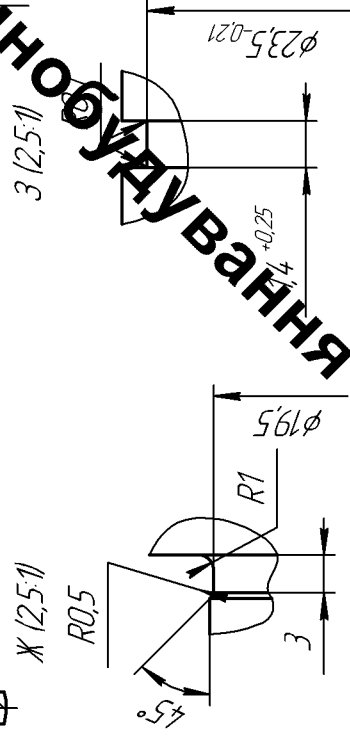
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-64.МКР.020.00.001

Лист № _____
 Справа № _____
 Листів _____



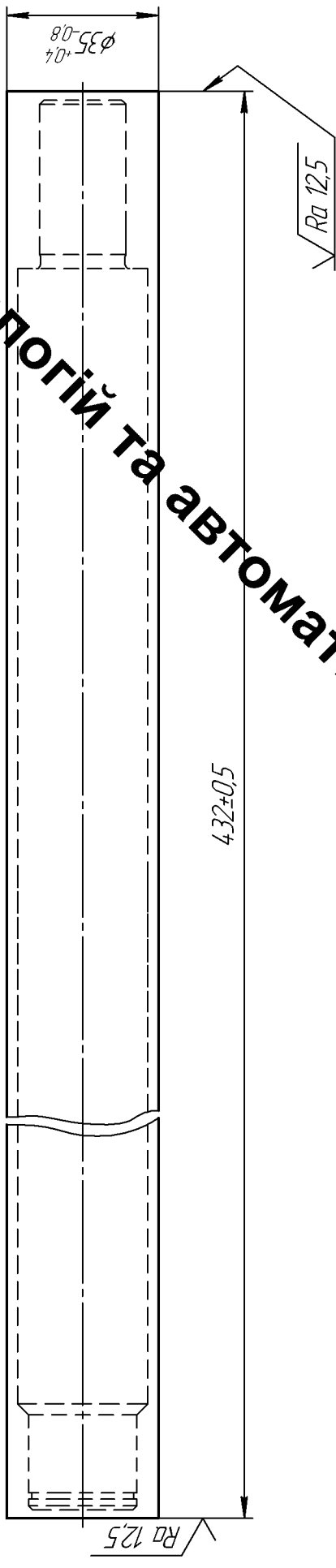
1. 207-21 НВ, крім місць показаних на кресленні
2. Вказані фаски 1x45°
3. Допуск радіального діаметра поверхонь В, Г, Д, Е відносно вісі 1/0,01мм
4. Допуск паралельності докобних поверхонь шліців відносно вісі 0,02мм
5. Допускаються сліди шліців на поверхні Г.
6. Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, валів h14, інші ± 2
IT14



08-64.МКР.020.00.001		Лист	Масса	Масштаб
Вал каретки швидкостей		Н	2,11	1:1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ВНЧ, ст. зр. 2ПМ-22М		Лист	Листов	1
Изм./Лист	№ док.ум.	Дата		
Разраб. Селецький		06.12		
Проб. Понтькевич		07.12		
Г.контр.				
Н.контр. Сердюк		13.12		
Утв. Кошолов		15.12		

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-64.МКР.020.00.002



- Кривизна прокату не більше 0,2 мм
- Відхилення від овальності 0,1 мм
- Паралельність торців 0,2 мм

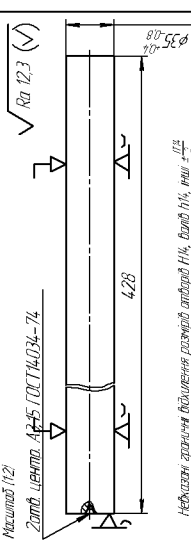
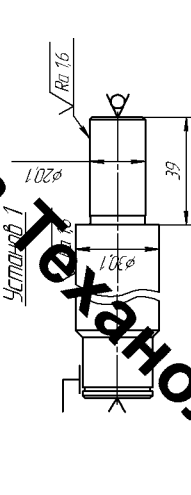
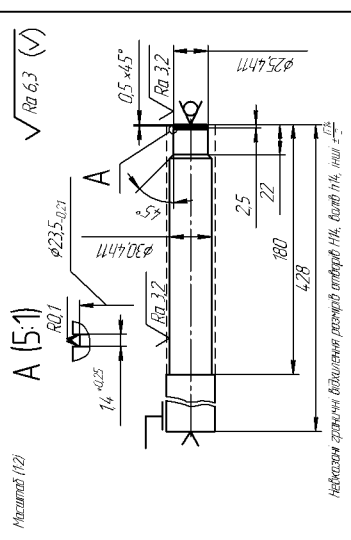
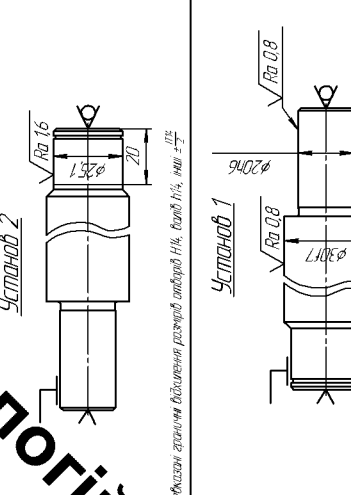
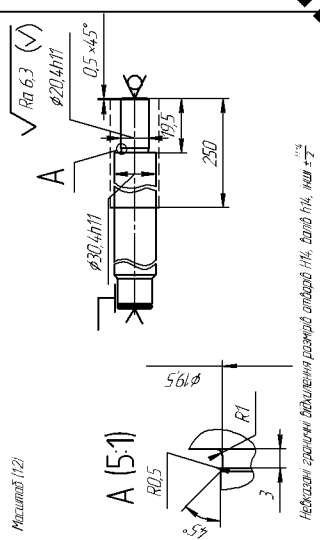
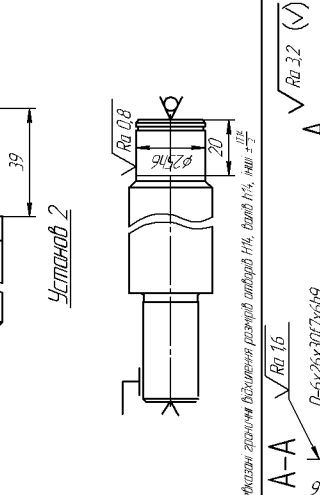
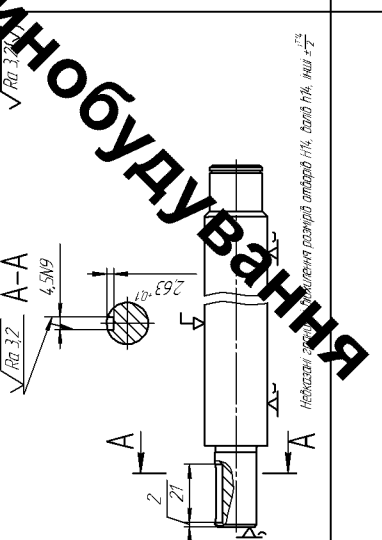
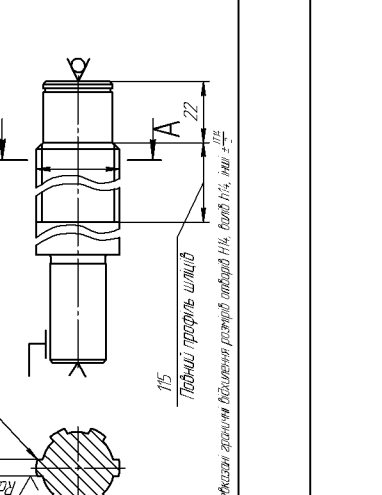
08-64.МКР.020.00.002

Лист	Маса	Масштаб	Лист	Листов	1
Н	3,262	1:1	Лист	Листов	1
Вал карданки швидкостей (заготовка)			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ВНЧ, ст. зр. 2ПМ-22М		
Изм/Лист	№ док.им.	Дата	Начерт.	Сервок.	Утв.
Резерв.	Солецький	06.12	Понтедвич	Сердов	Козлов
Проб.	Понтедвич	07.12			
Г.контр.					
		13.12			
		15.12			

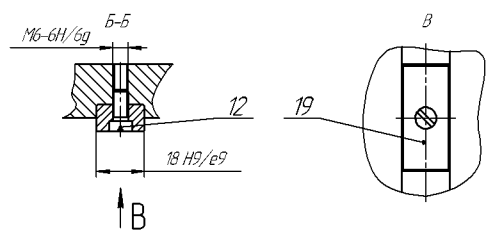
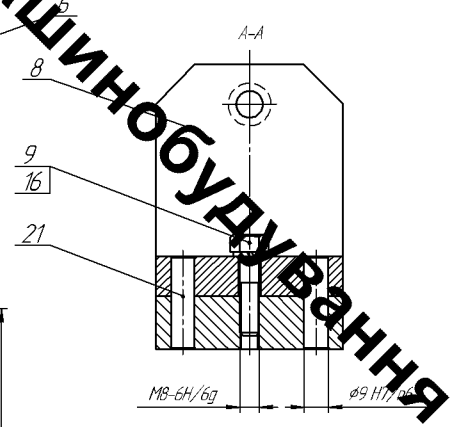
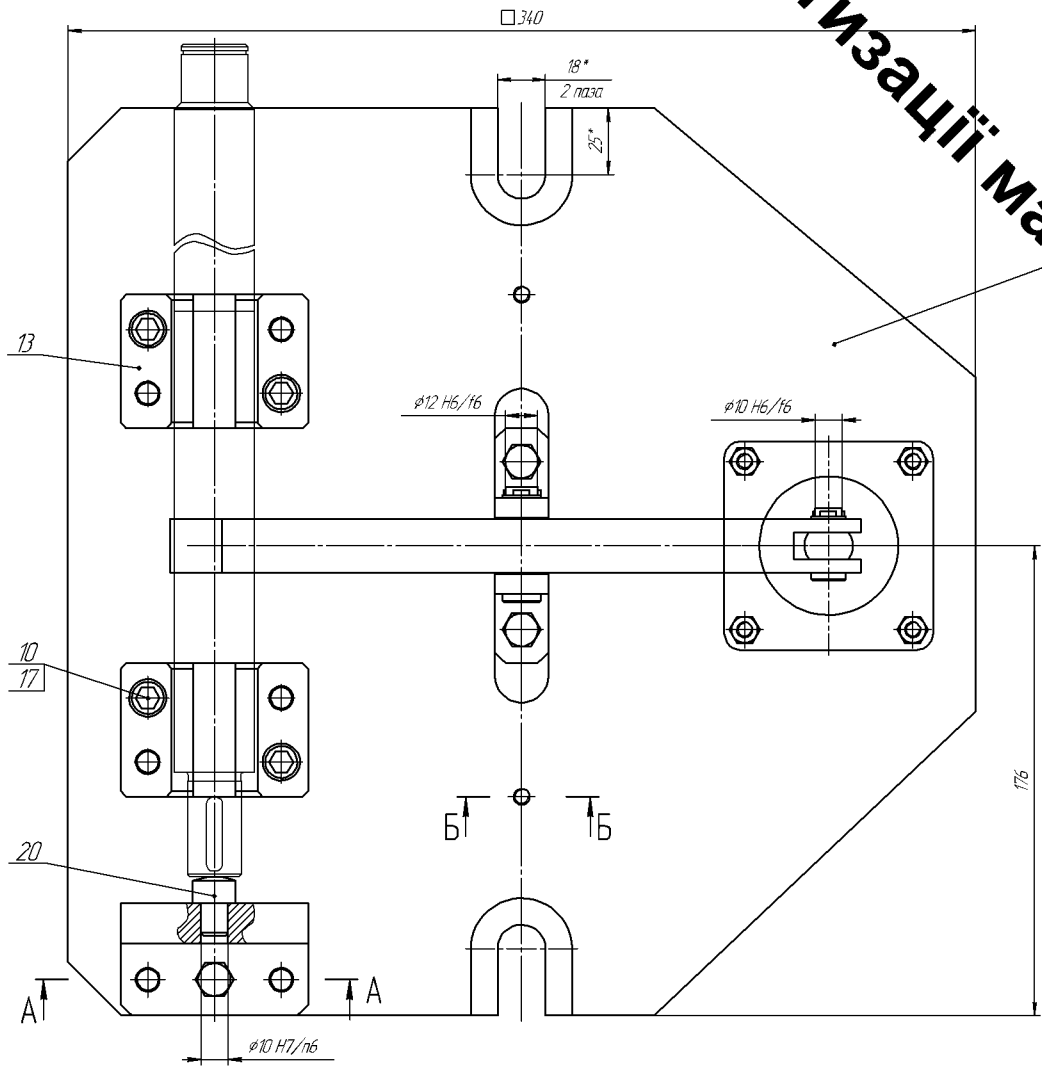
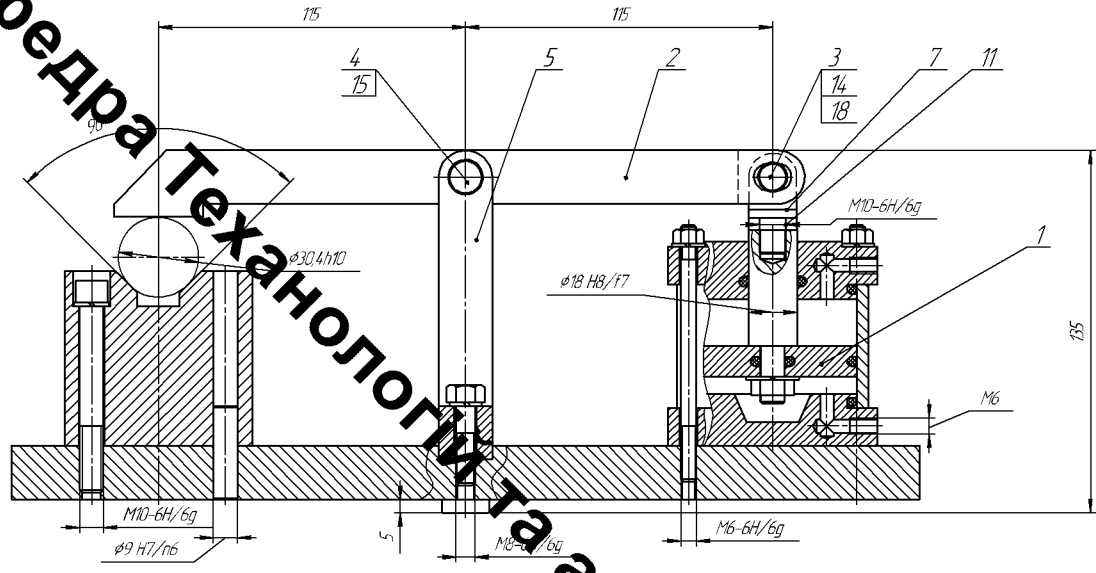
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № отд.	Инд. № отд.	Лист. и дата
Лист. и дата				Спроб. №	Лист. и дата

Маршрут механічної обробки

Кафедра Технологій та Автоматизації

№ опер	Найменування операції... Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	№ опер	Найменування операції... Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки
005	<p>Фрезерно-центровальна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Фрезерувати 2 торця у розмір 428 мм Центрувати 2 торця у розмір А3,15 по ГОСТ 14034-74. Зняти заготовку. 	<p>Масштаб 1:2</p>  <p>Заг. центр. А3,15 ГОСТ 14034-74</p> <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>	030	<p>Круглошлифовальна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати $\phi 20\text{h}6$ в розмір $\phi 20\text{H}11$ товщ $\phi 30\text{f}7/\phi 20\text{h}6$ у розмір 39 мм Шліфувати $\phi 30\text{f}7$ в розмір $\phi 30\text{H}11$ на всю довжину Переустановити деталь Шліфувати $\phi 25\text{h}6$ в розмір $\phi 25\text{H}11$ у розмір 20 мм Зняти заготовку. 	<p>Круглошлифовальна верстат моделі ЗМТ1</p>  <p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p> <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>
010	<p>Токарна прозерванд</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Точити поверхню $\phi 30\text{f}7$ в розмір $\phi 31,4$ на довжину 180 мм. Точити поверхню $\phi 26,4$ в розмір $\phi 26,4$ на довжину 21 мм Точити деталь за зовнішнім контуром вилучуючі розміри: $\phi 25,4$, $\phi 30,4$, 22, 180; фаска $\text{h}45\text{O}$; конус $\phi 30\text{f}7/\phi 25\text{h}6$ під кутом 45° Точити канавку В=1,4 у розмір $\phi 23,5$ вилучуючі 2,5 мм. Зняти заготовку. 	<p>Масштаб 1:2</p>  <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>	035	<p>Круглошлифовальна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати $\phi 20\text{h}6$ у розмір $\phi 20\text{H}11$ Шліфувати $\phi 30\text{f}7$ на всю довжину Переустановити деталь Шліфувати $\phi 25\text{h}6$ в розмір $\phi 25\text{H}11$ Зняти заготовку. 	<p>Круглошлифовальна верстат моделі ЗМТ1</p>  <p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p> <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>
015	<p>Токарна прозерванд</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Точити поверхню $\phi 30\text{f}7$ в розмір $\phi 31,4$ на довжину 250 мм. Точити поверхню $\phi 20\text{h}6$ в розмір $\phi 21,4$ на довжину 37 мм. Точити деталь за зовнішнім контуром вилучуючі розміри: $\phi 20,4$, $\phi 30,4$, 38, 7; фаска $\text{h}45\text{O}$ Точити канавку В=3 у розмір $\phi 19,5$ для виходу шліфувальною кружкою Зняти заготовку 	<p>Масштаб 1:2</p>  <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>	040	<p>Шлифферезернд</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Нарізати шліці D=6x26x30f7xh6f9 вилучуючі розмір 115 мм. Зняти деталь. 	<p>Шлифферезернд верстат моделі ЗС50А</p>  <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>
020	<p>Шліфочно-фрезернд</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Фрезерувати лаз В=6N9 вилучуючі розміри 2 мм і 28 мм Зняти заготовку. 	<p>Масштаб 1:2</p>  <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>	045	<p>Промити деталь</p>	<p>Шлифочно-фрезернд верстат моделі 692P</p>  <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н/к, валив Н/к, інші згідно з ГОСТ 14034-74</p>
025	Термін		050	Технічний контроль	

Кафедра Технологія та Автоматизація Машинобудування



Технічна характеристика
 1. Робочий тиск в пневмомережі МПа - 0,4
 2. Зусилля на штоці пневмоциліндра Н - 1060
 3. Діаметр пневмоциліндра мм - 63
 4. Хід штока пневмоциліндра, мм - 35

Технічні вимоги
 1. Пневмоциліндр випробувати тиском рівним 1,25 робочого
 2. Розміри для довідок

				08-64.МКР.020.01.000 СК			
№ змін	№ документації	№ вид.	Дата	Пристрій для фрезерування шпандоного пасу ϕ -63/9	Лист	Масштаб	
Розроб.	Логовинська	18.12	2011		Н	20	1:1
Проб.	Логовинська	01.12			Лист	Листів	1
Листов.							
Надано	Стежок	11.12		ВНТУ, ст. зр.ЗПМ-22М			
Знак	Козуб	26.12		Формат А1			

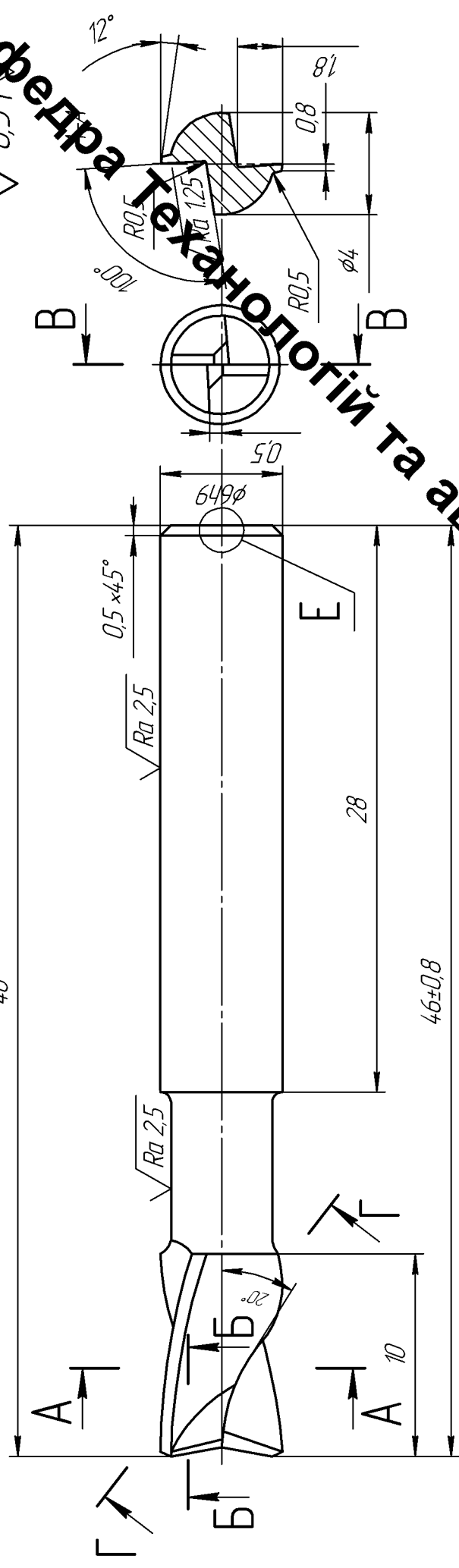
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			08-64.МКР.020.01000 СК.	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-64.МКР.020.01100 СК.	Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	08-64.МКР.020.01001	Важіль	1	
		3	08-64.МКР.020.01002	Вісь $\phi 10f6$	1	
		4	08-64.МКР.020.01003	Вісь $\phi 12f6$	1	
		5	08-64.МКР.020.01004.	Вилка	1	
		6	08-64.МКР.020.01005	Плита	1	
		7	08-64.МКР.020.01006	Тяга	1	
		8	08-64.МКР.020.01007.	Упор	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт		
		9		M8-6gx35 ГОСТ 7805-70	3	
		10		M10-6gx80 ГОСТ 11738-71	4	
				Гайка ГОСТ 5927-70		
		11		M10x15-6H	1	

					08-64.МКР.020.01.000		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій для фрезерування шпоночного пазу $\psi=6N9$ ВНТУ, ст. гр.2ПМ-22М		
Виконав	Солецький			06.12			
Перев.	Піонткевич			07.12			
Н.контр.	Сердюк			13.12			
Затв.	Козлов			15.12			
					Літ.	Аркуш	Аркушів
					Н	1	2

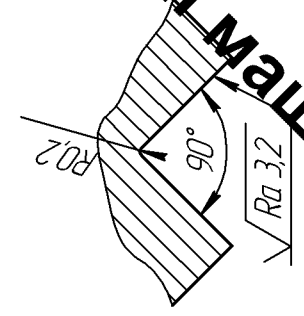
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

	Кількість	Примітка	Найменування	Позначення	Поз.	Зона	
			Гвинт ГОСТ 1491-80				
	2		М6-6gx15		12		
	2		Призма 7033-0035 ГОСТ 12195-76		13		
			Шайба ГОСТ 10450-78				
	1		10		14		
	1		12		15		
			Шайба пружинна ГОСТ 6402-70				
	3		8 Л 65Г 02 7		16		
	4		10 Л 65Г 02 9		17		
	2		Шпилька ГОСТ 397-79 2x12.0.019		18		
	2		Шайба 18x10x40 ГОСТ 14737-69		19		
	1		Штифт 7034-0329 ГОСТ 13441-68		20		
	6		Штифт 91025 ГОСТ 3128-70		21		

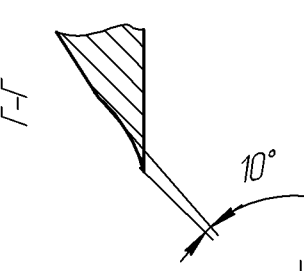


1. Твердість ріжучої частини – 63..65 HRC хвостової – 35..45 HRC
2. Не допускачі поверхні фрези не повині бути безуглецевого шару і шліф з пониженою твердістю
3. Допустиме зменшення діаметру фрези по напрямленню до хвостовика не більше 0,02 мм, на довжині робочої частини
4. Радіальне ділиття ріжучих кромок зубів відносно вісі поверхні хвостовика не більше 0,02мм
5. Торцьове ділиття ріжучих кромок відносно вісі поверхні хвостовика – не більше 0,03мм

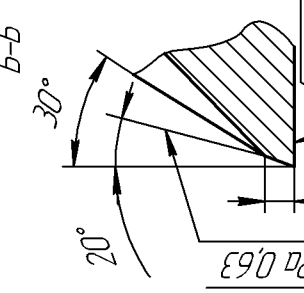
Д-Д (збільшено)



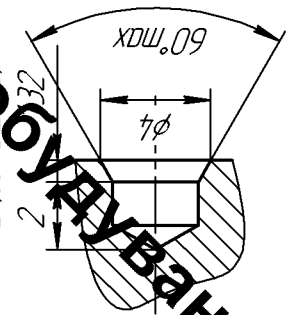
Г-Г



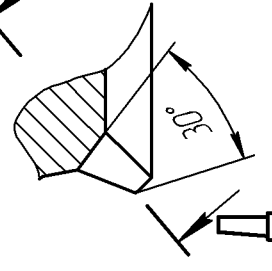
Б-Б



Е (збільшено)



Д



08-64.МКР.0200.02.000		Лист	Масса	Масштаб
Фреза шпонкова φ6		Н		5:1
Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73		Лист	Листов	1
Изм. № подл.	Дата	Исполн.	Сервиз	Угол
	06.12			13.12
	07.12		Козлов	15.12

Изм. № подл. Дата Исполн. Сервиз Угол

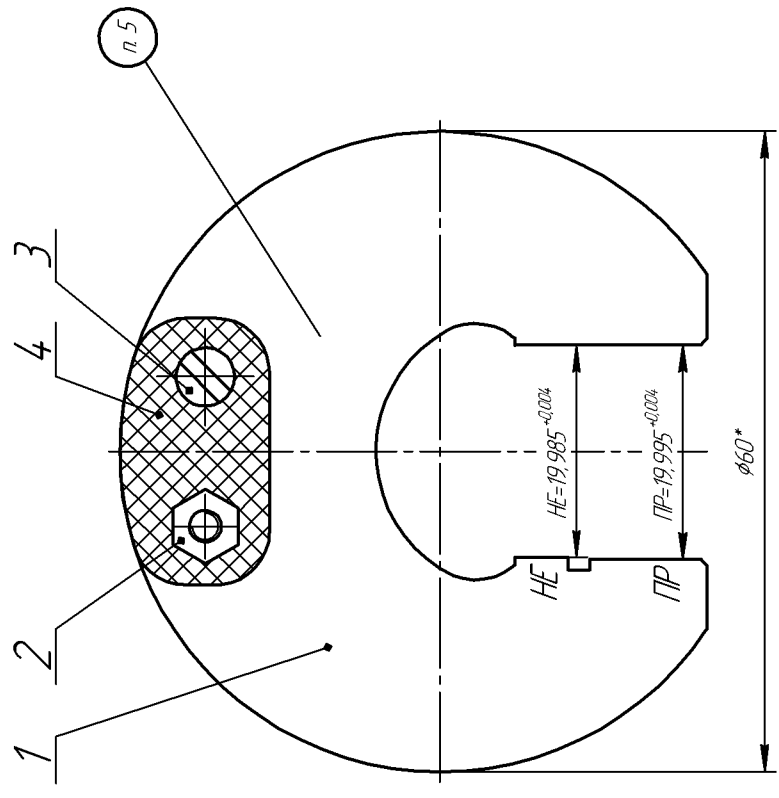
Вам. инв. № Инв. № одл. Подп. и дата

Спроб. №

Лист. прмен.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-64.МКР.020.03.000 СК



- 1. Розміри для довідок.
- 2. Твердість вимірвальних поверхонь 58...64 HRC.
- 3. Покрыття неробочих поверхонь – хім. окс. прм. по ГОСТ 9791-68
- 4. Тенічна характеристика – по ГОСТ 2015-69
- 5. Маркування по ГОСТ 2015-69 з позначенням калібр-скоди
- 6. Невказани граничні відхилення розмірів – H14, h14, ± $\frac{IT}{2}$

08-64.МКР.020.03.000 СК		Лист	Масса	Масштаб
Калібр-скода		Н	0,14	2:1
φ20h6		Лист	Листов	1
		Начерт.	Сердок	13.12
		Утв.	Козлов	15.12
		ВНТУ, ст. зр. 2ПМ-22М		

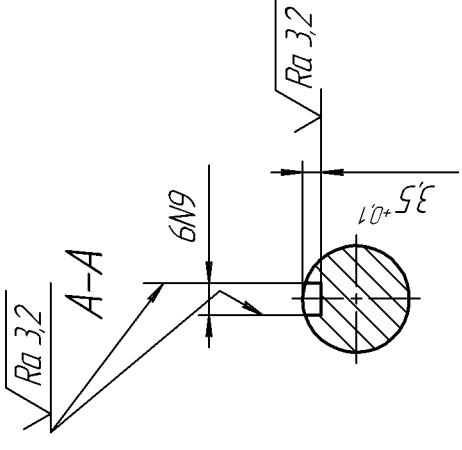
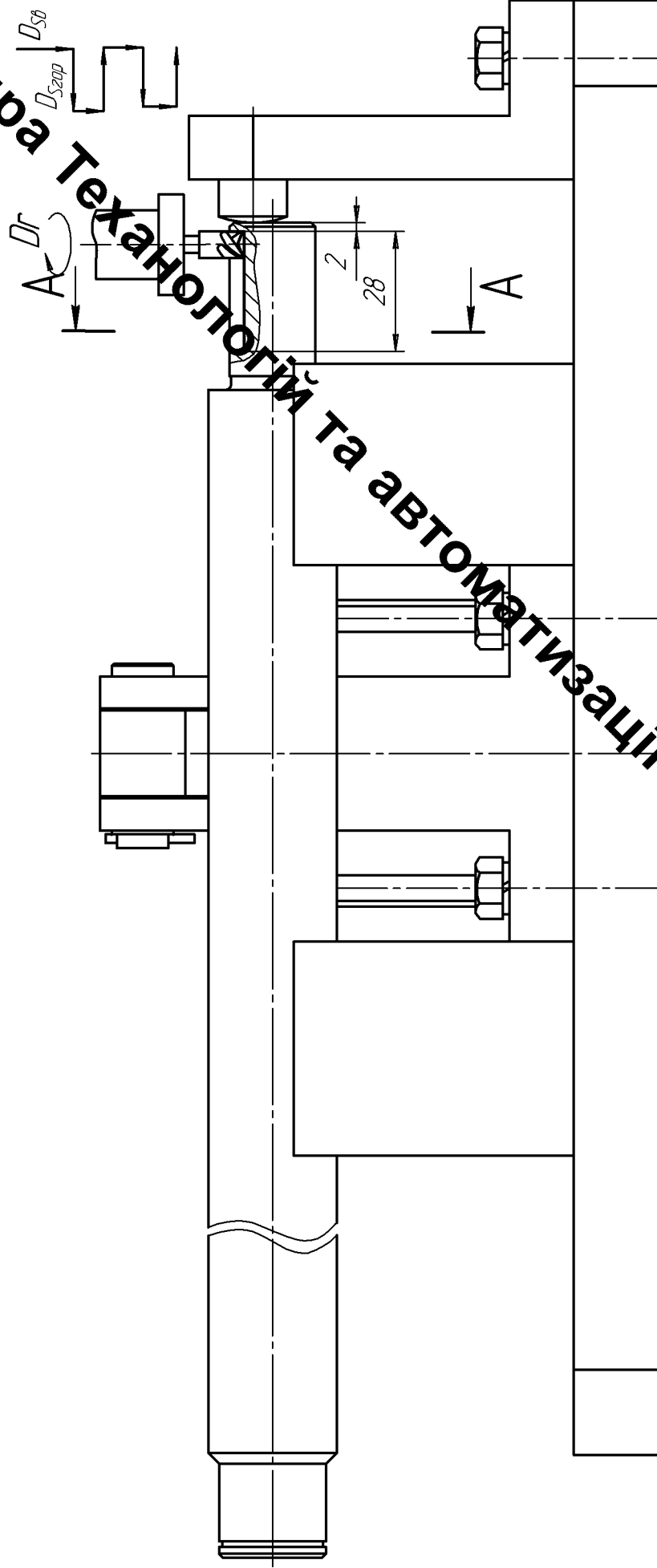
МНБ, № подл.	Підп. і дата	Вам. МНБ, №	МНБ, № відл.	Підп. і дата	Спроб. №	Лист. п.н.м.н.
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	----------	----------------

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A3			08-64.МКР.020.03.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	08-64.МКР.020.03.001	Корпус	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		2		Гайка М3-6Н ГОСТ 5927-70	2	
		3		Голова М3-6dх12 ГОСТ 1491-80	2	
				Ручка-накладка ГОСТ 18369-73		
		4		L=25 мм, H=10 мм	2	

					08-64.МКР.020.03.000			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Солецький		06.12	Калібр-скоба $\phi 20h6$	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Піонткевич		07.12		H	1	1
Н.контр.		Сердюк		13.12	ВНТУ, ст. гр.2ПМ-22М			
Затв.		Козлов		15.12				

08-64.МКР.020.04.000	Назва операції: 020 Шпанкова-фрезерна	Обладнання (тип, модель) Шпанковафрезерний верстат 692P	Пристрій Спеціальний пристрій	Ріжучий інструмент Фреза шпанкова Р6М5	t , мм 0,25	S , мм/зуб 0,1	V_c , м/хв 22,3	n , об/хв 1000	T_a , хв 0,18
----------------------	--	---	----------------------------------	---	------------------	---------------------	----------------------	---------------------	--------------------



1. Невказані граничні відхилення: валів - $h14$;
отварів - $H14$; інші $\pm \frac{t_2}{2}$

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-64.МКР.020.04.000		Лист	Масса	Масштаб
Схема наладки		Н		
020 шпанкова-фрезерної операції		Лист	Листов	1
ВНТУ, ст. зр.2ПМ-22М				

Изм/Лист	№ док.ум.	Дата	Подп.	Исполн.
Резерв	Солецький	06.12		
Проб.	Поліщук	07.12		
Г.контр.				
Н.контр.	Сердюк	13.12		
Упр.	Козлов	15.12		

Кафедра Технологій та Автоматизації

1. Верстат моделі 16516ФЗ
2. Робот моделі Циклон 502 (модернізований)
3. Пристрій керування
4. Виконавчий орган
5. Захvatний пристрій
6. Тактовий стіл СТ 350
7. Пульт
8. Рбдбча зона робота

- Технічні характеристики ПР
- вантажопідйомність - 3 кг;
 - число ступенів рухливості - 5 ось 7;
 - число вік - 2;
 - число захvatних пристроїв на одній руці - 1;
 - привід основних рухів - пневматичний;
 - система керування - циклова;
 - число програмованих координат - 6;
 - точність позиціонування - ±0,1 мм;
 - найбільший діаметр руки - 1560 мм;
 - лінійне переміщення мм / швидкість, м/с;
 - Г = 600 / 15;
 - З = 100 / 0,2;
 - Х = 400 / 0,5;
 - кутовий переміщення ° / кутова швидкість, °/с;
 - α = 180 / 120;
 - ψ = 180 / 180.

- Характеристика робочого місця
- 1 Циклова продуктивність, Оц 0,002
 - 2 Коефіцієнт відносного завантаження, Кг 0,93
 - 3 Режим роботи ПР легкий

