

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»  
на тему:

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі  
типу «Важіль 10.50»

08-26.МКР.006.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи ІПМ-19м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»  
Гаврилюк Н.В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

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

«05» жовтня 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гаврилюк Назар Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50»

керівник МКР Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Доц. Сердюк О.В.		
Економічна частина	Проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Віштак І.В.		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	15.10	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10	
4	Розв'язання поставлених задач	20.11	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11	
8	Попередній захист МКР	27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР		

Студент \_\_\_\_\_

Гаврилюк Н.В. ·

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Сердюк О.В.



## АНОТАЦІЯ

Гаврилюк Н.В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 135с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки та розраховано оптимальні режими обробки при сумієній обробці фрезеруванням та обкочуванням, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована діляниця механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

**ABSTRACT**

Gavrilyuk NV Improving the technological process of machining the workpiece type type "Lever 10.50". - Vinnytsia: VNTU, department THERE, 2020 - 135p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work, the modernization of the technological process of machining was performed and the optimal processing modes for combined machining and rolling were calculated, namely: the analysis of the design and manufacturability of the part, the method of manufacturing the workpiece operations, the dimensional analysis of technological process is carried out and the technological sizes, the sizes of allowances and preparations are established, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the site of machining is designed; developed a program for a CNC machine; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 КОМБІНОВАНА ОБРОБКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ	11
1.1 Конструктивні особливості існуючого ріжучого і деформуючого інструментів для комбінованої обробки плоских поверхонь деталей	11
1.2 Визначення накопичених деформацій поверхневого шару при суміщеному обточуванні та фрезеруванні	19
1.3 Висновки	22
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	23
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	57
2.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	62
2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	67
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	70
2.11 Проектування ділянки механічної обробки	72

	8
2.12 Висновки	80
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	81
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84
3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	86
3.4 Виявлення основних конкурентів.....	88
3.5 Обрання методу ціноутворення.....	90
3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	94
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	96
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	98
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.11 Висновки.....	103
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	104
4.1 Аналіз умов праці.....	104
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	108
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.4 Дослідження стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...	112
4.5 Висновки.....	114
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	120
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність.** Машинобудування – є важливою галуззю промисловості України. З його розвитком підвищується якість машин, приладів, механізмів, скорочуються строки виготовлення. Це все залежить від досконалості технологій. Ефективність машинобудування розвивається з вдосконаленням сучасних технологій, і спрямоване на підвищення швидкості обробки та скорочення основного та допоміжного часу на обробку.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Важіль»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Важіль 10.50»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;

- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Важіль».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50»; метод кінцевих елементів, о дозволив дослідити процес суміщеної обробки деталі.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика визначення точності обробки на прикладі суміщеної обробки фрезеруванням та обкочуванням корпусної деталі на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту.

Вплив техногологічних факторів на шорсткість поверхні після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею [Електронний ресурс] / Сердюк О.В, Гаврилук В.В., Пойта М.В. // Тези доповідей XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020, м. Вінниця <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9923>

## 1 КОМБІНОВАНА ОБРОБКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ

1.1 Конструктивні особливості існуючого ріжучого і деформуючого інструментів для комбінованої обробки плоских поверхонь деталей

З метою інтенсифікації технологічних процесів фінішної обробки плоских поверхонь застосовують спеціальний інструмент, в якому поєднуються попередня чистова обробка фрезеруванням або струганням і фінішну обробку поверхневим пластичним деформуванням.

Процес різання і поверхневого пластичного деформування [1,2,3] по зовнішнім ознакам різні, хоча базуються на одних фізичних явищах і законах. Силіві навантаження і напруження між інструментом і оброблюваним матеріалом в цих процесах залежать від фундаментальної характеристики металу заготовки  $S_k$

– граничним напруженням в шийці розірваного стандартного зразка з оброблюваного металу. В обох процесах загальна затрачена робота дорівнює роботам холодного пластичного деформування і тертя. Робота тертя в кожному з процесів одного і того ж порядку.

Різниця в тому, що при обробці різанням пластичний напружений стан локалізується у вузькій зоні біля ріжучої крайки, що призводить до утворення стружки. При ППД пластичний напружений стан утворюється у значному об'ємі металу, що забезпечує його безвідривну течію. Крім того, способи обробки поверхонь різанням і ППД базуються на єдиних кінематичних схемах і можуть легко трансформуватися один в другий. З фізичної точки зору процес різання є процесом глибокого пластичного деформування або квазікрихкого руйнування металу, який перетворюється у стружку.

Комбінований інструмент для фінішної обробки плоских поверхонь можливо розділити на інструмент послідовної дії (деформуючі елементи розташовані в слід за ріжучими елементами на деякій відстані), інструмент

одночасної дії (ріжучі і деформуючі елементи розташовані на одній відстані від осі обертання) і інструмент з упередженням різання деформуванням (ріжучий елемент видаляє деформований шар металу) [4,5].

Технологічний арсенал методів комбінованої обробки плоских протяжних поверхонь деталей і конструкцій інструменту для їх впровадження значно вужчий, ніж для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь [6]. Всі відомі конструкції комбінованого інструменту (різання + ППД) можливо систематизувати наступним чином (рис.1.1):



Рисунок 1.1 – Конструктивні варіанти комбінованого інструменту (різання і поверхневе пластичне деформування) для обробки плоских поверхонь

На рис. 1.2 приведена конструкція багатоелементної комбінованої



фрези-накатки, призначеної для обробки плоских поверхонь. Вона складається з корпусу 1 із закріпленими в ньому за допомогою клинів 2 і гвинтів 3 різців 9 і корпусу 6 накатної головки, з'єднаних по тугій посадці 7-го квалітету точності. Накатування оброблюваною фрезою поверхні виконується деформуючими кульками 7, рівномірно розташованими в сепараторі 5, що має можливість вільно обертатись відносно корпусу накатної головки на шарикопідшипнику 4. Деформуючі кульки базуються на кільці 8 упорного шарикопідшипника, встановленого в корпусі накатної головки.

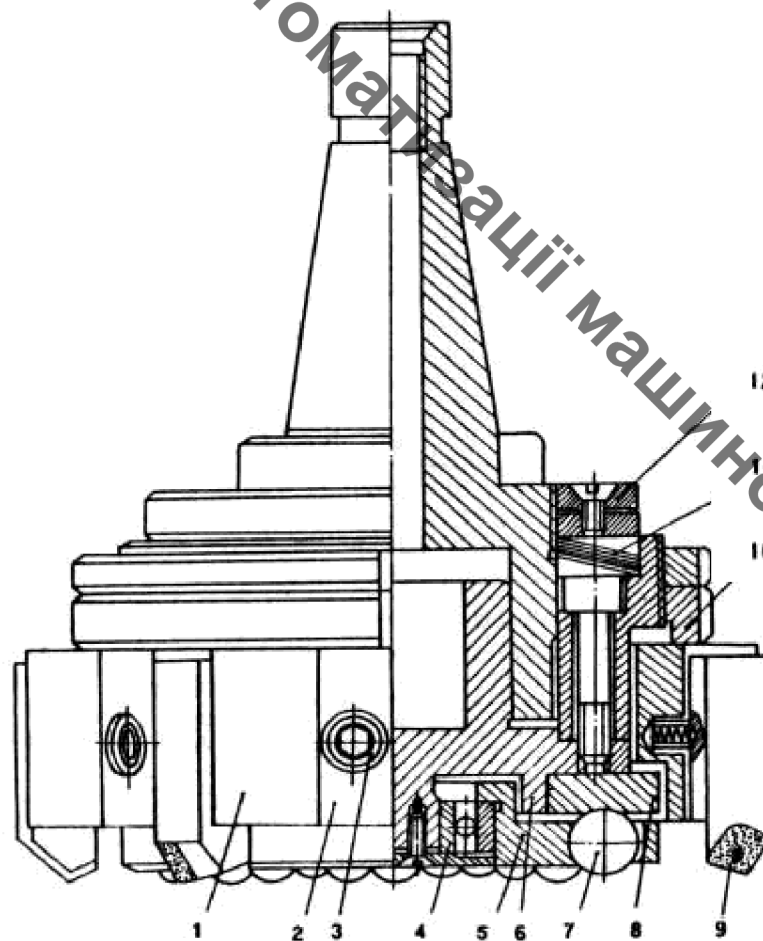


Рисунок 1.2 – Комбінована фреза-накатка

Заточування різців фрези може здійснюватися як у зборі з корпусом фрези, так і поза ним з наступною установкою їх у спеціальному пристосуванні. Регулювання величини натягу (виступ деформуючих

кульок над вершинами різців фрези) здійснюється гайкою 10. Необхідний тиск кульками на оброблювану поверхню створюється тарілчастими пружинами 11 за допомогою гайки 12.

Недоліками такого методу обробки плоских поверхонь і інструменту для його здійснення є багаторазова обкатка оброблюваної поверхні кульками, що призводить до втрати пластичності в поверхневому шарі, неможливість забезпечення необхідної жорсткості і точності конструкції через велику кількість з'єднань.

Ускладнене регулювання необхідного зусилля притискання кульок до оброблюваної поверхні. Велика кількість деформуючих елементів і їх значні розміри (діаметри) вимагають прикладання значних зусиль для проведення ППД, що не можливе для нежорстких заготовок.

Вільне обертання накатної головки призводить до проковзування кульок, особливо при обробці переривчастих поверхонь і потрапляння стружки в зону накатки.

Інструмент з застосуванням вигладжування замість обкатки приведений на рис.1.3 [5]. Індентори розташовані на відміну від попередньої конструкції на зовнішньому контурі і можуть здійснювати рухи, а різці можуть бути переставлені у радіальному напрямку. Для утворення мікрорельєфу на оброблюваній поверхні пружними інденторами 6, установленими в повзунах 2, надається осцилюючий рух по одній напрямній 3 від кулачка 1, який нерухомо закріплений на шпindelній бабці. Різці 4 і 5 закріплені в переставних повзунах на другій напрямній 3, що дозволяє змінити відстань від осі шпинделя. Дві напрямні розміщені в корпусі, який закріплюється в конусному отворі шпинделя.

Аналіз обробки цією конструкцією комбінованого інструмента виявив її низьку працездатність через неурівноваженість головки, низьку жорсткість, неможливість точного регулювання послідовності роботи різців і інденторів. Навіть невеликі зусилля притискання вигладжувача можуть викликати затирання протилежно розташованого об оброблену

поверхню. Така ж ситуація складається під час різання з протилежно розташованим (під кутом 180) різцем. Конструкція небезпечна в роботі і в обслуговуванні.

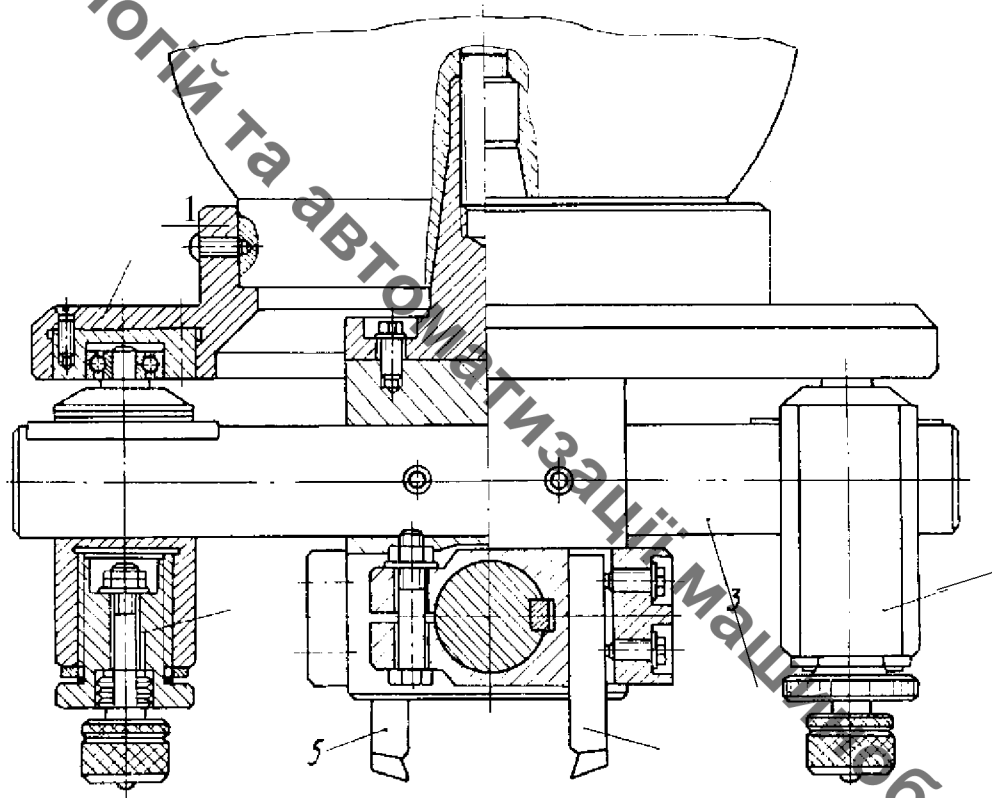


Рисунок 1.3 – Фреза комбінована з вигладжувальними інде́нторами

На рис.4 представлена конструкція багатороликового пристосування для суміщення обробки різанням і накатуванням плоских поверхонь [7]. Необхідні сили обробки забезпечуються змінними пружинами 5.

Основною вимогою при налагодженні на обробку є точне закріплення фрези на шпинделі верстата, а також відсутність торцевого биття корпусу 2 і виступаючих профільних роликів 7. На корпусі 2 передбачені пази П для закріплення різців, які розташовані по осях  $O_1, O_2, O_3, O_4$ . Різці закріплюються на радіусі. Профільні ролики 7 встановлені в повзунах 6, підпружинених пружинами 5, які впираються в кришку 8, закріплену гвинтами 3 до корпусу 2.

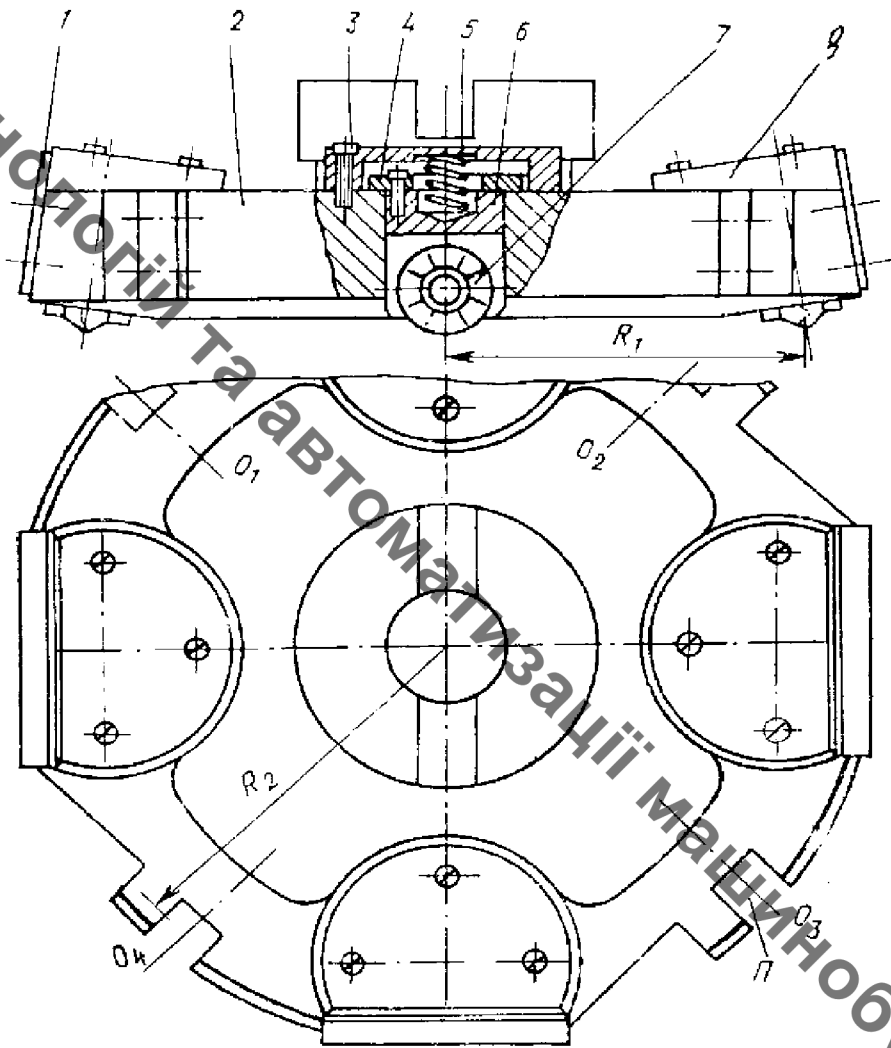


Рисунок 1.4 – Конструкція багатороликового пристосування

Кришки 1 призначені для можливості швидкої зміни пружин 5. Недоліком цієї конструкції пристрою, як і попередніх, є, по-перше, те, що ріжучий і деформуючий інструмент повторно торкається обробленої поверхні при русі над нею з протилежної від обробки сторони; по-друге, складність налагодження необхідного “вильоту” роликів відносно до різців, з яких тільки один забезпечує чистову обробку поверхні перед обкаткою.

Залишається великим час переналагодження на потрібне зусилля притискання роликів, а також незручності, пов'язані зі збиранням і

розбиранням пристосування для заміни пружин. Незважаючи на достатньо жорстку конструкцію пристрою, отримання якісної обробки залишається проблемним. Як підкреслює автор роботи [10], потрібна точна установка пристосування на шпинделі верстата і мінімальне биття роликів, що зробити практично не можливо. Одна з останніх конструкцій комбінованого пристрою для обробки плоских поверхонь наведена на рис.1.16 [11].

Пристрій налічує корпус 1, в якому розташовані торцева фреза з ріжучими елементами 2 і накатна головка, яка налічує сепаратор з деформуючими кульками

3. Вісь 5 обертання сепаратора 3 ексцентрична на величину  $e$  відносно осі 6 обертання фрези. На вісь 6 насаджений диск 7, який має пази з розміщеними в них фрикційними роликами 8, вільно встановленими на ступиці 9. Осьовому переміщенню ролика 8 перешкоджає бурт ступиці 9 і гайка 10. Ступиця 9 переміщується по регульованій 11 напрямній 12 осям, закріпленим на диску 7. Вісь 5 сепаратора 3 також установлена на диску 7 у підшипнику 13. Фрикційні ролики 8 взаємодіють з торцем корпусу 1 і кінематично через шестерні 14 і 15 зв'язані з сектором 3. Робоче зусилля на деформуючі кульки 4 через під'ятник 16 задається пружинами 17. Регулювання робочого зусилля здійснюється гайкою 18 через штифти 19. Фрикційний контакт між роликами 8, корпусом 1 і шестернею 14 забезпечується гайкою 20. Осьове переміщення під'ятника 16 обмежується гайкою 21. Корпус 1 пристрою закріплюється у шпинделі 22 верстату, а диск фрикційної головки стопориться на корпусі 23 верстату через вісь 6, фланець 24 - гвинтами 25.

4. Пристрій працює наступним чином. Обертання від шпинделя 2 передається на корпус 1 фрези, який зтягує за собою фрикційні ролики 8 і далі, через шестерні 14 і 15 на вісь 5, обертання якої викликає переміщення сепаратора на величину  $2e$ . Обертаючи регулюючу вісь 11, можливо переміщувати ступицю 9 у радіальному напрямку по регулюючій

11 і напрямній 12 осям, що викликає зміну відстані фрикційного контакту роликів з корпусом і віссю повороту корпусу 1, і плавно змінювати частоту накатування, регулюючи характеристики мікрорельєфу.

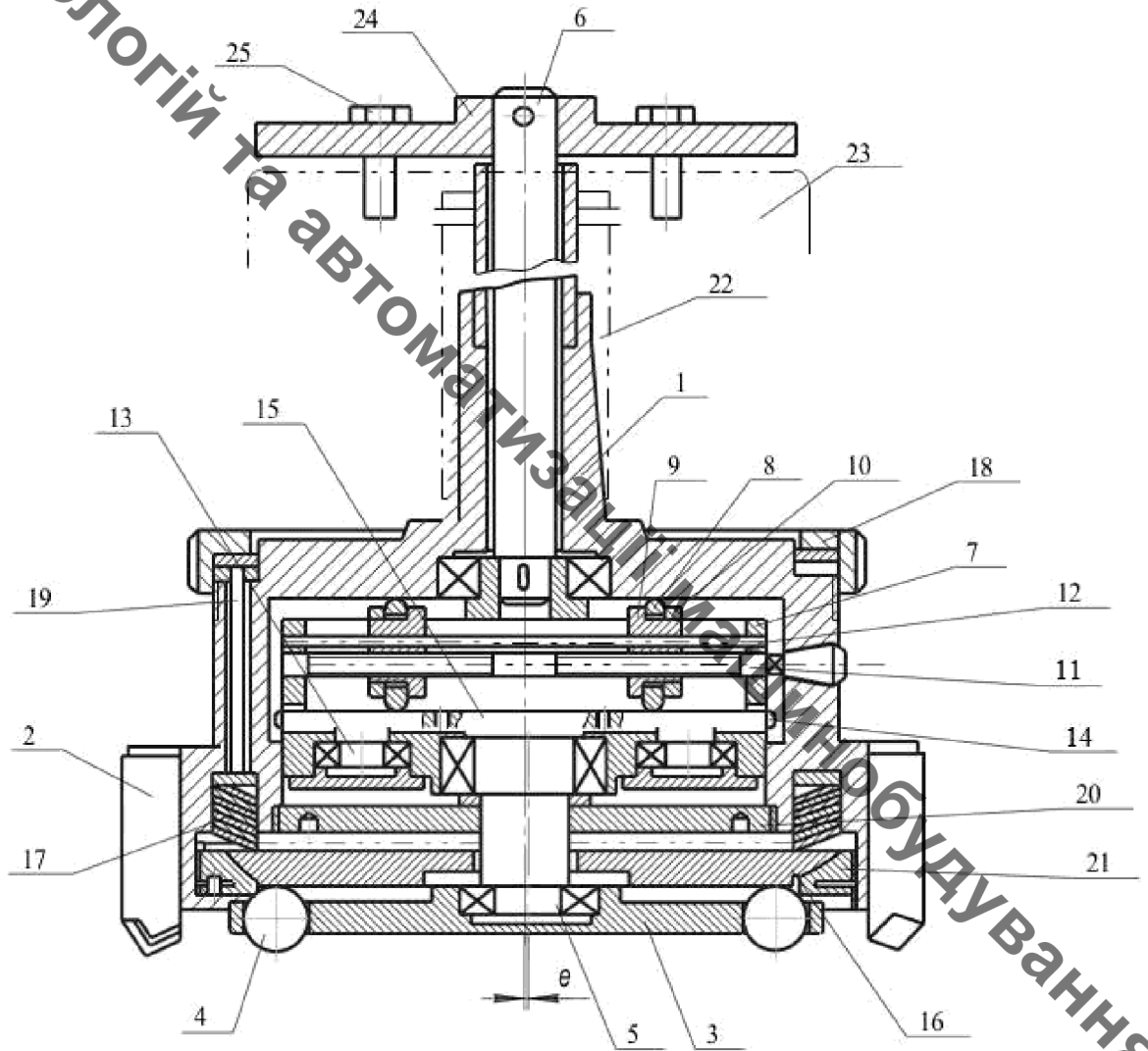


Рисунок 1.5 – Пристрій для комбінованої обробки плоских поверхонь

Крім недоліків, наведених вище для багатоелементних інструментів, слід додати нестабільність процесу накочування через проковзування роликів відносно корпусу 1 і шестерень 14, інтенсивний знос цих деталей, неможливість точного регулювання зусилля деформування обробленої поверхні.

Сепаратор 3 з деформуючими кульками 4, обертаючись в

протилежному відносно корпусу фрези 1 з ріжучими елементами 2 напрямку і маючи ексцентриситет  $e$ , створює додаткові вібрації, що не може не вплинути негативно на процес обробки поверхні.

1.2 Визначення накопичених деформацій поверхневого шару при суміщеному обточуванні та фрезеруванні

Розглянемо випадок, коли радіус ролика  $R$  значно більший області пластичного контакту  $d$ . Тоді поле ліній ковзання, яке задовольняє всім статичним і кінематичним умовам матиме вид приведений у роботі [6].

Враховуючи, що згідно із [9] нормальна і тангенційна складові швидкості ролика вздовж поверхні контакту визначаються формулами:

$$v_n = \omega \rho \cdot \sin(\gamma + \lambda), \quad (1.1)$$

$$v_t = \omega \rho \cdot \cos(\gamma + \lambda), \quad (1.2)$$

де  $\lambda$  - кут між дотичною до контактної поверхні і віссю  $x$ ;  $\omega$  - кутова швидкість ролика;  $\rho$  - радіус з миттєвого центра обертання в довільну точку контактної поверхні.

Тобто швидкість ролика змінюється вздовж поверхні контакту і визначається за формулою:

$$v_n = \omega \rho. \quad (1.3)$$

Прийнявши припущення, що циліндр переміщається із поступальною швидкістю  $V$  рівною 20 м/с і радіус ролика  $R$  складає 10мм, визначимо кутову швидкість ролика:

$$\omega = V / (R - \rho_0). \quad (1.4)$$

При цьому відстань до миттєвого центру  $\rho_0$ , розташованого на осі  $y$

визначено згідно з [9] за формулою:

$$\rho_0 / R = \cos(\gamma_B - \eta) + \sin(\eta - \gamma_B) \operatorname{ctg} \gamma_B, \quad (1.5)$$

де  $\gamma_B$  - кут між радіусом з миттєвого центра обертання до точки В і віссю у на полі ліній ковзання.

Враховуючи зроблені припущення визначено кутову швидкість ролика, що в даному випадкові складає  $4,83 \text{ c}^{-1}$ .

Знаючи швидкість, її нормальну та тангенційну складові знайдемо проєкції швидкості на осі x та y, що визначаються за рівняннями:

$$v_x = -V + u \cos \varphi - v \sin \varphi, \quad (1.6)$$

$$v_y = u \sin \varphi + v \cos \varphi, \quad (1.7)$$

де  $u$  і  $v$  проєкції швидкості на напрямки ліній ковзання.

Враховуючи (1.6) та (1.7) запишемо:

$$v_n^2 = V^2 + 2Vv(\operatorname{ctg}(\varphi + \gamma) \cos \varphi + \sin \varphi) + v^2 \operatorname{ctg}(\varphi + \gamma). \quad (1.8)$$

Радіус з миттєвого центру координат в будь-яку точку та деякі кути у певних точках можна виразити через координати відповідних точок:

$$\rho = \sqrt{\rho_0^2 + x^2}, \quad (1.9)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = x / \rho, \quad (1.10)$$

$$\operatorname{ctg}(\varphi + \gamma) = (\rho_0 + x) / (x - \rho_0). \quad (1.11)$$

Враховуючи формули 1.9-1.11 для ділянки АВ отримаємо:



$$v_y = \left(1 - \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0}\right) \cdot \left(-2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right) - \sqrt{2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right)^2 + 4V^2 \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0^2}{(R - \rho_0)^2}\right)}\right) / 2\sqrt{2} \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \quad (1.12)$$

$$v_x = \left(1 + \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0}\right) \cdot \left(-V + 2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right) + \sqrt{2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right)^2 + 4V^2 \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0^2}{(R - \rho_0)^2}\right)}\right) / 2\sqrt{2} \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \quad (1.13)$$

Знайдемо швидкість лінійної деформації, взявши похідну виразу (1.11) :

$$\begin{aligned} \varepsilon_x = & -2V - \frac{2\rho_0}{(x - \rho_0)^2} \cdot \left(4V \cos \varphi \frac{-\rho_0}{(x - \rho_0)^2} + 4V^2 \left(\frac{-\rho_0}{(x - \rho_0)^2} \left(1 - \frac{\rho_0^2 + x}{(R - \rho_0)^2}\right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{2x}{(R - \rho_0)^2} \cdot \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0}\right)\right) (2\sqrt{2} \frac{\rho_0 + x}{x - V} + (-2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right) - \\ & - \sqrt{2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right)^2 + 4V^2 \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0^2}{(R - \rho_0)^2}\right)}) \cdot 2\sqrt{2} \frac{\rho_0}{(x - \rho_0)^2} \times \\ & \times \left(1 - \frac{\rho_0 - x}{x - \rho_0}\right) / 2 \sqrt{2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right)^2 + 4V^2 \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0^2}{(R - \rho_0)^2}\right)} + \\ & + \frac{2\rho_0}{(x - \rho_0)^2} \cdot \left(-2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right) - \right. \\ & \left. - \sqrt{2V \left(\frac{\rho_0 + x}{\rho_0 - x} \cos \varphi + \sin \varphi\right)^2 + 4V^2 \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0^2}{(R - \rho_0)^2}\right)}\right) / 2\sqrt{2} \frac{\rho_0 + x}{x - \rho_0} \end{aligned} \quad (1.14)$$

Аналогічно через похідну виразів (1.16) знаходиться швидкість деформації зсуву  $\gamma_{xy}$ . Використовуючи ці значення визначимо інтенсивність

швидкостей деформацій за формулою:

$$\varepsilon_u = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{2\varepsilon_x^2 + \frac{3}{2}\gamma_{xy}^2} . \quad (1.15)$$

Аналогічно знайдено інтенсивність швидкостей деформацій на ділянках BC та CD.

В області DC<sub>3</sub>B<sub>5</sub>A<sub>7</sub> компоненти швидкості знаходять за формулами:

$$v_x = -V + Vx_e d / \sqrt{2} \cos \eta , \quad (1.16)$$

$$v_y = Vx_e d / \sqrt{2} \cos \eta , \quad (1.17)$$

де  $x_e$ - координати спряжених точок перетину  $\alpha$ - ліній ковзання із границями областей, визначається відповідно в кожній області за формулами: вздовж DC<sub>3</sub>:

$$x_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sec \eta (d(1 + \sqrt{2} \cos \eta) - x) , \quad (1.18)$$

вздовж C<sub>3</sub>B<sub>5</sub>:

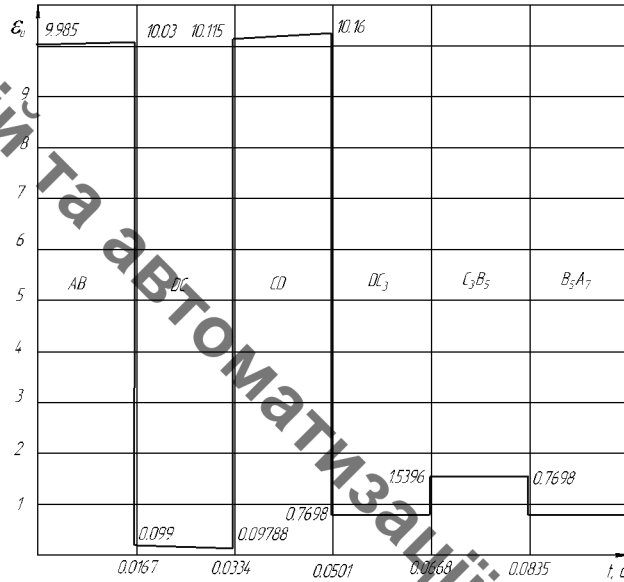
$$x_e = b \cos^2 \eta + \frac{d}{\sqrt{2}} (1 + \sqrt{2} \cos \eta) - \frac{1}{\sqrt{2}} x \cos \eta , \quad (1.19)$$

вздовж B<sub>5</sub>A<sub>7</sub>:

$$x_e = \frac{1}{\sqrt{2}} d \operatorname{cosec} \eta (1 + \sqrt{2} \cos \eta) - \frac{x}{\sqrt{2}} \operatorname{cosec} \eta - b \operatorname{ctg} \eta \operatorname{cosec} \eta (\cos \eta - \sin \eta) . \quad (1.20)$$

Продиференціювавши рівняння (1.19) та (1.20) та використавши формулу (1.20) визначили інтенсивність швидкостей деформацій для даних областей. На основі отриманих результатів побудовано залежність накопиченої деформації від часу (рисунок 1.6). Накопичену деформацію визначали по формулі [9]:

$$e_u = \int_0^t \dot{\epsilon}_u d\tau. \quad (1.21)$$



a)

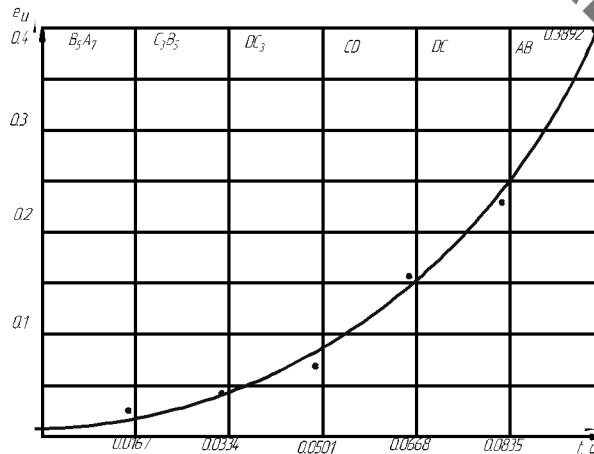


Рисунок 1.6 – Інтенсивність швидкостей деформацій (а) та накопичена пластична деформація (б) в поверхневому шарі

Проінтегрувавши вираз (1.21) для кожної області визначали накопичену деформацію в цих областях. Результати розрахунків показано на рисунку 3 для кожної області. З даного графіку можна зробити висновок, що матеріал піддається формозміненню і в області пластичної

хвилі, але все ж значно більше в областях випередження і відставання. В даному випадку, при обробці із обраними параметрами максимальна ступінь деформації складає 0,3892.

На основі отриманих результатів побудовано графіки залежності накопиченої деформації від лінійної швидкості переміщення ролика (рисунок 1.7), для трьох роликів діаметром 4, 7 та 10 мм, відповідно.

Із врахуванням отриманих формул визначені нормальні і дотичні напруження в кожній області, при обробці латуні Л62-1.

На підставі експериментальних досліджень нами отримана залежність між твердістю HV, інтенсивністю напружень  $\sigma_u$  і накопиченої деформацією  $e_u$  (рис. 1.7). Використовуючи тарувальний графік визначали ступінь деформації.

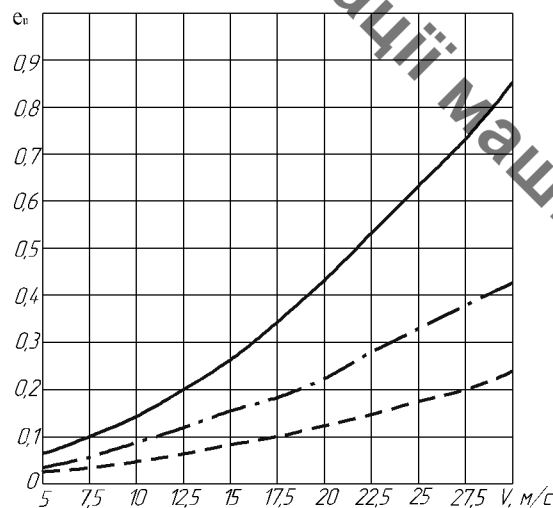


Рисунок 1.7– Залежність накопиченої пластичної деформації від лінійної швидкості та діаметра ролика

— ролик діаметром 4 мм;  
 - · - ролик діаметром 7 мм;  
 - - - ролик діаметром 10 мм;

Показник напруженого стану визначали за формулою:

$$\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_u}, \quad (1.21)$$

а параметр Надаї -Лоде розраховували за формулою:

$$\mu_{\sigma} = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{(\sigma_1 - \sigma_3)} \quad (1.22)$$

Компоненти тензора напружень  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  в даному випадку рівні:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (1.23)$$

Отримані значення  $\eta, \mu_{\sigma}, e_u$  використовували для оцінки величини використаного ресурсу пластичності, який розраховується за критерієм:

$$\psi = \int_0^{e_u} de_u / e_p(\eta, \mu_{\sigma}) \quad (1.24)$$

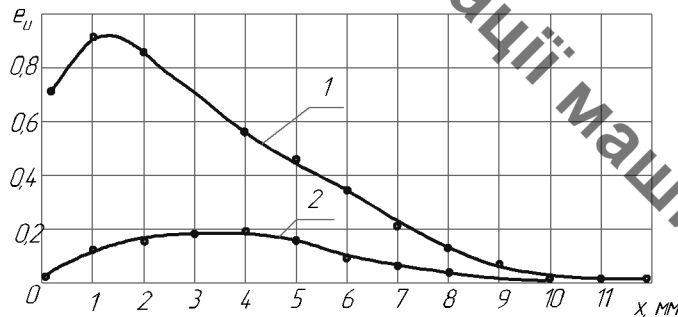


Рисунок 1.8 – Розподіл накопиченої деформації по глибині накопиченого шару  
(1- d=12,5, 2- d=50, P=125 кН)

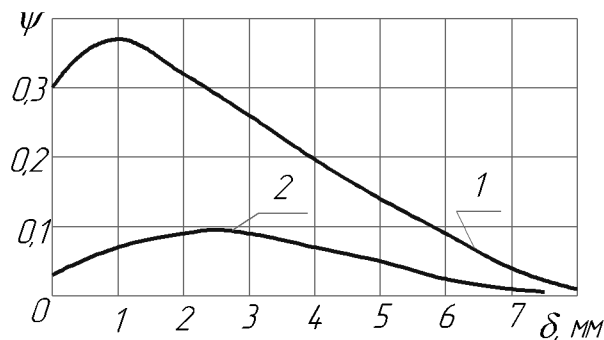


Рисунок 1.9 – Розподіл використаного ресурсу пластичності по глибині поверхневого шару (1-d=12,5, 2- d=50, P=125 кН)

Поверхня граничних деформацій для латуні Л61-1 апроксимированная

залежністю:

$$e_p(\eta, \mu_\sigma) = 0.60 \exp(0.48 \mu_\sigma - 0.59 \eta) \quad (1.25)$$

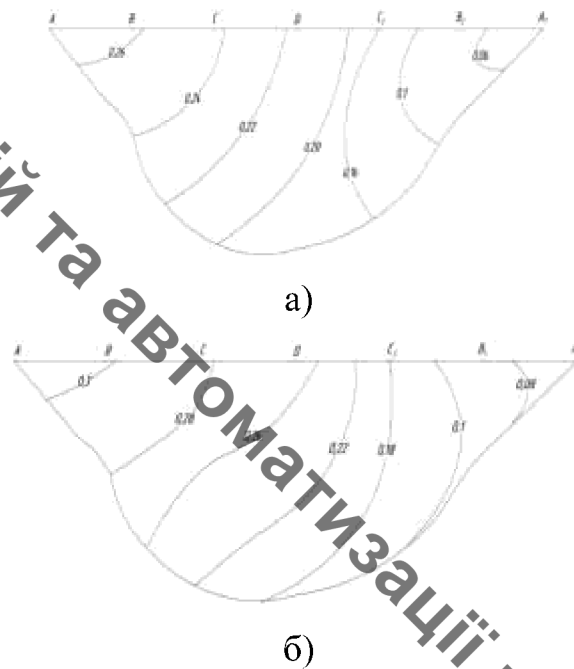


Рисунок 1.10 - Ізолінії ресурса пластичності при обточуванні роликом  $R=100$  мм: а- подача 0,19 мм/об, б – подача 0,67 мм/об

Отримані ізолінії використаного ресурсу пластичності в області пластичного контакту ролика, радіусом  $R = 100$  мм, з поверхнею заготовки в залежності від подачі наведені на рисунку 1.10.

### 1.3 Висновки

Аналіз отриманих результатів показує, що мають місце три зони деформування: у зоні пластичної хвилі відбуваються значні деформації при несприятливій схемі напруженого стану. Показник у цій зоні змінюється від  $\eta=0,71$  до  $\eta=1,6$ , а  $\mu_\sigma$  змінюється від  $\mu_\sigma = -0,3$  до  $\mu_\sigma = -0,4$ . В зоні контакту деталі та інструменту BD відбуваються основні деформації, однак збільшення використаного ресурсу пластичності незначно. В цій області показники  $\eta = -0,75 \dots -0,7$ ,  $\mu_\sigma = 0,2 \dots 0,3$ , тобто має місце схема всебічного стиснення

## 2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

### 2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$  – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$  – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$  – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$  – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення  $K_{з.о.}$ , а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Важіль 10.50” і занесені до таблиці 1.1, це:

- фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 175 мм;
- фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 175 мм;
- свердління отворів  $\varnothing 10$
- свердління, зенкерування та розвертання отвору  $\varnothing 20$
- свердління, зенкерування та розвертання отвору  $\varnothing 12$
- фрезерування пазу глибиною 40.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , наприклад для фрезерування торця:

$$T_{осн} = (6 \cdot 175 + 4 \cdot 175) \cdot 0,001 = 1,75 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається  $T_{шт-к}$ , як добуток основного часу і коефіцієнта  $\varphi_k$ :

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \text{ [хв]} \quad (2.2)$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{шт-к} = 1,75 \cdot 1,84 = 3,22 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (2.3)$$

де  $N = 3000$  шт. – річна програма випуску деталі “Важіль 10.50”;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d$  2040 год);

$\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,75$ ).

Відповідно, наприклад для фрезерування торцю необхідна кількість верстатів складає:



$$C_{pi}=3000 \cdot 3,22/60 \cdot 2040 \cdot 0,75=0,11$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів  $P$ , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.4)$$

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

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці можна визначити за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}} \quad (2.5)$$

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

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

Наприклад, при фрезерування торцю отримаємо:

$$O_1=0,75/0,11=7,13$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$

$$\sum O_i = 7,13 + 7,13 + 23,99 + 13,07 + 14,17 = 69,85$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P=6$

Коефіцієнт закріплення  $K_{з.о.}$  відповідно складатиме:

$$K_{з.о.}=69,85/6=11,64$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	$T_{ос},$ хв	$\phi_k$	Тшт.к., хв	$C_p$	$P$	$h$ з.ф.	$O$
1.	фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 175 мм	1,75	1,84	3,22	0,11	1	0,11	7,13
2.	фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 175 мм	1,75	1,84	3,22	0,11	1	0,11	7,13
3.	свердління отворів $\varnothing 10$	0,52	1,84	0,96	0,03	1	0,03	23,99
4	свердління, зенкерування та розвертання отвору $\varnothing 20$	2,862	1,84	5,27	0,17	1	0,17	4,36
5	свердління, зенкерування та розвертання отвору $\varnothing 12$	0,954	1,84	1,76	0,06	1	0,06	13,07
6	фрезерування пазу глибиною 40	0,88	1,84	1,62	0,05	1	0,05	14,17
	Всього			16,04		6		69,85

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_d$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_d$ . Якщо  $N_d < Q_d$ , то потокову лінію

використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

$$N_{\partial} = \frac{N}{254}, \quad (2.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де  $T_{шт-ксер}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  $\eta_3$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad [\text{хв}] \quad (2.8)$$

де  $T_{шт-к_i}$  – штучно-калькуляційний час виконання  $i$ -го переходу, хв.;  $\sum n_i$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (3,22+3,22+0,96+5,27+1,76+1,62)/6=2,67 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{2,67 \cdot 0.8} = 285$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{3000}{254} = 12$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.9)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{шт-к.сп} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.10)$$

$$c = \frac{2,67 \cdot 71}{476 \cdot 0,75} = 0,5$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{шт-к.ср}} \tag{2.11}$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{2,67} = 143 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 143 шт. Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 143 шт.

### 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь важіль виготовляється зі сталі 45Л. Тому заготовка буде отримуватися литтям. Спрощувати конструкцію є недоцільно, оскільки деталь відносно простої конструкції.

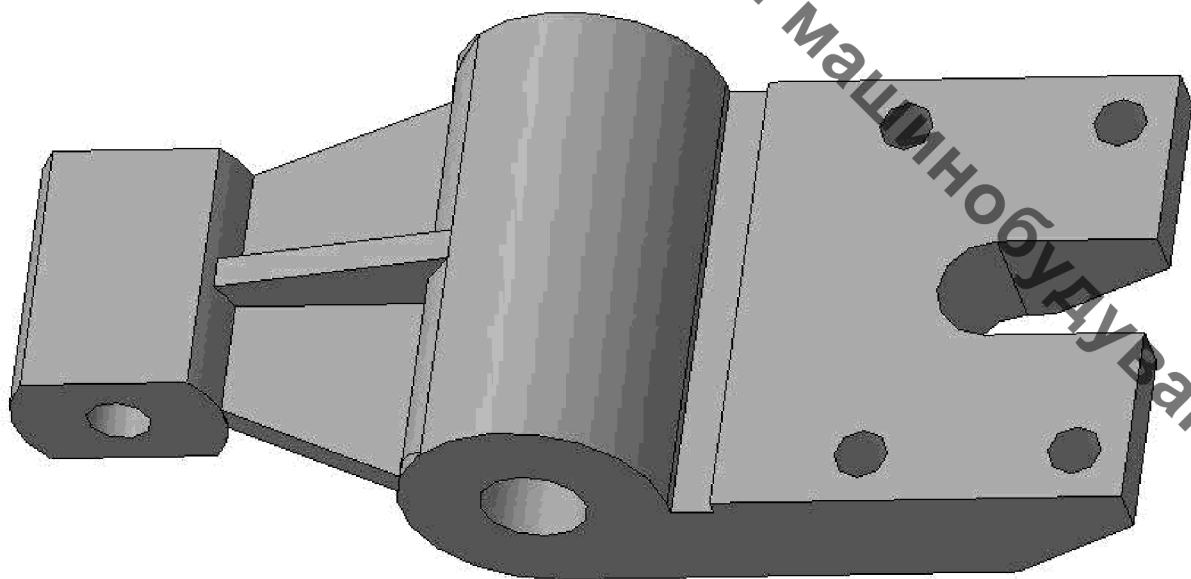


Рисунок 2.1 – Важіль 10.50

Деталь має ряд отворів, які є досить точними. При цьому на внутрішньому вінцеві виконано зубчастий вінець. Деталь містить ряд вимог до взаємного розташування отворів і поверхонь. Вони визначені службовим призначенням деталі і можуть бути досягнуті при механічній обробці.

Основною конструкторською базою є отвір  $\varnothing 20H7$ , до якого відповідно висунуті підвищені умови точності та шорсткості.

До нетехнологічних елементів відносяться отвір розташований на циліндричній поверхні (оскільки ускладнюється зацентровка отвору).

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою трьох кількісних показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_u = Q_{ue} / Q_e, \quad (2.12)$$

де  $Q_{ue}$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
25*(3 пов.)	$\varnothing 40^*$	45* (7 пов.)	2,5*(7 пов.)	M10-7H*(4отв.)
20*(2 пов.)	$\varnothing 50^*$		1,25*	M8-7H
6*(2 пов.)	$\varnothing 127H7^*$		6,3* (2 пов.)	
40*(4 пов.)	R10*		0,63*	
80*(2 пов.)	$\varnothing 20H7^*$			
15*				
50*				
210*				
70*				
90*				
1* (7 пов.)				
$\sum_{\text{заг.}} = 25$	$\sum_{\text{заг.}} = 5$	$\sum_{\text{заг.}} = 7$	$\sum_{\text{заг.}} = 11$	$\sum_{\text{заг.}} = 5$
$\sum_{\text{уніф.}} = 25$	$\sum_{\text{уніф.}} = 5$	$\sum_{\text{уніф.}} = 7$	$\sum_{\text{уніф.}} = 11$	$\sum_{\text{уніф.}} = 5$

$$K_y = (25+5+7+11+5) / (25+5+7+11+5) = 1$$

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.13)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

де  $T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,  $n_i$  – кількість поверхонь деталі, що мають точність  $T_i$  квалітета.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 (Ø12H7; Ø20H7)	2	7·2=14
10 (25h10(2пов.);50h10(2пов.); 90h10(2пов.);25H10;20H10);	9	10·5=90
14 (20;40(3 пов.); Ø50; 80(2 пов.);25;15;6(2 пов.); 210;70;R10; M10-H7(4 пов.); M8-H7; 1(7 пов.);	13	14·13=182
Сума	24	268

$$T_{cp} = \frac{286}{24} = 11,92 \text{ (мкм)}$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,92} = 0.92$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_u = \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}}, \quad (2.15)$$

де  $\overline{Ш}_{cp}$  – середня шорсткість поверхні.

$$\overline{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \text{ [мкм]} \quad (2.16)$$

де  $Ш_K$  – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі;  $n_K$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню  $R_a$ , мкм.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,63 (Ø12H7)	1	0.63·1=0.63
1,25 (Ø20H10)	1	1.25·1=1.25
2.5 (25h10-(2 пов.); 50h10-(2 пов.);25h10; 90h10-(2 пов.);)	7	2.5·7=17.5
6.3 (20h10-(2 пов.);)	2	6.3·2=12.6
12.5 (R10; 1 (7 пов.); M10-(4 пов.); M8-H7	13	12.5·13=162.5
Сума	24	194,28



$$Ш_{cp} = \frac{194,28}{24} = 8,1$$

$$K_{ш} = \frac{1}{8,1} = 0,12$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32$$

деталь технологічна за усіма коефіцієнтами.

### 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Метод виготовлення деталі лиття, так як матеріал має добрі ливарні властивості.

Можливі способи лиття:

- піщано-глинисті форми;
- в облицьований кокіль;
- оболонкові форми
- за виплавними моделями

Для виготовлення даної деталі пропоную 2 варіанти виготовлення — це лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для матеріалу Сталь 45Л, класу розмірної точності 7-12, в залежності від технологічного процесу лиття вибираємо 10.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, клас розмірної точності 5-9, в залежності від технологічного процесу лиття вибираємо 7.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ступеню жолоблення 4-7, в залежності від відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого  $25/210=0,12$  з якого вибираємо 6.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ступеню жолоблення 4-7, в залежності від відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого  $25/210=0,12$  з якого вибираємо 5.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ступеня точності поверхонь виливків 10-17, в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 14.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ступеня точності поверхонь виливків 5-10, в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву, з якого вибираємо 7.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням Сталь 45Л, вибираємо значення  $Ra=40$  мкм в залежності від класу точності поверхонь вилівка, який складає 10.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо значення  $Ra=8,0$  мкм в залежності від класу точності поверхонь вилівка, який складає 7.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень класу точності маси виливків 6-13, в залежності від технологічного процесу лиття, номінальної маси вилівка та типу сплаву, з якого вибираємо 10.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень класу точності маси виливків 4-11т, в залежності від технологічного процесу лиття, номінальної маси вилівка та типу сплаву, з якого вибираємо 7.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ряду припусків на обробку виливків 5-8, в залежності від ступеня точності поверхонь, що складає 12, з якого вибираємо 5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовки (піщано-глинисті форми)

Вихідні дані (норми точності)	Піщано-глинясті форми			
	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято	
Клас розмірної точності	7-12		10	
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7		6	
Ступінь точності поверхонь виливка	10-17		14	
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 40 мкм		Ra = 40 мкм	
Клас точності маси	6-13		10	
Ряд припусків	5-8		7	
Розрахункові розміри	50±0,35	Ø20H7	90h10 (+0.14)	25h10 (+0.084)
Допуски:				
розмірів	2.4	2.0	2.8	2.0
форми чи розміщення	0.4	0.4	0.4	0,4
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	2.0
зміщення через перекіс стержня	-	1.1	-	-
нерівностей	0,1			
маси	16%			
Загальний допуск	2.4	2.4	3.2	3.2
Припуски:				
мінімальний	0,8			
	Кількість переходів механічної обробки			
за точністю розмірів	0.29 1	0.014 4	0.08 2	0.05 4
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	3	1	-
прийнята кількість переходів	1	4	3	4
Загальний припуск	3.0	3.8	3.6	4.5
Розміри заготовки	54,6	Ø12,4	97,2	34

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо діапазон значень ряду припусків на обробку виливків 2,5, в залежності від ступеня точності поверхонь, що складає 14, з якого вибираємо 3.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів заготовки (за виплавними моделями)

Вихідні дані (норми точності)	За виплавними моделями				
	Згідно з ГОСТ 26645-85			Прийнято	
Клас розмірної точності	5-9			7	
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7			5	
Ступінь точності поверхонь виливка	5-10			7	
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 8,0			Ra = 8,0	
Клас точності маси	4-11г			7	
Ряд припусків	2-5			3	
Розрахункові розміри	25h10 (+0.08)	50±0.35	Ø20H7 (+0.021)	90h10 (-0.22)	25h10 (-0.13)
Допуски:					
розмірів	0.8	1.0	0.8	1.1	0.8
форми чи розміщення	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	0.44	-	-
нерівностей	0,2				
маси	6.4%				
Загальний допуск	0.9	1.1	1.0	1.2	0.9
Припуски:					
мінімальний	0,3				
	Кількість переходів механічної обробки				
за точністю розмірів	2 0.16	1 0.7	4 0.03	1	2 0.16
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	2	1	3	2	2
прийнята кількість переходів	2	1	4	2	2
Загальний припуск	1.3	1.1	1.7	1.5	1.3
Розміри заготовок	27.6	52.2	Ø16.8	93	27.6

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо з таблиці 1 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру  $\varnothing 20H7 - 2,0$ ;  $90H10 - 2,8$ ;  $25H10 - 2,0$ ;  $50 - 2,4$

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л вибираємо з таблиці 1 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру  $\varnothing 20H7 - 0,8$ ;  $25H10 - 0,8$ ;  $90H10 - 1,1$ ;  $25H10 - 0,8$ ;  $50 - 1,0$ ;

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо з таблиці 2 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру:  $\varnothing 20H7 - 0,4$ ;  $90H10 - 0,4$ ;  $25H10 - 0,4$ ;  $50 - 0,4$ .

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо з таблиці 2 ГОСТ 26645-85 у відповідності до номінального розміру:  $\varnothing 20H7 - 0,32$ ;  $25H10 - 0,32$ ;  $90H10 - 0,32$ ;  $25H10 - 0,32$ ;  $50 - 0,32$ ;

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо в залежності від товщини мінімальної стінки, та класу розмірної точності 10 для розмірів  $25h10=2,0$ ;

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо в залежності від мінімальної товщини стінки на 1-2 класи точніше від класу розмірної точності.

для розміру  $\varnothing 20 H7$  мінімальна товщина стінки  $S_{min}=1,1$  мм;

При литті за виплавними моделями для Сталь 45Л, вибираємо в залежності від мінімальної товщини стінки на 1-2 класи точніше від класу розмірної точності.

для розміру  $\varnothing 20 H7$  мінімальна товщина стінки  $S_{min}=0,44$  (мм);

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо у відповідності до ступеню точності поверхонь вилівка 14 складає 0,1.

При литті за виплавними моделями для матеріалу Сталь 45Л, вибираємо у відповідності до ступеню точності поверхонь вилівка 7 складає 0,2.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням для Сталь 45Л, вибираємо 1 у відповідності до номінальної маси вилівка і діапазону 6-13 класу точності маси 10 складає 16%.

При литті за виплавними моделями для Сталь 45Л, вибираємо у відповідності до номінальної маси вилівка і діапазону 4-11т класу точності маси 7 складає 6,4%.

Мінімальний припуск вибирається в залежності від ряду припусків. При литті в піщано-глинясті форми складає мм; при литті за виплавними моделями мм.

Загальний припуск залежить від загального допуску розміру та від кількості ступенів механічної обробки, ряду припусків.

Кількість ступенів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів встановлюється за допуском розміру та співвідношенням допусків розміру деталі та виплавки ( $T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вип.}}$ ).

За виплавними моделями

$$25h10\left(\begin{array}{c} +0.084 \\ -0.13 \end{array}\right) - 0.084/0.8=0.105 - 2 \text{ перехода}$$

$$50(\pm 0,35) - 0,7/1=0,7 - 1 \text{ переход}$$

$$\varnothing 20H7\left(\begin{array}{c} +0.021 \\ 0 \end{array}\right) - 0.021/0.8=0.026 - 3 \text{ переходи}$$

$$90h10\left(\begin{array}{c} +0.14 \\ 0 \end{array}\right) - 0.14/1.1=0.13 - 2 \text{ переходи}$$

$$25h10\left(\begin{array}{c} +0.084 \\ 0 \end{array}\right) - 0,84/0,8=0,105 - 2 \text{ переходи}$$

Піщано-глинясті форми

$$25h10\left(\begin{array}{c} +0.084 \\ 0 \end{array}\right) - 0.084/2,0= 0.042 - 4 \text{ перехода}$$

$$50(\pm 0,35) - 0,7/2,1=0,29 - 1 \text{ переход}$$

$$\varnothing 20H7\left(\begin{array}{c} +0.021 \\ 0 \end{array}\right) - 0.021/2,0=0.0165 - 4 \text{ переходи}$$

$$90h10\left(\begin{array}{c} +0.14 \\ 0 \end{array}\right) - 0.14/2,8=0.05 - 3 \text{ переходи}$$

Кількість ступенів механічної обробки за точністю форми та розміщення вибирається в залежності від допуску розміру та співвідношення між допусками форми, розміщення поверхонь деталі та виплавки ( $T_{\text{форми.розм.дет.}}/T_{\text{форм.розм.вип.}}$ ).

Згідно робочого креслення деталі задані наступні допуски на розміри:

25h10 – допуск перпендикулярний 0,05 відносно бази А

90h10 - допуск перпендикулярний 0,05 відносно бази Б

Отже, для лиття за виплавними моделями:

$$25h10 - 0,05/0,32 = 0,15 - 2 \text{ переходи}$$

$$90h10 - 0,05/0,32 = 0,15 - 2 \text{ переходи}$$

Для лиття в піщано-глинясті форми:

$$90h10 - 0,05/0,4 = 0,125 - 1 \text{ переходи}$$

За визначеною кількістю переходів механічної обробки, загальним припуском та рядом припусків встановлені загальні припуски розмірів.

Розрахунок розмірів заготовки за виплавними моделями:

$$25h10 \left( \begin{smallmatrix} +0,084 \\ -0,13 \end{smallmatrix} \right) - 25 + 2 * 1,3 = 27,6 \text{ (мм)}$$

$$50(\pm 0,35) - 50 + 2 * 1,1 = 52,2 \text{ (мм)}$$

$$\text{Ø}20H7 \left( \begin{smallmatrix} +0,021 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) - 20 - 2 * 1,7 = 16,6 \text{ (мм)}$$

$$90h10 \left( \begin{smallmatrix} +0,14 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) - 90 + 2 * 1,5 = 93 \text{ (мм)}$$

$$25h10 \left( \begin{smallmatrix} +0,084 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) - 25 + 2 * 1,3 = 27,6 \text{ (мм)}$$

Піщано-глинясті форми:

$$50(\pm 0,35) - 50 + 2,3 * 2 = 54,6 \text{ (мм)}$$

$$\text{Ø}20H7 - 20 + 3,8 * 2 = 12,4 \text{ (мм)}$$

$$90h10 - 90 + 3,6 * 2 = 97,2 \text{ (мм)}$$

$$25h10 - 25 + 4,5 * 2 = 34 \text{ (мм)}$$

Мінімальна товщина стінки призначається так, щоб забезпечити необхідну міцність та забезпечити вимоги технології вибраного способу лиття, мінімальну

товщину литої заготовки визначено в залежності від сплаву та приведеного габариту деталі згідно [1.2].

Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L+B+H)/4 = (2*210+90+50)/4=140 \text{ (мм)}$$

де L,B,H – відповідно довжина, ширина, висота деталі.

Для сталі з приведеним габаритом  $N = 140$  мінімальну товщину стінок прийнято 5 мм.

В залежності від матеріалу вилівка (Сталь 45Л), середній товщині стінки  $(S+S_1)/2$  та кута що утворюється між ними ( $90^\circ$ ) за визначаємо радіус заокруглень:

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$((90-5/2-240)+(90-5/2-32))/2=12 \text{ – радіус заокруглень 4 мм;}$$

При литті за виплавними моделями:

$$((90-5/2-240)+(90-5/2-32))/2=10 \text{ – радіус заокруглень 4 мм.}$$



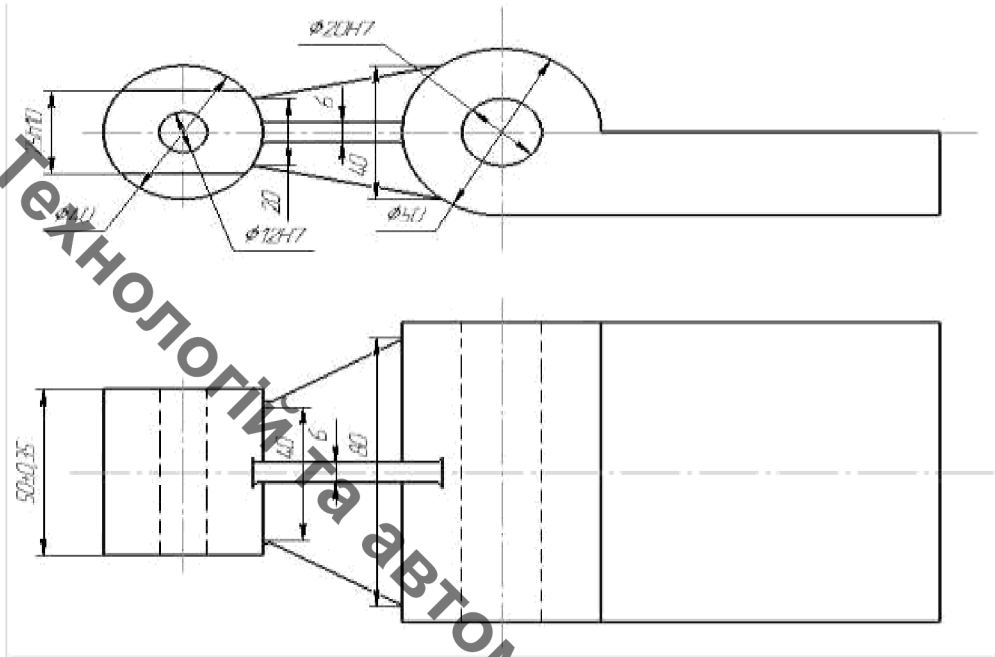


Рисунок 2.2 – Виливок отриманий литтям за виплавними моделями

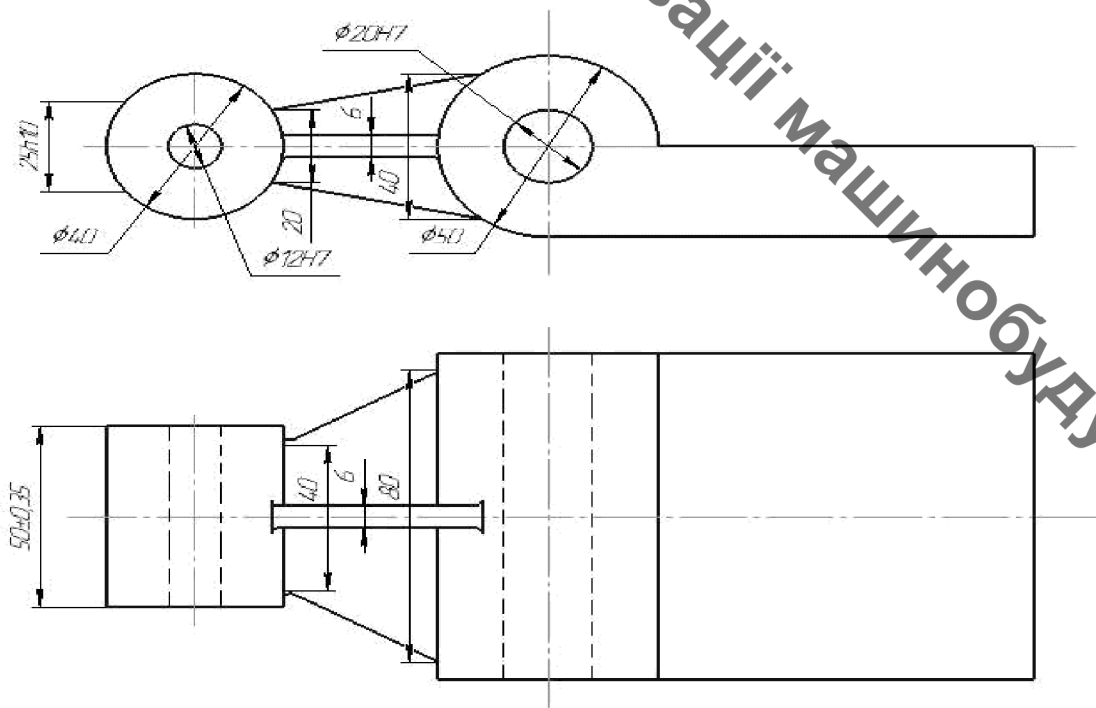


Рисунок 2.3 – Виливок отриманий литтям в піщано-глинисті форми

Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень,

висоти формуючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплекту згідно рекомендаціям.

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:  $h_n = 50\text{мм} - 0^054/;$

Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням:  $h_n = 25\text{мм} - 0^030/;$

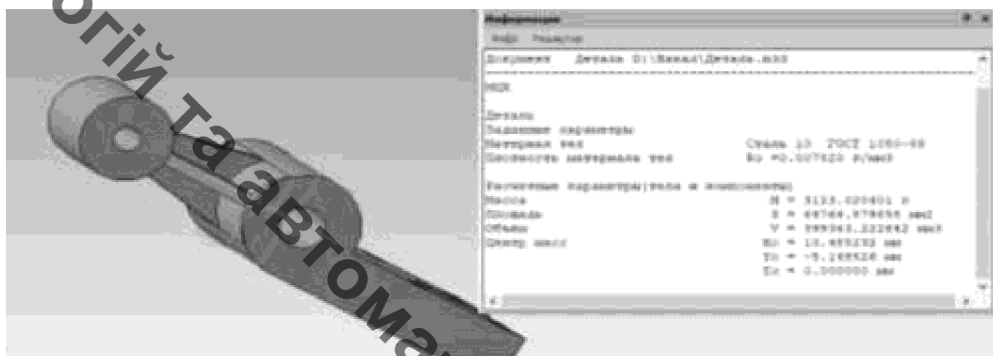


Рисунок 2.4 – Розрахунок маси заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форми

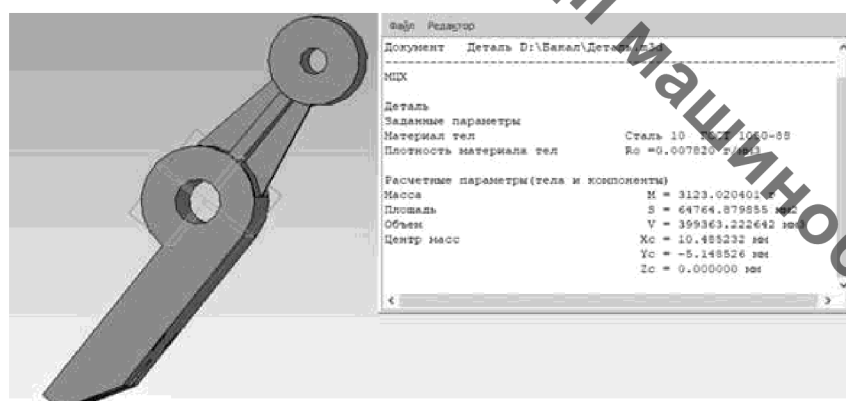


Рисунок 2.5 – Розрахунок маси заготовки отриманої литтям за виплавними моделями

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням маса  $Q_{заг} = 3,123\text{кг}$   
Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{дет} / Q_{заг} = 2995,47 / 3,4 = 0,76$$

За виплавними моделями маса  $Q_{заг} = 3,053\text{ кг}$ :

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 2995,47 / 3,2 = 0,88.$$

Коефіцієнти лиття піщано-глинястої форми буде менший чим за виплавними моделями, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

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

де  $G_{\text{заг}}$  – маса заготовки;

$G_{\text{дет}}$  – маса деталі;

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

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

$K_B$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{\text{відх}}$  – вартість 1 т. стружки, для сталі  $C_{\text{відх}} = 2200$ .

Таблиця 2.7 – Визначення коефіцієнтів собівартості отримання заготовки

Коефіцієнти	Лиття в піщано-глинястій формі з машинним формуванням	За виплавними моделями
$C_{\text{л}}$	22800 грн	32000 грн
$K_T$	1,0	1,0
$K_M$	1,22	1,0
$K_C$	1	1
$K_B$	0,93	0,5
$K_{\Pi}$	1,0	1,0

Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$C_{\text{заг.лит}} = (2,995/1000 \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,0) - (3,123 - 2,995) \cdot 2200/1000 = 80,5 \text{ (грн.)}$$

За виплавними моделями:

$$C_{\text{заг.лит}} = (2,995/1000 \cdot 32000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1) - (3,053 - 2,995) \cdot 2200/1000 = 48,51 \text{ (грн.)}$$

В результаті розрахунків виявлено, що коефіцієнт використання матеріалу за виплавними моделями більш раціональний чим лиття в піщано-глинисті форми.

Оскільки лиття за виплавними моделями має переваги над литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за коефіцієнтом втрат матеріалу, а різниця у вартості заготовок дуже значна, то вибираємо основний метод виготовлення деталі це – лиття за виплавними моделями.

2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

При розробці методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовими технологічними процесами обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність

в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого технологічного процесу.

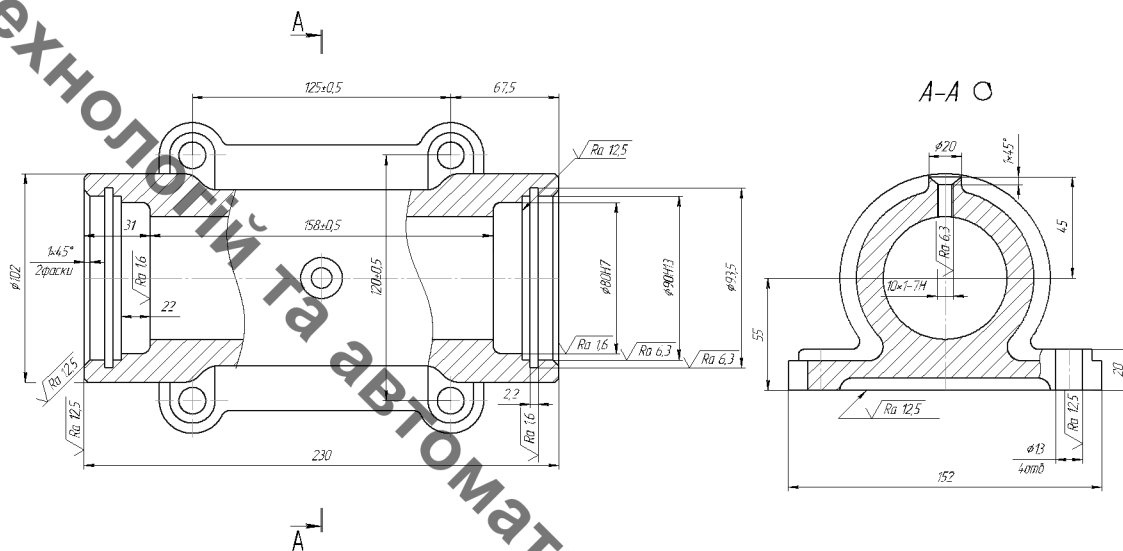


Рисунок 2.6 – Корпус підшипників

В розглядуваній деталі так, як і в типовій в якості конструкторських баз є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. В якості допоміжних конструкторських баз в обох деталях виступають внутрішні циліндричні поверхні з високим квалітетом точності.

В розглядуваній і типовій деталях використовуються подібні методи обробки. В запропонованій деталі використовується обладнання з ЧПУ так, як і в розглядуваній деталі, але так, як деталь має досить складну конфігурації (деякі отвори обробляються через інші), то можна використовувати таке ж обладнання з ЧПУ.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

Таблиця 2.8 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно</li> <li>3. Свердлити 4 отв. Ø13</li> <li>4. Фрезерувати площину бобишки Ø20 остаточно</li> <li>5. Свердлити і нарізати різьбу M10•1-7H</li> <li>6. Фрезерувати торець Ø120, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно</li> <li>7. Розточити виточки Ø80H7 попередньо, остаточно; Ø90H13 і фаску 1x45 остаточно</li> <li>8. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно</li> </ol>	<p>Багатоцільовий з ЧПУ ИР500МФ4</p>

2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні

Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору Ø20, враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки після свердління складає 0,21:

$$\varepsilon = 0,21 / 0,021 = 10$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 4,5$$

$$\varepsilon_2 = 3$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 10 / 3,6 \cdot 2,2 = 1,26$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 0,21 / 3,6 = 0,058 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,058 / 2,2 = 0,026 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,026 / 1,26 = 0,021 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні способи механічної обробки: свердління, зенкерування, розвертання попереднє, розвертання остаточне. Це забезпечить необхідний квалітет точності.

Таблиця 2.9 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
Ø12H7	Розвертання	7
	Зенкерування	9
	Свердління	12
M10-7H	Нарізання різі	7
	Свердління	12
M8-7H	Нарізання різі	7
	Свердління	12

## 2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз має вирішуватися задачею мінімізації отримуваної похибки базування.

Таблиця 2.10– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна ЧПК	3 90,50	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірювальної та технологічної баз

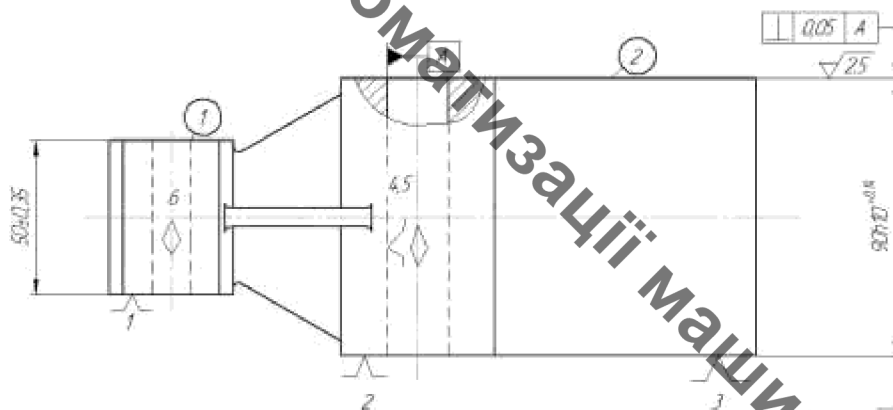


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.11– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна ЧПК	3 M10	відсутня	Діаметральний розмір
	25H10, вимога перпендикулярності відносно бази А	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірювальної та технологічної баз
	40, 70, 20	відсутня	Обробка виконується з одного установка



Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

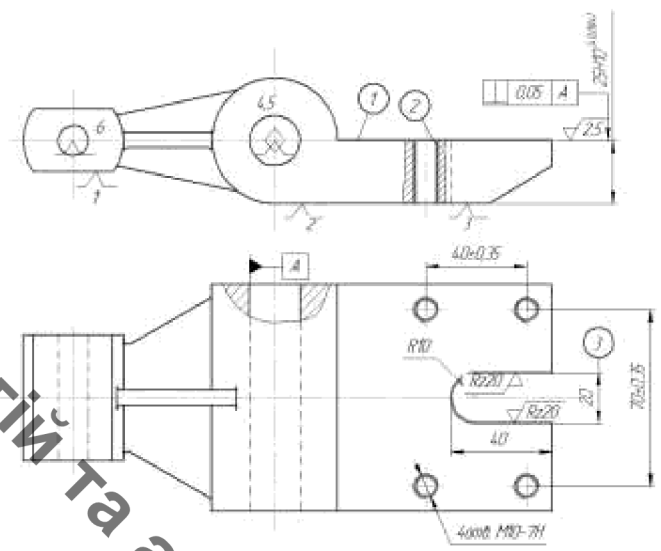


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 015 (чистові технологічні бази)

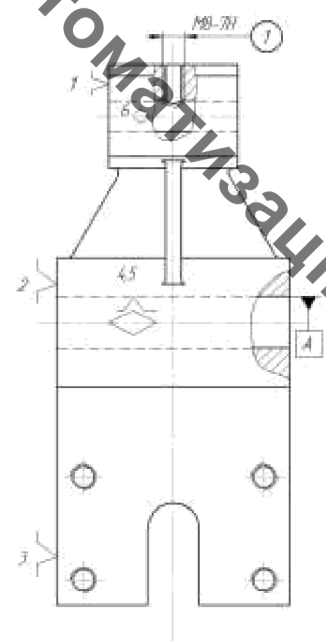


Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 020 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.12– Аналіз вибору технологічних баз на операції 020

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність наявності похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	M8	відсутня	Діаметральний розмір

При виборі чорнових баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску при подальшій механічній обробці або зв'язок оброблених і необроблених поверхонь. В даному випадку вирішується перша задача, оскільки заготовка закріплюється на площину і два торці, які в подальшому будуть оброблятися.

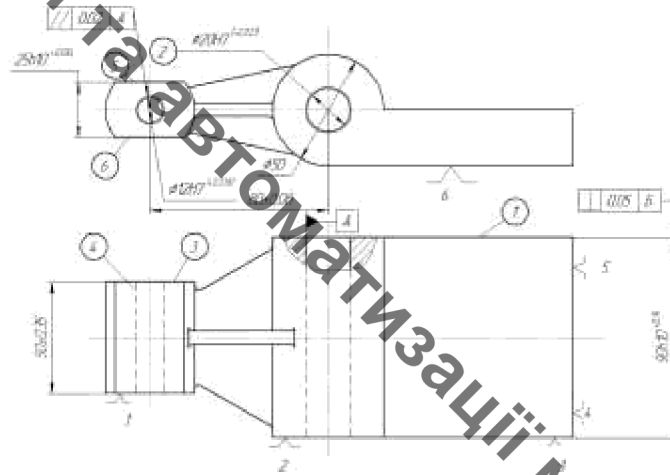


Рисунок 2.10 – Схема базування на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Таблиця 2.13– Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна з ЧПК	Ø20, Ø12	відсутня	Діаметральний розмір
	90, 50, вимоги паралельності та перпендикулярності відносно бази А	відсутня	Виконується принцип суміщення виміральної та технологічної баз
	20, 80	відсутня	Обробка виконується з одного установка

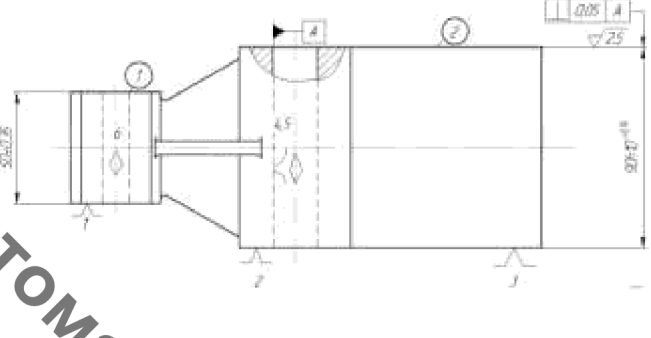
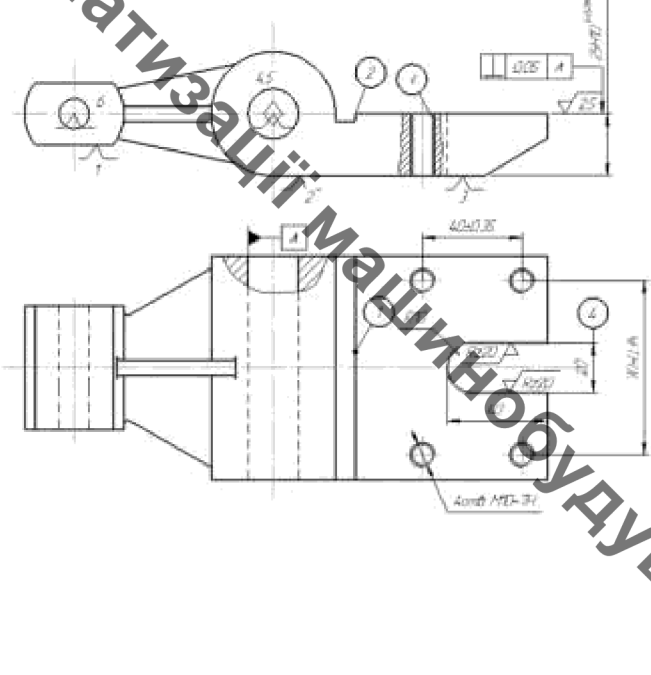
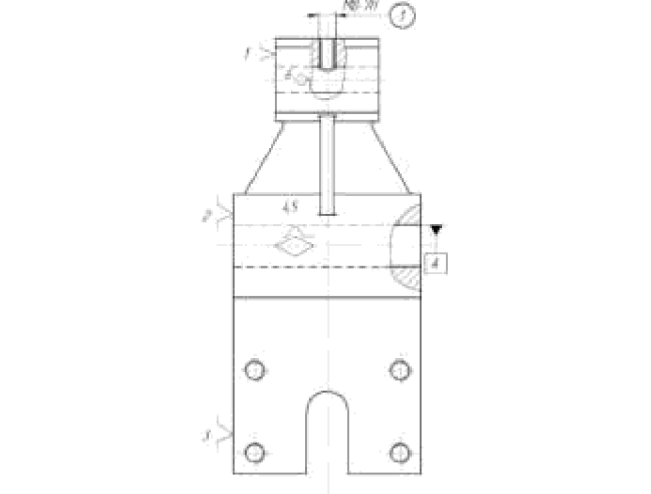
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з врахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Таблиця 2.14 -Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 ВЗЗ</p> <p>2 Фрезерувати площину 1 та 3 попередньо</p> <p>3 Центрувати отвори 2 та 4</p> <p>4 Свердлити отвір 2</p> <p>5 Зенкувати фаску в отворі 2</p> <p>6 Зенкерувати отвір 2</p> <p>7 Розвернути попередньо отвір 2</p> <p>8 Зенкувати фаску в отворі 4</p> <p>9 Зенкерувати отвір 4</p> <p>10 Розвернути отвір 4 попередньо</p> <p>11 Фрезерувати площини 1 та 3 остаточно</p> <p>12 Фрезерувати поверхні 5, 6</p>		Фрезерний з ЧПУ HAAS MINIMILL

Продовження таблиці 2.14

1	2	3	4
	13 Розвернути отвір 2 остаточно 14 Розвернути отвір 4 остаточно 15 Зняти заготовку		
010	Фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2 попередньо 3 Фрезерувати торці 1 та 2 остаточно 4 Зняти заготовку		Фрезерний з ЧПУ HAAS MINIMILL
015	Фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерування пазу 1 2 Фрезерувати площину 2 попередньо 3 Центрувати отвори 3 4 Свердлити отвори 2 5 Зенкувати фаску в отворах 2 6 Нарізати різь в отворах 2 7 Фрезерувати паз 3 8 Фрезерувати площину 1 9 Зняти заготовку		Фрезерний з ЧПУ HAAS MINIMILL
020	Свердлильна з ЧПК 1 ВЗЗ 2 Центрувати отвір 1 3 Свердлити отвір 1 4 Зенкувати фаску в отворі 1 5 Нарізати різь в отворі 1 6 Зняти заготовку		Свердильний з ЧПУ 2P135Ф2

## 2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу – правильне та обґрунтоване визначення проміжних та остаточних розмірів і допусків на них. Особливо цього потребують проміжні розміри, що зв'язують протилежні поверхні. Визначення припусків на такі поверхні розрахунково-аналітичним або табличним методом дуже трудомістке. В той же час робота на налагоджених верстатах потребує детальної проробки всіх проміжних розмірів з тим, щоб на заключних переходах автоматично забезпечувались остаточні розміри. Правильне розв'язання

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

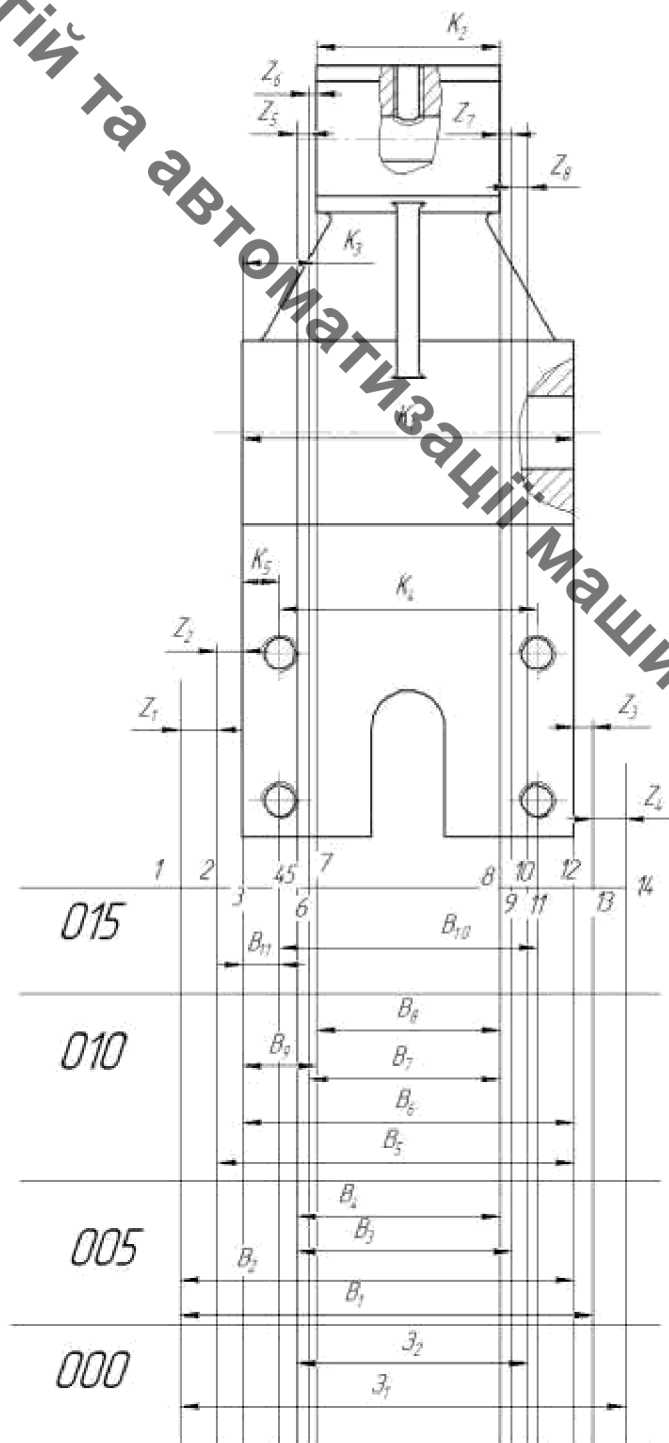
Таблиця 2.15– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	З <sub>1</sub>	З <sub>2</sub>	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>4</sub>	В <sub>5</sub>	В <sub>6</sub>	В <sub>7</sub>	В <sub>8</sub>	В <sub>9</sub>	В <sub>10</sub>	В <sub>11</sub>
Попередні значення допусків	0,87	0,62	0,54	0,35	0,39	0,25	0,22	0,14	0,16	0,1	0,84	0,7	0,36

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу та виявлення технологічних розмірних ланцюгів (рисунок 4.5). На розмірній схемі вказуються конструкторські розміри, припуски та технологічні розміри.



Рисунки 2.11 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2...$  і припусків називається вихідним графом (деревом). Вершинами усіх трьох графів є площини або осі циліндричних поверхонь заготовки і деталі. Ребрами вихідного графа-дерева є конструкторські розміри і припуски.

Ребрами похідного графа-дерева є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2...$  і припусків називається вихідним графом (деревом).

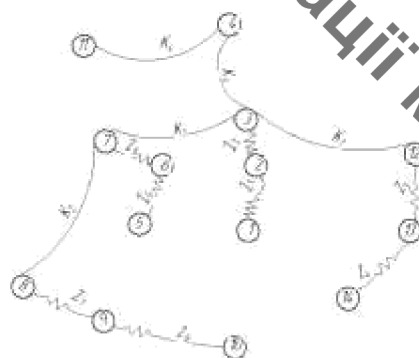


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів  $V_1V_2...$  і розмірів заготовки  $Z_1Z_2...$  називається похідним графом.

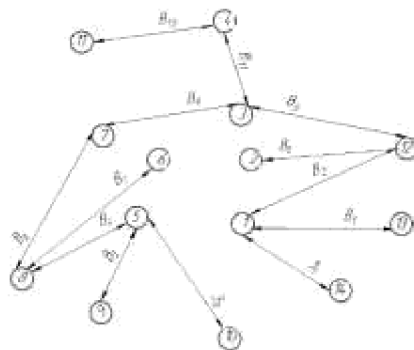


Рисунок 2.13 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

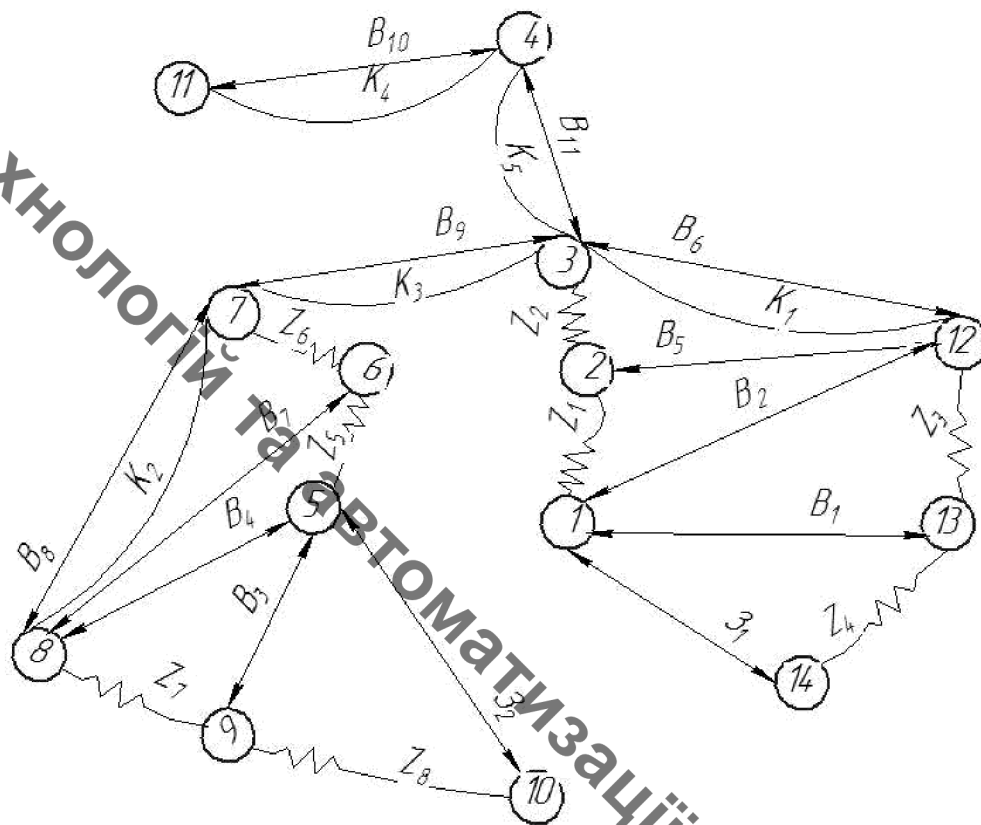


Рисунок 2.14 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 4.6.

Таблиця 2.16 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$
$Z_{min}$	0,65	0,3	0,3	0,65	0,65	0,3	0,3	0,65

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.7

Таблиця 2.17 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	2	3	4
1	$B_8 - K_2 = 0$	$B_8 = K_2$	$B_8$



Продовження таблиці 2.17

	$B_{11} - K_5 = 0$	$B_{11} = K_5$	$B_{11}$
1	2	3	4
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	$B_6$
4	$B_9 - K_3 = 0$	$B_9 = K_3$	$B_9$
5	$B_{10} - K_4 = 0$	$B_{10} = K_4$	$B_{10}$
6	$B_5 - Z_2 - B_6 = 0$	$Z_2 = B_5 - B_6$	$B_5$
7	$B_2 - Z_1 - B_5 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_5$	$B_2$
8	$B_1 - Z_3 - B_2 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	$B_1$
9	$3_1 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = 3_1 - B_1$	$3_1$
10	$B_7 - Z_6 - B_8 = 0$	$Z_6 = B_7 - B_8$	$B_7$
11	$B_4 - Z_5 - B_6 = 0$	$Z_5 = B_4 - B_6$	$B_4$
12	$B_3 - Z_7 - B_4 = 0$	$Z_7 = B_3 - B_4$	$B_3$
13	$3_2 - Z_8 - B_3 = 0$	$Z_8 = 3_2 - B_3$	$3_2$

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

1.  $B_8 = K_2 = 50_{-0,1}(\text{мм});$
2.  $B_{11} = K_5 = 10^{\pm 0,18}(\text{мм});$
3.  $B_{10} = K_4 = 70^{\pm 0,35}(\text{мм});$
4.  $B_6 = K_1 = 90_{-0,14}(\text{мм});$
5.  $B_9 = K_3 = 20^{\pm 0,42}(\text{мм});$
6.  $Z_{2 \min} = B_{5 \min} - B_{6 \max}[\text{мм}];$   
 $B_{5 \min} = 0,30 + 90 = 90,3(\text{мм});$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + IT(B_5) = 90,3 + 0,22 = 90,52 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 90,52_{-0,22} \text{ (MM)};$$

$$Z_{2\max} = B_{5\max} - B_{6\min} = 90,52 - 89,86 = 0,66 \text{ (MM)};$$

$$7. Z_{1\min} = B_{2\min} - B_{5\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{2\min} = 90,52 + 0,65 = 91,17 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 91,17 + 0,35 = 91,52 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 91,52_{-0,35} \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\max} = B_{2\max} - B_{5\min} = 91,52 - 90,3 = 1,22 \text{ (MM)};$$

$$8. Z_{3\min} = B_{1\min} - B_{2\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{1\min} = 91,52 + 0,3 = 91,82 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 91,82 + 0,54 = 92,36 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 92,36_{-0,54} \text{ (MM)};$$

$$Z_{3\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 92,36 - 91,17 = 1,19 \text{ (MM)};$$

$$9. Z_{4\min} = B_{3\min} - B_{1\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{3\min} = 92,36 + 0,65 = 93,01 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\max} = 93,01 + 0,87 = 93,88 \text{ (MM)};$$

$$B_3 = 93,88_{-0,87} \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\max} = B_{3\max} - B_{1\min} = 93,88 - 91,82 = 2,06 \text{ (MM)};$$

$$10. Z_{6\min} = B_{7\min} - B_{8\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{7\min} = 50 + 0,3 = 50,3 \text{ (MM)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 50,3 + 0,16 = 50,46 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 50,46_{-0,16} \text{ (MM)};$$

$$Z_{6\max} = B_{7\max} - B_{8\min} = 50,46 - 49,9 = 0,56 \text{ (MM)};$$

$$11. Z_{5\min} = B_{4\min} - B_{6\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{4\min} = 50,46 + 0,65 = 51,11 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 51,11 + 0,25 = 51,36 \text{ (MM)};$$

$$B_4 = 51,36_{-0,25} \text{ (MM)};$$

$$Z_{5\max} = B_{4\max} - B_{6\min} = 51,36 - 50,3 = 1,06 \text{ (MM)};$$

$$12. Z_{7\min} = B_{3\min} - B_{4\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{3\min} = 51,36 + 0,3 = 51,66 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 51,66 + 0,39 = 52,05(\text{мм});$$

$$B_3 = 52,05_{-0,39} (\text{мм});$$

$$Z_{7\max} = B_{3\max} - B_{4\min} = 52,05 - 51,11 = 0,94(\text{мм});$$

$$13. Z_{8\min} = Z_{2\min} - B_{3\max}[\text{мм}];$$

$$Z_{2\min} = 52,05 + 0,65 = 52,7(\text{мм});$$

$$Z_{2\max} = 52,7 + 0,62 = 53,32 (\text{мм});$$

$$Z_2 = 53,32_{-0,62} (\text{мм});$$

$$Z_{8\max} = Z_{2\max} - B_{3\min} = 53,32 - 51,66 = 1,66 (\text{мм});$$

Таблиця 2.18 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
1	2	3	4	5	6	7
$Z_1$	93,01	93,88	0,87	93,88		$93,88_{-0,87}$
$Z_2$	52,7	53,32	0,62	53,32		$53,32_{-0,62}$
$B_1$	91,82	92,36	0,54	92,36	$92,36_{-0,54}$	
$B_2$	91,17	91,52	0,35	91,52	$91,52_{-0,35}$	
$B_3$	51,66	52,05	0,39	52,05	$52,05_{-0,39}$	
$B_4$	51,11	51,36	0,25	51,36	$51,36_{-0,25}$	
$B_5$	90,3	90,52	0,22	90,52	$90,52_{-0,22}$	
$B_6$	89,86	90	0,14	90	$90_{-0,14}$	
$B_7$	50,3	50,46	0,16	50,46	$50,46_{-0,16}$	
$B_8$	49,9	50	0,1	50	$50_{-0,1}$	
$B_9$	19,58	20,42	0,84	20	$20^{+0,42}$	
$B_{10}$	69,65	70,35	0,7	70	$70^{+0,35}$	
$B_{11}$	9,82	10,18	0,36	10	$10^{+0,18}$	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку виконаємо для отворів Ø20H7

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для свердління дані параметри рівні  $R_z=40$  мкм  $T=60$  мкм. При зенкеруванні приймаємо  $R_z=T=50$  мкм, а на наступному переході відповідно  $R_z=10$  мкм  $T=25$  мкм, при чистовому розвертанні –  $R_z=5$  мкм,  $T=10$  мкм.

Просторове відхилення в даному випадку визначається за формулою:

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2} \text{ [мкм]} \quad (2,17)$$

де  $C_0$  - зміщення осі отвору при свердлінні,  $\Delta_y$  - питомий відвід свердла від осі отвору,  $l$  - глибина отвору. В даному випадку для діаметра отвору Ø20  $C_0$  складає 25 мкм,  $\Delta_y$  - 0,9 мкм/мм відповідно, глибина отвору 60 мм.

$$\rho = \sqrt{25^2 + (0.9 \cdot 60)^2} = 59,5 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (2.18)$$

де  $k$  – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 59,5 = 3,56 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 3,56 = 0,14 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при сверлінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}; [\text{мкм}] \quad (2.19)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;  $\varepsilon_3$  – похибка закріплення, що при установці на площину з пневматичним затисканням складає 200 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 200 \text{ (мкм)}$$

При наступному переходові механічної обробки похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]} \quad (2.20)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Зенкерування:

$$2Z_{1\min} = 2(40 + 60 + \sqrt{59,5^2 + 200^2}) = 2 \cdot 308,7 \text{ (мкм)}$$

попереднє розвертання:

$$2Z_{1\min}=2(50+50+\sqrt{3.56^2+10^2})=2\cdot110,6(\text{мкм})$$

остаточне розвертання:

$$2Z_{1\min}=2(10+25+\sqrt{0.14^2})=2\cdot35,14(\text{мкм})$$

При остаточному розвертанні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d=20,021(\text{мм})$$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

Для попереднього розвертання:

$$d_2=20,021-2\cdot0,0354=19,95(\text{мм})$$

для зенкерування:

$$d_3=19,95-2\cdot0,1106=19,73(\text{мм})$$

для свердління:

$$d_4=19,73-2\cdot0,3087=19,11(\text{мм})$$

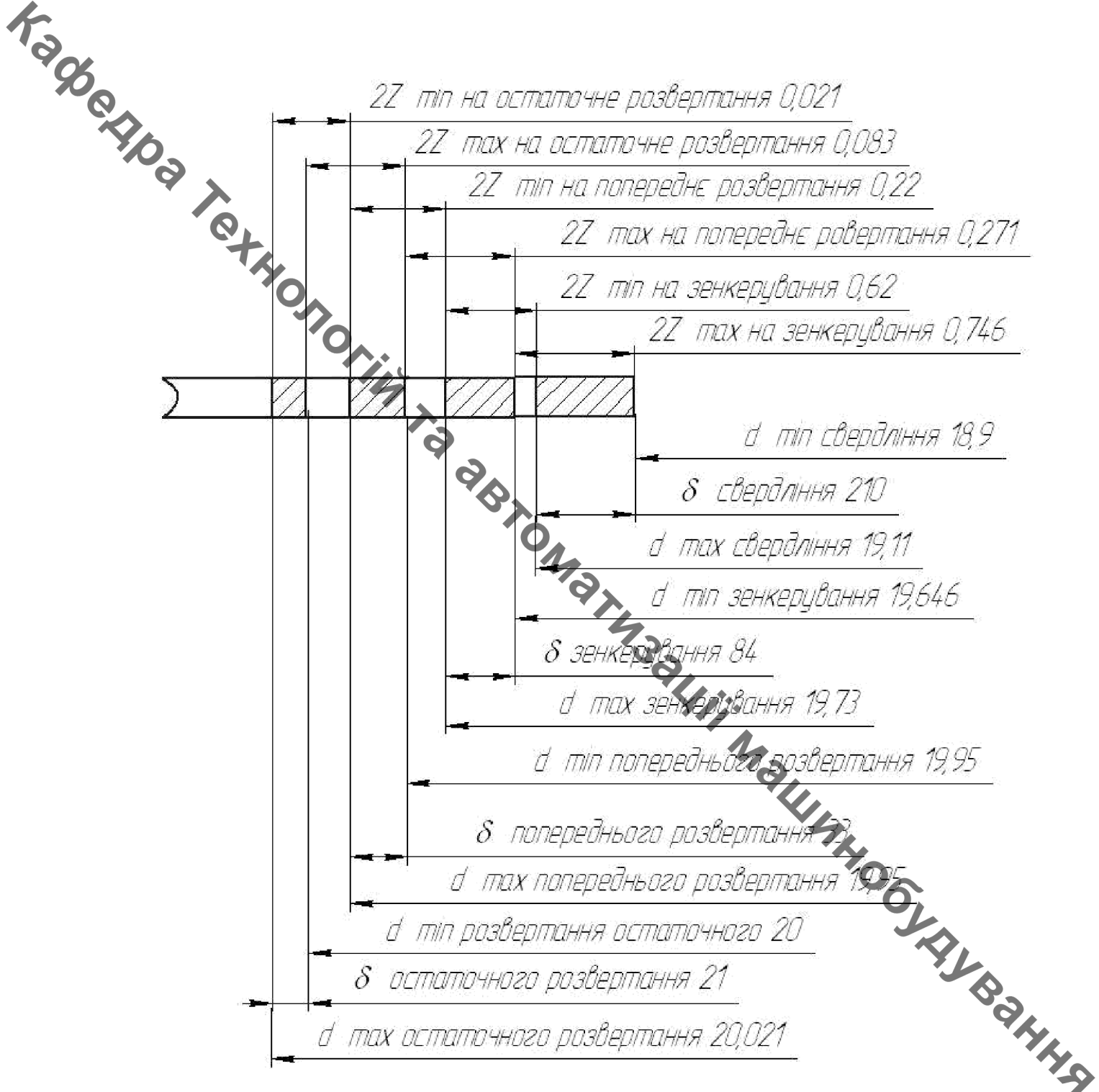


Рисунок 2.15– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору  $\varnothing 20$

Таблиця 2.19 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø20	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск		Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R <sub>z</sub>	T	ρ	ε			δ	d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	
Свердління	40	60	59,5	-	210	19,11	18,9	19,11	-	-	-	
Зенкерування	50	50	3,56	200	84	19,73	19,646	19,73	0,62	0,746	0,746	
Розвертання попередне	10	25	0,14	10	33	19,95	19,917	19,95	0,22	0,271	0,271	
Розвертання остаточне	5	10	-	-	21	20,021	20	20,021	0,071	0,083	0,083	



Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для попереднього розвертання – 33 мкм (8 квалітет), для зенкерування допуск складає 84 мкм, для свердління – 210 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$19,95-0,033=19,917 \text{ (мм)}$$

$$19,73-0,084=19,646 \text{ (мм)}$$

$$19,11-0,21=18,9 \text{ (мм)}$$

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\min}$  рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення  $Z_{\max}$  – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

$$2Z_{\min 3}=19,73-19,11=0,62 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3}=19,646-18,9=0,746 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\min 2}=19,95-19,73=0,22 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=19,917-19,646=0,271 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\min 1}=20,021-19,95=0,071 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 1}=20-19,917=0,083 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.7

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=746-620=126 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=210-84=126 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 271 - 220 = 51 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 84 - 33 = 51 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 83 - 71 = 12 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_5 - \delta_6 = 33 - 21 = 12 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточненн.

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри необхідні для конструювання штампів, спеціального різального та вимірювального інструменту, а також для настроювання металорізальних верстатів та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків можна обґрунтовано визначити масу початкових заготовок, режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічної обробки.

В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. В попередньому розділі використано розрахунково-аналітичний метод, що базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

Згідно з дослідно- статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно- статичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно- статичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 4.10

Таблиця 2.20- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø12H7	Свердління	5,5	Ø11
	Зенкерування	0,4	Ø11,8
	Розвертання	0,1	Ø12
M10	Свердління	4,5	Ø9
	Нарізання різі	1	M10
M8	Свердління	3,5	Ø7
	Нарізання різі	1	M8

Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання  $t$ , мм;
- подачу  $s$ , мм/об;
- швидкість різання  $v$ , м/хв ( частота обертання шпинделя верстата  $n$ , об/хв, або число подвійних ходів  $n$ , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином. режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.21)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, 60 хв;

$C_v, x_v, y_v, m, q_v$  – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0,45.$$

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.22)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

$K_{Mv}$ -якість оброблюваної поверхні, 1;

$K_{uv}$  – матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

$K_{lv}$  – глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,85 = 0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 20^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p \quad [\text{Н}] \quad (2.23)$$

де  $C_M$ ,  $q_M$ ,  $x_M$ ,  $y_M$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_M = 0,012; q_M = 2,2; x_M = 0; y_M = 0,8.$$

Коефіцієнт  $K_p$  рівен коефіцієнтові  $K_{MP}$  і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 20^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \quad (\text{Н}) \quad (2.24)$$

де  $C_p$ ,  $q_p$ ,  $x_p$ ,  $y_p$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 42; q_p = 1,2; x_p = 0; y_p = 0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 20^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 \text{ (Н)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.25)$$

де  $n$  – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 852 \cdot 3,951 / 975 = 3,45 \text{ (кВт)}$$

Таблиця 2.21 - Режими різання

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
1	2	3	4	5	6
005 – Фрезерна з ЧПК					
2 Фрезерувати площину 1 та 3	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Центрувати отвори	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
Свердлити отвір 2	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Зенкерувати отвір 2	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Розвернути попередньо отвір 2	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
Зенкерувати отвір 4	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36

Продовження таблиці 2.21

1	2	3	4	5	6
Розвернути отвір 4 попередньо	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Фрезерувати площини 1 та 3 остаточно	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Фрезерувати поверхні 5, 6	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розвернути отвір 2 остаточно	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
010 – Фрезерна з ЧПК					
1 Фрезерувати площини 1 та 2 попередньо	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
2 Фрезерувати площини 1 та 2 остаточно	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
015 – Фрезерна з ЧПК					
1 Фрезерування пазу 1	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
2 Фрезерувати площину 2 попередньо	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
4 Свердлити отвори 3	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
6 Нарізати різь в отворах 2	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
7 Фрезерувати паз 3	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
8 Фрезерувати площину 1	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
020 – Свердлильна з ЧПК					
1 Центрувати отвір 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
2 Свердлити отвір 1	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
4 Нарізати різь в отворі 1	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89

### Визначення технічних норм часу на операції

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК децю відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.26)$$

де  $T_{\text{в}}$  – допоміжний час, що складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} [\text{хв}] \quad (2.27)$$

$T_{\text{вуст}}$  – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 хв на площину і два торці;

$T_{\text{воп}}$  – допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.



$$T_{\text{воп}}=0,15+0,32+0,03=0,5 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем, одного заміру пробкою. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}}=0,11 \cdot 4+0,2=0,64 \text{ (хв.)}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.28)$$

$T_{\text{ц.а.}}$  – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент, як показано на рисунку 2.14. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту (таблиця 2.23), в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

На операції 005 виконується свердління отворів та нарізання різі. Для того, щоб визначити норми часу необхідно спочатку визначити довжину робочого ходу:

$$L_{\text{р.х.}}=l_0+ l_1+ l_2+ l_3 \text{ [мм]} \quad (2.29)$$

де  $l_0$  – глибина отвору;  $l_1$  – довжина підводу інструмента;  $l_2$  – довжина врізання інструмента,  $l_3$  – довжина перебігу інструмента.

При свердлінні отвору  $\varnothing 12$  згідно[23]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 9,5 \text{ (мм)}$$

При свердлінні отвору  $\varnothing 20$  згідно[23]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 10,5 \text{ (мм)}$$

Враховуючи довжину отворів отримаємо довжину робочого ходу інструмента: 90; 50 мм відповідно. Тоді основний час складатиме:

$$T_{o1} = 100,5 / 24,5 = 0,926 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o2} = 59,5 / 213 = 0,377 \text{ (хв.)};$$

Допоміжний час, який складається із: часу на установку і зняття деталі, часу на вмикання і вимикання верстату, контрольні вимірювання, складає 1,11 хв.

Відповідно штучний час:

$$T_{шт} = (0,926 + 0,377 + 0,1 + 1,11) \cdot 1,08 = 3,24 \text{ (хв.)}.$$

Норми часу для всіх операцій наведено в таблиці 2.22

Таблиця 2.22– Норми часу

Операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	6,84	9,58
010	1,75	2,45
015	3,173	4,44
020	0,12	0,162

## 2.12 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.30)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

Таблиця 2.23 – Дані для розрахунку приведенної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість										
			6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Важіль 10.50 (розрахунковий представник)	3	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			-	2	-	-	9	-	-	-	13		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			1	1	-	7	-	2	13	-	-		
Корпус	2,8	2800	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			-	-	3	-	6	-	1	-	14		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			1	1	1	6	-	1	14	-	-		
Кришка	1,8	2000	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			-	2	2	-	5	-	4	-	15		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			-	2	4	1	2	4	15	-	-		

Розрахуємо коефіцієнт  $K_1$  для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то  $K_1$  може бути розрахований за формулою

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.нр}}\right)^2},$$

де  $m$  – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.нр}$  – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт  $K_1$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_c}{m_{p.нр}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3}{3}\right)^2} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{1к} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_\phi}{m_{p.нр}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,2}{3}\right)^2} = 0,95;$$

– для кришки

$$K_{1К} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p.нр}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,8}{3}\right)^2} = 0,711$$

Таким чином коефіцієнт  $K_2$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{2\phi} = \left(\frac{N_{p.нр}}{N_c}\right)^\alpha = \left(\frac{3000}{3000}\right)^{0,15} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{2K} = \left( \frac{N_{p,np}}{N_{\Phi}} \right)^{\alpha} = \left( \frac{3000}{2200} \right)^{0,15} = 1,047;$$

– для кришки

$$K_{2K} = \left( \frac{N_{p,np}}{N_{BK}} \right)^{\alpha} = \left( \frac{3000}{2000} \right)^{0,15} = 1,062;$$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (4.11, 4.12, 4.13).

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{3I}$  для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\left( \overline{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = (11,92)^{\alpha_1} = 0,88;$$

– для корпусу

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{8 \cdot 3 + 10 \cdot 6 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 14}{3 + 6 + 1 + 14} = 12,17;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^{\Phi}}}{\overline{K_{Tp,np}}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12,17}{11,92} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,88}{0,904} = 0,97;$$

– для кришки

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 5 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 5}{2 + 2 + 5 + 4 + 15} = 12,07;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^{BK}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12,07}{11,92} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,89}{0,904} = 0,985;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{32}$  для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\left( \overline{R_a^C} \right)^{\alpha_2} = (8,103)^{\alpha_2} = 1;$$

– для корпусу

$$\overline{R_a^\Phi} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 14}{1 + 1 + 1 + 6 + 1 + 14} = 8,29;$$

$$K_{32}^\Phi = \left( \frac{\overline{R_a^\Phi}}{R_a^{p.np}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{8,29}{8,1} \right)^{\alpha_2} = 1;$$

– для кришки

$$\overline{R_a^{BK}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 5 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 15}{2 + 2 + 5 + 4 + 4 + 15} = 7,22;$$

$$K_{32}^{BK} = \left( \frac{\overline{R_a^{BK}}}{R_a^{p.np}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{7,22}{8,1} \right)^{\alpha_2} = 1;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_3$  для кожної деталі:

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{3\Phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,97 \cdot 1 = 0,97;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,985 \cdot 1 = 0,985$$

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  для кожного виробу

$$K_{npP.PP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{npK} = 0,955 \cdot 1,047 \cdot 0,97 = 0,97;$$

$$K_{npK} = 0,711 \cdot 1,062 \cdot 0,985 = 0,744;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 3000 \cdot 1,0 + 2200 \cdot 0,97 + 2000 \cdot 0,744 = 6624 \text{ (шт)}$$

Таблиця 2.25 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Важіль	3000	3	1,0	1,0	1,0	1,0	3000
Корпус	2200	2,8	0,955	1,047	0,97	0,97	2135
Кришка	2000	1,8	0,711	1,062	0,985	0,774	1489
							6624

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{np} / (\Phi_d \cdot m) \quad (5.5)$$

де  $T_{np}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

$m$  – кількість робочих змін

$$C_{p005-010-015} = \frac{(T_{шт-к.р.п.п005} + T_{шт-к.р.п.п010} + T_{шт-к.р.п.п015}) N_{np}}{F_d \cdot m \cdot 60} = \frac{(9,58 + 2,45 + 4,44) \cdot 6624}{2040 \cdot 60} = 0,8912;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{шт-к.р.п.п020} \cdot N_{np}}{F_d \cdot m \cdot 60} = \frac{0,162 \cdot 6624}{2040 \cdot 60} = 0,0088;$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

Таблиця 2.24 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005 010 015	Фрезерна з ЧПК	0,8912	1	89,12	44,99	71,43
020	Свердлильна з ЧПК	0,0088	1	0,88		74,07

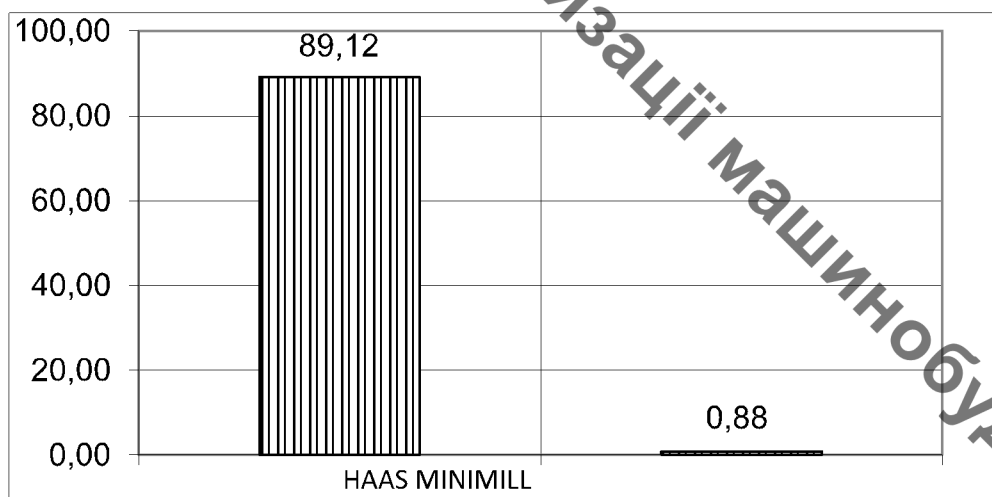


Рисунок 2.16 – Графік завантаження обладнання

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою

$$P = C_{пр} \cdot \Phi_d \cdot K_3 / \Phi_v \cdot K_m \quad (2.31)$$

де  $C_{пр}$  – прийнята кількість верстатів, шт;  $\Phi_v$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;  $K_m$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.



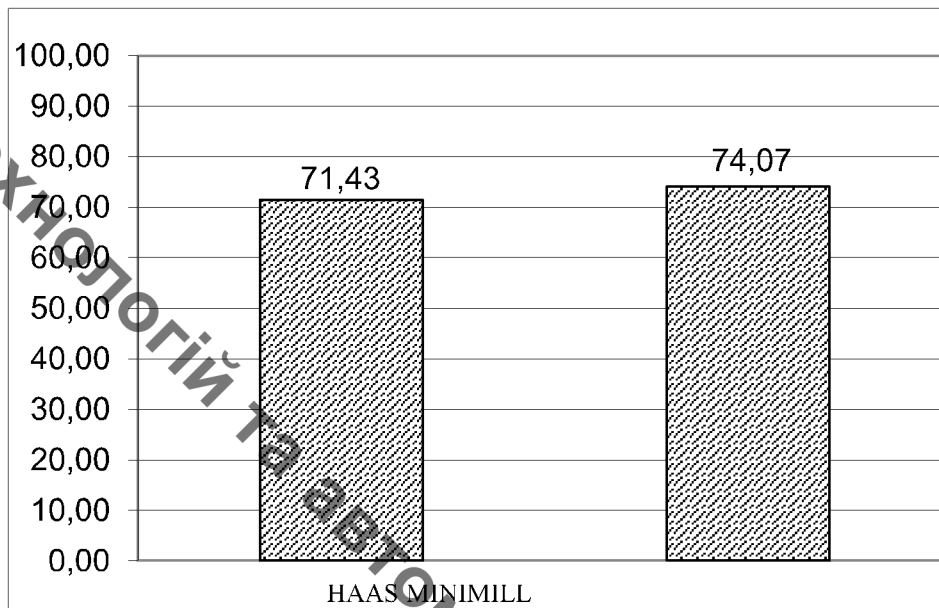


Рисунок 2.17 – Графік використання обладнання за основним часом  
Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P=1\cdot 2040\cdot 0,8912/1\cdot 1840=0,98$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.3.

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -2 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др}=(0,2\dots 0,25)\cdot 2=0,4\dots 0,5$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника на 0,5 ставки.

Таблиця 2.26 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год	$K_3$	$K_M$	$P,$ чол	$P_{пр,}$ чол
Фрезерний з ЧПК	1	1840	89,12	1	0,98	1
Свердлильний з ЧПК	1		0,88	1	0,01	1

При серійному виробництві кількість ІТР складає 18-24% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР}=(0,18...0,24) \cdot 2=0,36...0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 2=0,044$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 2.27 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		2
Допоміжні робітники	20...25%	0,5 ставки
ІТР	18...24%	0,5 ставки
СКП	2,2%	0,05 ставки
МОП	2%	0,1 ставки

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}}=0,02\cdot(2+1+1+1)=0,1$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати над обслуговуванням і інших дільниць. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

### 2.13 Висновки

В результаті виконання розділу, що присвячений проектуванню технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Важіль 10.50» визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати лиття за виплавними моделями. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 4 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 45%;

### 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

В магістерській роботі розглядається процес фрезерування із одночасним обкочуванням поверхні. Це дозволяє збільшити твердість, зменшити шорсткість отриманої поверхні.

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями.

Таблиця 3.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	3
2	2	2	2
3	2	2	2
4	4	3	4
5	4	4	4
6	2	2	2
7	3	2	2
8	3	3	3
9	1	1	1
10	3	4	3
11	4	4	4
12	2	2	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =32	СБ <sub>2</sub> =31	СБ <sub>3</sub> =32
Середньоарифметична сума балів $\bar{СБ}$	$=(32+31+32)/3=32$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

#### 3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Важіль», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту

пневматичних систем. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд виробів з пневматичними системами і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 36800.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, приймемо:

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 36800 шт.;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту  $\Pi_{\text{п}}=70\%$ ;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно  $C_{\text{п}}=80\%$ .

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$\Pi_i = \Pi \cdot \Pi_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] \quad (3.1)$$

$$\Pi_i = 36800 \cdot 80 / 100 = 29440 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\text{ОП} = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

$$\text{ОП} = 29440 / 4 = 7360 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\text{ПП} = \text{ОП} \cdot C_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] \quad (3.3)$$

$$\text{ПП} = 7360 \cdot 0,8 = 5888 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 \text{ [шт]} \quad (3.4)$$

$$РП=(7360+5888)/2=6624 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки в нашій країні досить багато виробів, що використовують пневматичні системи. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

### 3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію пристосування, безпосередньо від виробника;

Канал першого рівня може використовуватись у випадках встановлення постійного представництва виробника у регіонах (оптового дилера).

При цьому виробник передбачає надання послуг з гарантійного сервісного обслуговування протягом 6 місяців та навчання персоналу роботі із пристосування, і надання рекомендованих режимів роботи.

### 3.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день використовуються важелі, які спочатку фрезеруються, а потім піддаються поверхневому зміцненню, що призводить до здорожчання, оскільки збільшуються затрати часу. Подібні деталі або закаляються в цілому, що призводить до їх значного здорожчання, або взагалі не піддаються зміцнюючій обробці, що призводить до малого ресурсу служби. За аналог приймаємо деталі, які закаляються, оскільки продажі таких деталей на ринку значно нижчий ніж незміцнених.

### 3.5 Обрання методу ціноутворення

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару. Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

При обранні методу ціноутворення на пристрій для суміщеного обкочування слід урахувати конкуренцію на ринку. Конкуренцію даному пристрою можуть скласти лише закордонні аналоги.

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

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона залишиться конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

### 3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку	9			20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i$$

Де  $P_{Hi}$  - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

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

$\alpha_i$

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,3 = 8,7$$



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

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 4.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad \text{або} \quad q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

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

Таблиця 3.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Твердість поверхневого шару отвору	220НВ	260НВ	1,18	20%
Циклічна довговічність	6 млн. циклів	7 млн. циклів	1,17	30%
Витрати часу на обробку	21 год	16,47год	1,27	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1 = 260/220 = 1.18$$

$$q_2 = 7/6 = 1.17$$

$$q_3=21/16,47=1,27$$

$$q_4=1,6/0,8=2,0$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i$$

$$K_{яв}=1,18 \cdot 0,2+1,17 \cdot 0,3+1,27 \cdot 0,2+2,0 \cdot 0,3=1.441$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 44,1%.

### 3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

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

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

$$K=I_{тп}/I_{еп}$$

Де  $I_{тп}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{еп}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}$$

$P_{bei}$   $P_{nei}$  - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = 3600/6900 = 0,521$$

$$K = 1,441/0,521 = 2,76$$

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Основна заробітна плата розробників (дослідників)  $Z_o$ , які працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (3.5)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

$T_p$  – число робочих днів в місяці; прийmemo  $T_p = 20$  днів;

$t$  – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

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

де  $C_i$  – погодиннатарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

$t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

Таблиця 3.7 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	15000	681	20	13636,36
Інженер-технолог	12000	545	20	10909,09
			Всього	24545,45

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

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

де  $C_i$  – погодиннатарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

$t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{ГОД}} \right],$$

де  $M_n$  – мінімальна заробітна плата ( $M_n=5000$  грн);

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$K_c$  – коефіцієнт співвідношення, який установлений генеральною угодою між урядом України та профспілками,  $K_c = 1,25$ ;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Наприклад, розрахуємо погодинну тарифну ставку для виконання робіт з демонтажу обладнання.

$$C_4 = 3723 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 43,47 \text{ (грн./год.)}$$

Таблиця 3.8 Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Багатоцільова з ЧПК	0,2745	2	1222,32	33,58
Фрезерна з ЧПК	0,0027	2	122,32	0,33
Всього				33,91

Витрати на основну заробітну плату робітників з врахуванням програми випуску складатиме:

$$Z_p = 33,91 \cdot 6624 = 224600,66 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників розраховується як ...12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o .$$

Для нашого випадку:

$$Z_d = 0,12 \cdot (24545,45 + 224600,66) = 27406,07 \text{ (грн.)}$$

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

$$(24545,45+224600,66+17406,07) \cdot 0,22 = 60741,48 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

$$A = \frac{Ц \cdot T_{ф.в}}{T_{н.в.} \cdot 12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$  – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,2745 год для однієї деталі, відповідно ( з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,2745 \cdot 6624 / (8 \cdot 30) = 33,67 \text{ місяців}$$

Таблиця 3.9 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Багатоцільовий	1200 000	12	33,67	280600
Фрезерний ЧП з	350 000	12	0,33	805
Всього			281405	

Витрати на комплектуючі та інструменти, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються згідно їх номенклатурою.

$$I = \sum_{j=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [грн.]},$$

де  $n$  – кількість видів інструменту, оснащення;

$H_i$  – кількість інструменту, оснащення  $i$ -го найменування, шт;

$C_i$  – покупна ціна інструменту, оснащення  $i$ -го виду, грн;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат  $K_i = 1,1 \dots 1,5$ .

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_v \text{ [грн.]}, \quad (3.8)$$

де:  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 3,12 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 12 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 0,18 кг,  $C_v$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 4 грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45	12	3,12	0,18	4	40,46

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь45 і відповідно отримаємо:

$$M = 12 \cdot 3,12 \cdot 1,1 - 0,18 \cdot 4 = 40,46 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$40,46 \cdot 6624 = 268033,53 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (3.9)$$

де:  $V$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року  $V = 3,38$  грн./кВт.

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, 10 кВт;

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

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності.  $K_{\Pi} < 1$ , приймаємо 0,8.

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Багатоцільовий	10	0,2745	7,25
Фрезерний з ЧПК	10	0,0027	0,07
Всього			7,32

А для всієї партії:

$$7,32 \cdot 6624 = 48474,96 \text{ (грн.)}$$



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

$$V_{\text{ін}}=(1...3) (3_0+3_p) \quad (3.10)$$

$$V_{\text{ін}}=2 \cdot (24545,45+224600,66)=498292,2 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B=24545,45+224600,66+2746,07+60841,48+281405,00+268033,54+48474,96+498292,2=1\,433\,599,38 \text{ (грн)}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$V_{\text{заг}}=1\,433\,599,38/0,95=1\,509\,051,98 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ=V_{\text{заг}}/\beta \quad (3.12)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$ ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$ ; на стадії розробки конструкторської

документації, то  $\beta \approx 0,3$ ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$ ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$ ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$ ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,8-0,9$ .

Для нашого випадку  $\beta \approx 0,5$ .

Тоді:

$$ЗВ = 1\ 509\ 051,98 / 0,9 = 1\ 676\ 724,43 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання важеля з використанням методів швидкісного фрезерування складають 1 676, 7 тис грн.

### 3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 6624 шт.. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дорожче, тобто на 600 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2021 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2021-го, 2022-го, 2023-го та 2024-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 6624 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 6000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 5500 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 5000 шт.

У 2025 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N - \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100) \quad (3.13)$$

де  $C_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що  $C_0 = 600$  грн;

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

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$C_0$  – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

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

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

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (600 \cdot 6624) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 678932,84 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (600 \cdot 6000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 614975,40 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (600 \cdot 5500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 563727,45 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (600 \cdot 5000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 512479,5 \text{ (грн.)}$$

### 3.9 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (3.14)$$

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

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

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \quad (3.15)$$

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

$\tau$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

$t$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України приймемо, що  $t = 0,10$  (або 10%);

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

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

$$ПП = \frac{678932,84}{(1+0.1)^2} + \frac{614975,4}{(1+0.1)^3} + \frac{563727,45}{(1+0.1)^4} + \frac{512479,5}{(1+0.1)^5} = 1726384,53 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 1\,726\,384,53 - 1\,676\,724,43 = 49\,660,1 \text{ (грн.)}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність  $E_B$  вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_j]{1 + E_{abc}/PV} - 1 \quad (3.16)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій  $PV$  – теперішня вартість інвестицій;

$T_j$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 49/1676} - 1 = 0,4246 = 42,46\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування  $\tau$  мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках, в 2020 році в Україні  $d = (0,20...0,27)$ ;

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

$$\tau \text{ мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau \text{ мін} = 35\%$$

Оскільки величина  $E_B = 45,8\% > \tau \text{ мін} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,4246 = 2,35$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкласти гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

### 3.10 Висновок

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці на механічній ділянці обробки заготовки деталі типу «Важіль 10.50».

При виконанні робіт в механічному цеху на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори. До фізичних належать:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих аерозолів та газів;
- підвищена або понижена температура в цеху;
- застосування високих напруг;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються, гострі кромки, заусенці.

Хімічні: загально токсичні ( $\text{CO}_2$  – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт, а також ДНАОП 0.00-1.28-97.

### 4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Виробничі приміщення для технологічного процесу повинні відповідати вимогам санітарних норм і правил.

Приміщення, у якому розміщується робоче місце, повинно бути з щільними не протікаючими стелями. Комунікації бажано робити схованими чи офарблювати олійною фарбою.

Приміщення повинне бути обладнане загальною приточно - витяжною вентиляцією. Повітрязбірники приточної вентиляції повинні бути постачені пиловловлюючими фільтрами.

Загальне освітлення бажано здійснювати газорозрядними лампами. Освітленість не менш 3000 лк.

#### 4 2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються. Стандарт встановлює санітарно-гігієнічні заходи до показників мікроклімату. Мікроклімат характеризується наступними показниками: T - температура повітря, °C; I - відносна вологість повітря, %; V - інтенсивність теплового опромінення, Вт/м<sup>2</sup>; - швидкість руху повітря, м/с. Параметри мікроклімату на механічній ділянці по обробці деталей наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату на механічній ділянці

Період року	Категорія робіт	Температура						Відносна вологість, %		Швидкість руху пов. м/с	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце					
Хол.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4	
Тепл.	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5	

Категорія робіт Пб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт). Норми інтенсивності теплового опромінення беремо з (таблиця 4.2)

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.



Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин	100	4	П
Сірчана кислота	12	А	А
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	А

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією відповідно до вимог; забезпечувати стан повітря.

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

#### 4.2.2 Виробниче освітлення

Освітлення в цеху здійснюється природнім та штучним освітленням відповідно і характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т. д. Коефіцієнт освітленості нормується з врахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, характеристики зорової роботи, системи освітлення фону і контрасту об'єкта з фоном.

Таблиця 4.5 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізно з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
						Освітленість, лк		КПОен III %		КПОен III %	
						При комбінованому освітненні	При верхньому освітненні	При верхньому	При боковому	При верхньому	При боковому
Високої точності	0,3-0,5	III	б	середній	малый	1000	300	5	2	2,3	0,7-1,2

Коефіцієнт природної освітленості

$$e_{IV} = e_{III} C_m, \quad (4.1)$$

де  $e_{III}$  - коефіцієнт природного освітлення для III поясу світлового клімату;

$C$  - коефіцієнт сонячності клімату ( $C=0,9$ );

$m$  - коефіцієнт світлового клімату ( $m=0,75$ ),

$$e_{IV} = 1,9 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,28.$$

Для загального освітлення в системі комбінованого необхідно встановити газорозрядні лампи, освітленість яких складає близько 300 лк. . Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65. Отже вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком  $\Phi = 1180$  тривалістю горіння  $10 \cdot 10^3$  годин.

#### 4.2.3 Виробничий шум

Основними джерелами шуму є: робота верстатів та допоміжного обладнання, електродвигунів і компресорів вентиляційної системи.

У якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються: засоби звукоізоляції (звукоізоляції огороження, звукоізолюючі кожухи і кабіни, акустичні екрани і вигородки); засоби демпфування (лінійні і нелінійні); глушники шуму (адсорбційні, реактивні, комбіновані); засоби звукопоглинання ( звукопоглинаючі облицювання, об'ємні поглинальники звуку), засоби віброізоляції (опори, що віброізолюють, пружні прокладки, конструктивні розриви).

Нормування рівнів звукового тиску та еквівалентних рівнів звуку на робочих місцях

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування малозумного технологічного процесу; оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю; застосування малозумних агрегатів; удосконалювання технології ремонту й

обслуговування стану; використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

Таблиця 4.6 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалент ні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

При роботі працюючий може піддаватися дії вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева - окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації (“комбінована вібрація”)

Таблиця 4.7 - Категорія вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип «а» Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Засоби захисту від вібрації: боротьба в джерелі виникнення боротьба на шляху розповсюдження; засоби індивідуального захисту використовуються додатково (вкладиші в рукавиці, взуття на спеціальних віброзахисних підборах).

Таблиця 4.8 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	—	X <sub>л</sub> , Y <sub>л</sub> , Z <sub>л</sub>	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

#### 4.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

##### 4.3.1. Техніка безпеки

До роботи допускається обслуговуючий персонал, що добре знає устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес. Вентиляція, що відсмоктує, повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях, де виробляються роботи, необхідно мати засоби для гасіння пожежі - вогнегасники ОУ - 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

#### 4.3.2 Електробезпека

За ступінню електробезпеки приміщення відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так як присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин.

Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

#### 4.4 Пожежна безпека

Роботи повинні проводитися у відповідності з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку.

Цехи і ділянки, де ведуться роботи, відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і ділянок повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами.

Приміщення повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

Місця, відведені для установки устаткування повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менш 5 м.

У чисельнику — межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 4.9 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 4.10 - Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі:

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння для проектуємої дільниці є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації установок в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та III ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше 1 м, дверей - не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

#### 4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для зниження можливих доз опромінення при ліквідації наслідків у зонах забруднення проводиться дезактивація території, будинків і споруджень, устаткування, техніки й інших об'єктів, виконуються заходи щодо усунення пилу. Роботи ведуться позмінно з урахуванням припустимих доз опромінення, встановлених для формувань. Радіоактивні відходи, що утворюються при дезактивації, вивозяться на спеціально створювані пункти захоронення.

Пункти спеціальної обробки (ПуСО) створюються на межах зон забруднення; люди і транспорт, що відбувають із зон забруднення, на них проходять дозиметричний контроль. При виявленні забруднення вище припустимих рівнів люди проходять санітарну обробку, транспорт – дезактивацію. Забруднений одяг відправляється на дезактивацію, замість нього з підмінного фонду видається чистий. Санобробка людей може також проводитися на стаціонарних санітарно-обмивальних пунктах (СОП), дезактивація – на станціях знезаражування транспорту (СЗТ).

Техніка і майно, що вивозяться із забрудненої території, дезактивуються на спеціальних майданчиках, які обладнуються біля ПуСО.

Реевакуація населення здійснюється після завершення робіт з дезактивації населених пунктів чи зниження забруднення внаслідок природного розпаду РР до припустимих рівнів. Дозвіл на реевакуацію дається після обстеження населених пунктів спеціально створюваними комісіями.



Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти, луги. До перших відносять порошок СФ-2 і препарати ОП-7 і ОП-10; до других - фосфати натрію, трилон - Б, Лужна і лимонна кислоти, солі цих кислот.

Для одержання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні. Дезактивацію транспортних засобів і техніки проводять із застосуванням 0,15 %-го розчину СФ-2 у воді (улітку) чи аміачній воді, що містить 20 - 24% аміаку. Препарат ОП-7 і ОП-10 застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будинків споряджень і устаткування.

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться при їхньому зараженні 200 мР/год і більше. Дезактивація проводиться змиванням струменем води під тиском 2-3 атм. чи обробкою дезактивуючими розчинами, протиранням ганчіркою змоченою в бензині, гасі, дизельному паливі, а також обробкою газокрапельним потоком.

Пункт спеціальної обробки ПуСО доцільно розробляти і організувати на базі даного підприємства тому, що воно повністю забезпечене потрібним персоналом та спеціалістами, які здатні обслуговувати та працювати в ПуСО, також підприємство має всі необхідні засоби техніку та обладнання для організації ПуСО.

Розташування ПуСО зручно зробити на виїзді з міста тому, що поблизу протікає річка, яка повністю може забезпечити потреби ПуСО у водопостачанні. Електропостачання забезпечує лінія електропередач, яка проходить поблизу.

Способи дезактивації техніки і транспорту

До основних способів відносять:

- змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість у 50-80 разів;

- змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 20 разів;
- видалення радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;
- видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту;
- замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується в основному при проведенні часткової дезактивації;
- видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4).

При частковій дегазації і дезінфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед обробляються ті частини і поверхні техніки та транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного знезаражування або видалення зі всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання заражених поверхонь розчинами для дегазації; при їх відсутності можуть бути використані розчинники і розчини для дезактивації.

Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, комплектів і приладів.

Повна дезінфекція виконується тими самими способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції.

Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезінфекцію техніки та транспорту.

Засоби знезаражування техніки і транспорту:

- авто-розливальна станція АРС- 12У (АРС-14), комплекти ДК-4, ІДК-1, ДК-3;

- комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що придатна для використання при виконанні робіт зі знезаражування.

Деактивація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водяними розчинами миючих засобів або водою, а також пранням за спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації.

Деактивація бавовняного, сукняного і шерстяного одягу та взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чисткою щітками.

Якщо названими способами ступінь зараження одягу не можливо понизити до допустимих величин, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

Дегазація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту здійснюється кип'ятінням, пароаміачною сумішшю, пранням і провітрюванням.

6.5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}},$$

де  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Оскільки працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде збережено, коли  $K_B \geq 40$  дБ, то розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що  $K_{B\min} = 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення в системі ЧПК дорівнює

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 5 = 18,9 \text{ (В)},$$

де  $U_{\text{ж}} = 18 \text{ В}$  – робоча напруга живлення;

$N = 5$  – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить  $l_{\Gamma} = 0,65 \text{ м}$ .

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК визначається з рівняння

$$K_{\text{вн}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ (В)}.$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ (В/м)}.$$

Отже область працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного випромінювання визначена вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

#### 4.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки, розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення, а також визначено області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії випромінювань.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність виробництва та сучасні тенденції, запропонований технологічний процес орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК.

Досліджено процес сумішеного обточування та фрезерування. Аналіз отриманих результатів показує, що мають місце три зони деформування: у зоні пластичної хвилі відбуваються значні деформації при несприятливій схемі напруженого стану. Показник у цій зоні змінюється від  $\eta=0,71$  до  $\eta=1,6$ , а  $\mu_\sigma$  змінюється від  $\mu_\sigma = -0,3$  до  $\mu_\sigma = -0,4$ . В зоні контакту деталі та інструменту ВД відбуваються основні деформації, однак збільшення використаного ресурсу пластичності незначно. В цій області показники  $\eta = -0,75 \dots -0,7$ ,  $\mu_\sigma = 0,2 \dots 0,3$ , тобто має місце схема всебічного стиснення

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Важіль 10.50», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати лиття за виплавними моделями. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 4 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження

45%. В результаті проведених досліджень визначені аналітичні залежності для розрахунку оптимальних режимів різання за критеріями максимальної продуктивності та мінімальної собівартості з використанням в якості метода оптимізації як лінійного, так і геометричного програмування, що дозволяє для будь-яких умов обробки та заданих вимог до якості оброблених поверхонь виконувати розрахунки оптимальних режимів різання, що забезпечують як мінімальну собівартість, так і максимальну продуктивність.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. . Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№ 10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.



9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

10. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: ТулГУ. – 2004. – С. 150-156

11. Сухорук С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорук, И. О. Сивак, Е. И. Коцобивская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

12. Смелянский Вадим Михайлович. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

13. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

14. Огородников В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородников, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

15. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.
18. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.
19. Дусанюк Ж. П. Проекування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
20. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа». 1999.–247 с.
21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И. ] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Высшая школа, 1987.— 255 с.
22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-

заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.

28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.

29. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991

30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.

31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.

32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.

33. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.

34. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.

35. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.

36. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Міністерство освіти і науки України  
 Вінницький національний технічний університет  
 Факультет машинобудування та транспорту  
 Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_ (підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі  
 типу «Важіль 10.50»  
 08-26.МКР.006.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц. каф. ТАМ  
 Сердюк О.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м  
 спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Гаврилюк Н.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Важіль 10.50» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

### 2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

### 3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Важіль 10.50».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

### 4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

### 5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	пояснювальна записка

#### 6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

#### 7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

#### 8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

#### 9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом Відсутні.



Додаток Б

Керуюча програма

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№001 M4 \*

№002 M39 \*


№003 G97 \*

№004 S386 \*

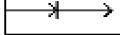
№005 G95 \*

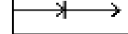
№006 F60

№007 T1

№008 X9700  \*

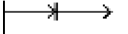
№009 Z0

№010 X-700 

№011 X1000  \*

№012 Z-3000

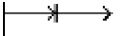
№013 Z-6000 \*

№014 X2000  \*

№015 Z-7500

№016 Z-8500

№017 G3 \*

№018 X1000  \*

№019 Z-10000 \*

№020 P2000 \*

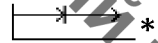
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№080 P500

№081 Z-12000

№082 X1000 

№083 G2 \*

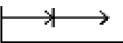
№084 X1000 


№085 Z-13500 \*

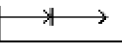
№086 P-3500 \*

№087 P-2000

№088 Z-14500

№089 X200 

№090 Z0 

№091 X-6000 

№092 G25 \*

№093 P 69 91 \*

№094 P12

№095 X3100

№096 G25 \*

№097 P 70 90 \*

№098 P1

№099 G96 \*

№100 P 200 \*

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№101 P800 \*

№102 S167

№103 G95 \*

№104 F30

№105 X3300

№106 Z0

№107 X3000

№108 G25 \*

№109 P 70 90 \*

№110 P1


№111 T2

№112 G95 \*

№113 F10 \*

№114 G97 \*

№115 S573

№116 X4200  \*

№117 Z-5000

№118 G75 \*

№119 X3000 \*

№120 Z600  \*

№121 P400

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№122 T3

№123 M5


№124 D30

№125 G95 \*

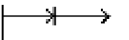
№126 F22 \*

№127 G97 \*

№128 S531

№129 X0  \*

№130 Z200

№131 G73  \*

№132 X20000 \*

№133 Z-4000 \*

№134 P2250


№135 T4

№136 G95 \*

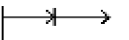
№137 F38 \*

№138 G97 \*

№139 S295 \*

№140 X0  \*

№141 Z200

№142 G73  \*

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№143 Z-1500 \*

№144 Z200 \*

№145 P1500


№146 T5

№147 G95 \*


№148 F100 \*

№149 G97 \*

№150 S573


№151 X0  \*

№152 Z200

№153 G33  \*

№154 X10000 \*

№155 Z-3200  \*

№156 X20000  \*

№157 Z20000

№158 M5

№159 M30

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

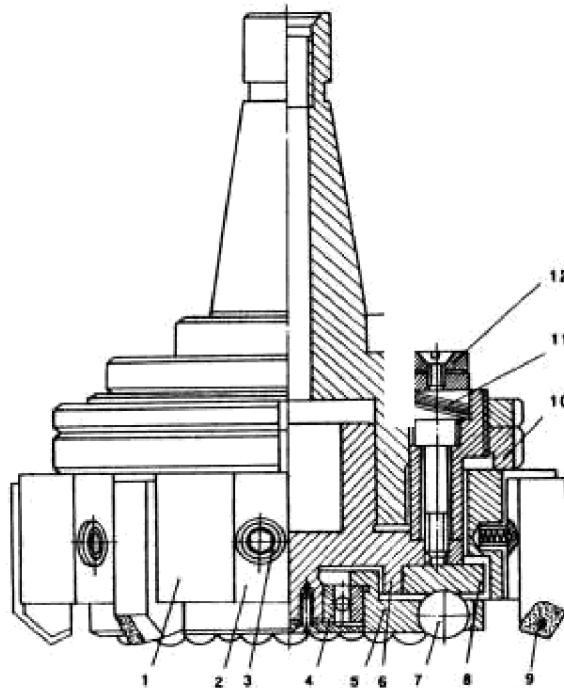
Додаток А

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

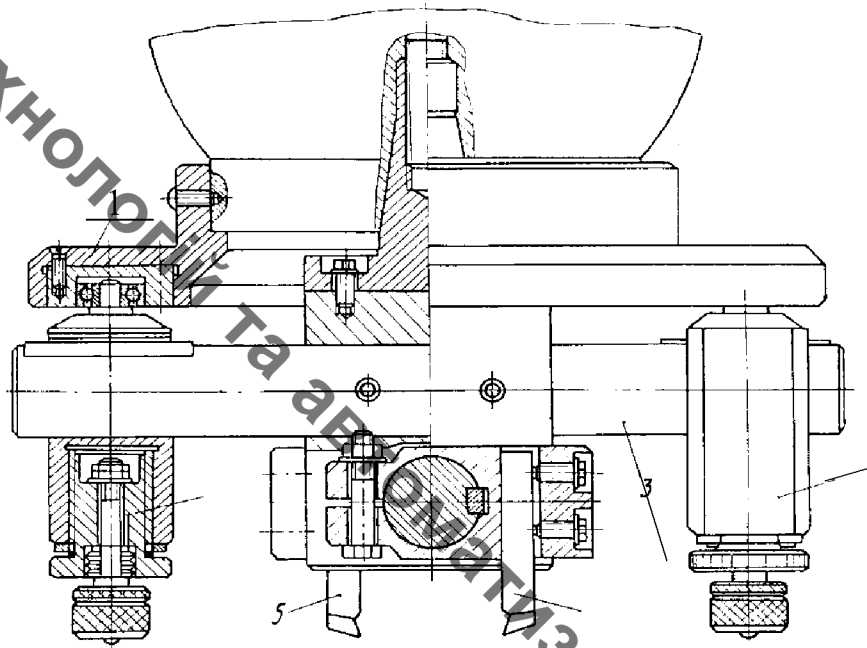


Конструктивні варіанти комбінованого інструменту (різання і поверхневе пластичне деформування) для обробки плоских поверхонь

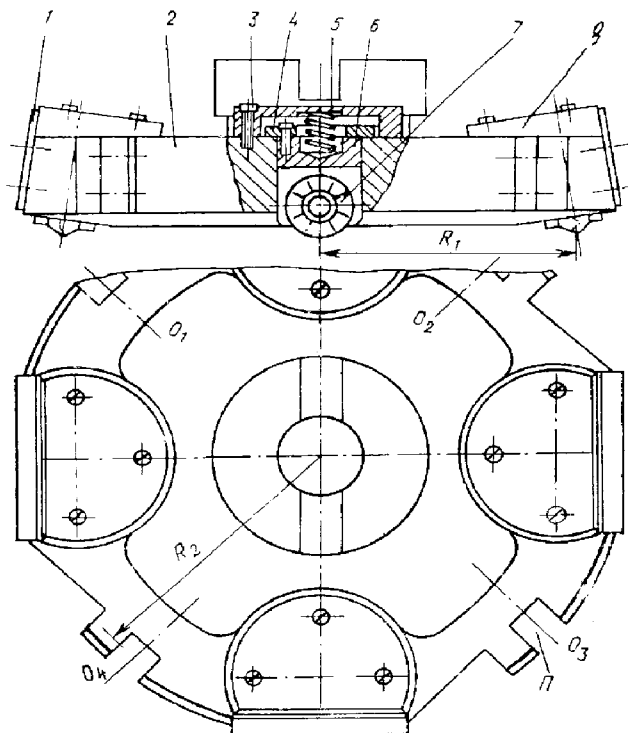


Комбінована фреза-накатка

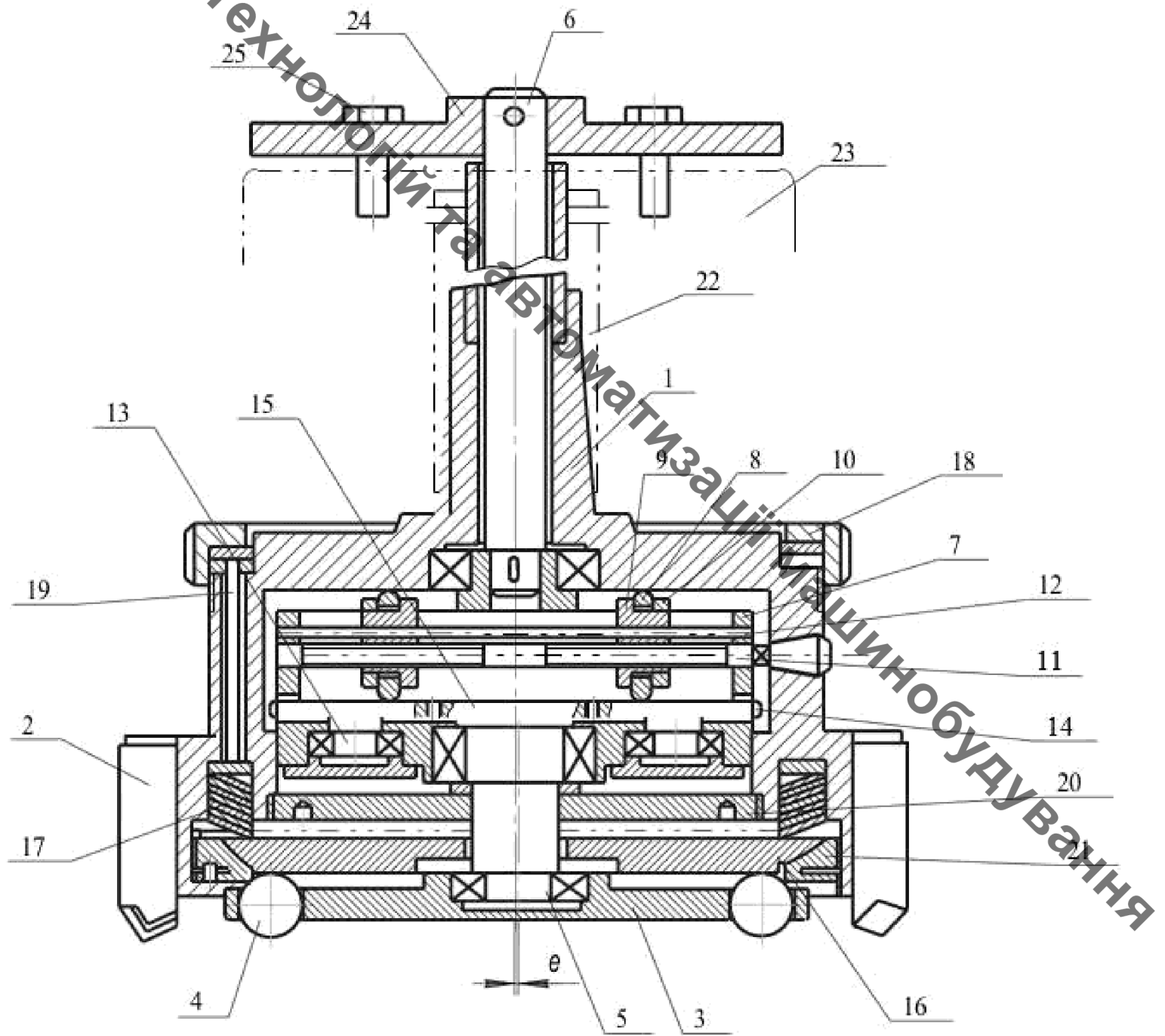




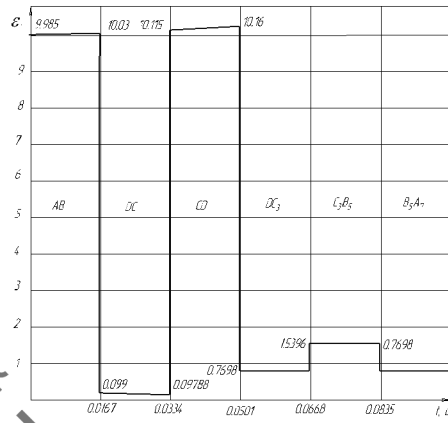
Фреза комбінована з вигладжувальними інденторами



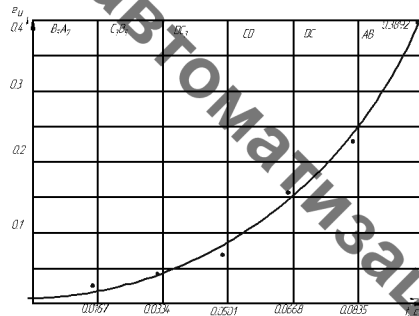
Конструкція багатороликового пристосування



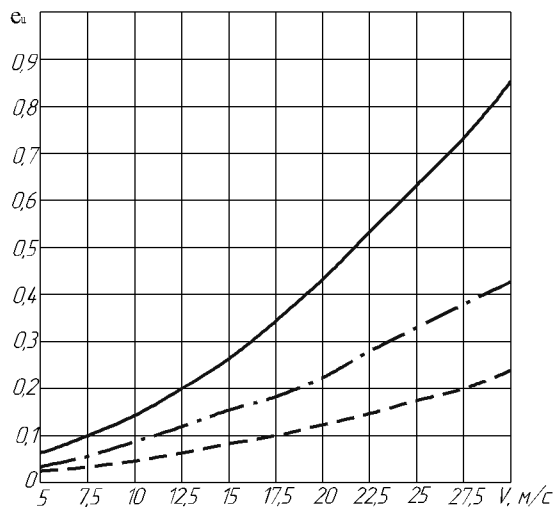
Пристрій для комбінованої обробки плоских поверхонь



а)

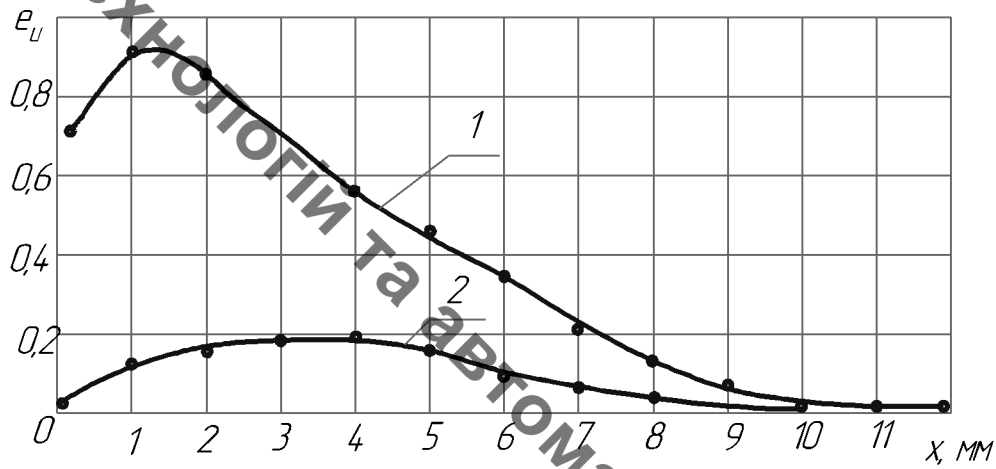


Інтенсивність швидкостей деформацій (а) та накопичена пластична деформація (б) в поверхневому шарі

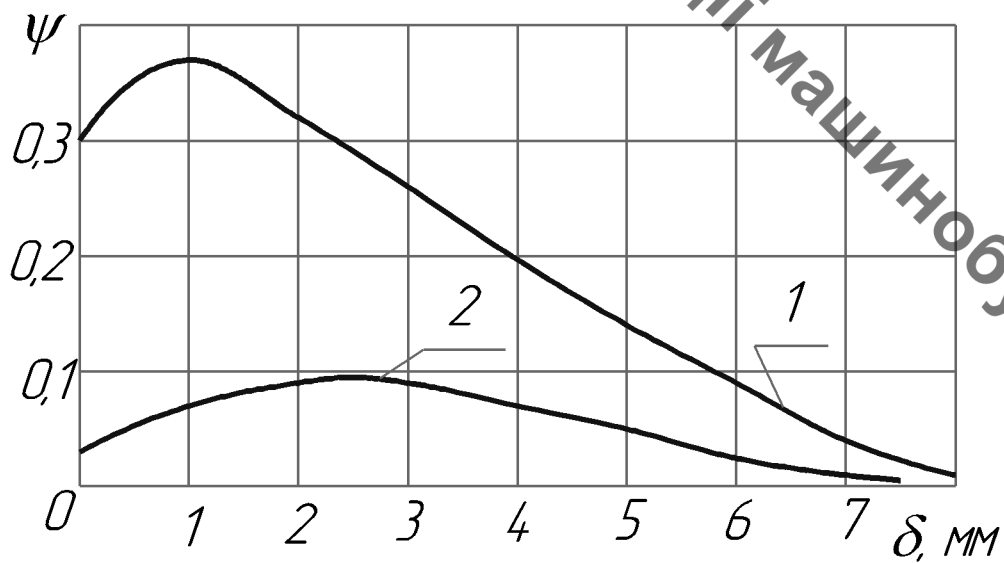


Залежність накопиченої пластичної деформації від лінійної швидкості та діаметра ролика

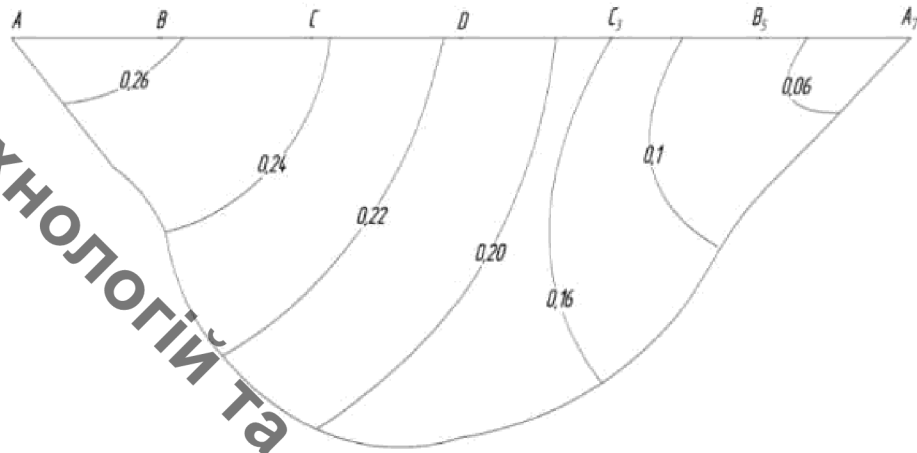
- ролік діаметром 4 мм;
- . - -ролік діаметром 7 мм;
- - -ролік діаметром 10 мм;



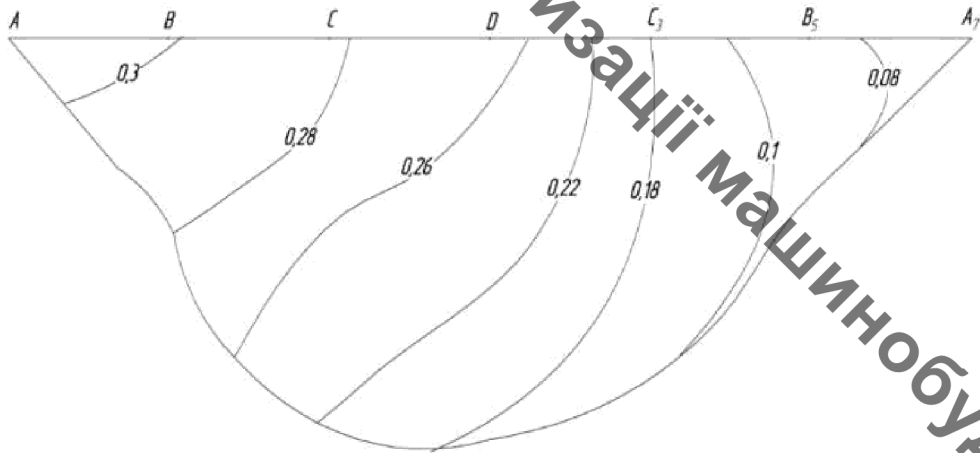
Розподіл накопиченої деформації по глибині накопиченого шару (1-  $d=12,5$ ,  
2-  $d=50, P=125$  кН)



Розподіл використаного ресурсу пластичності по глибині поверхневого шару  
(1-  $d=12,5$ , 2-  $d=50, P=125$  кН)

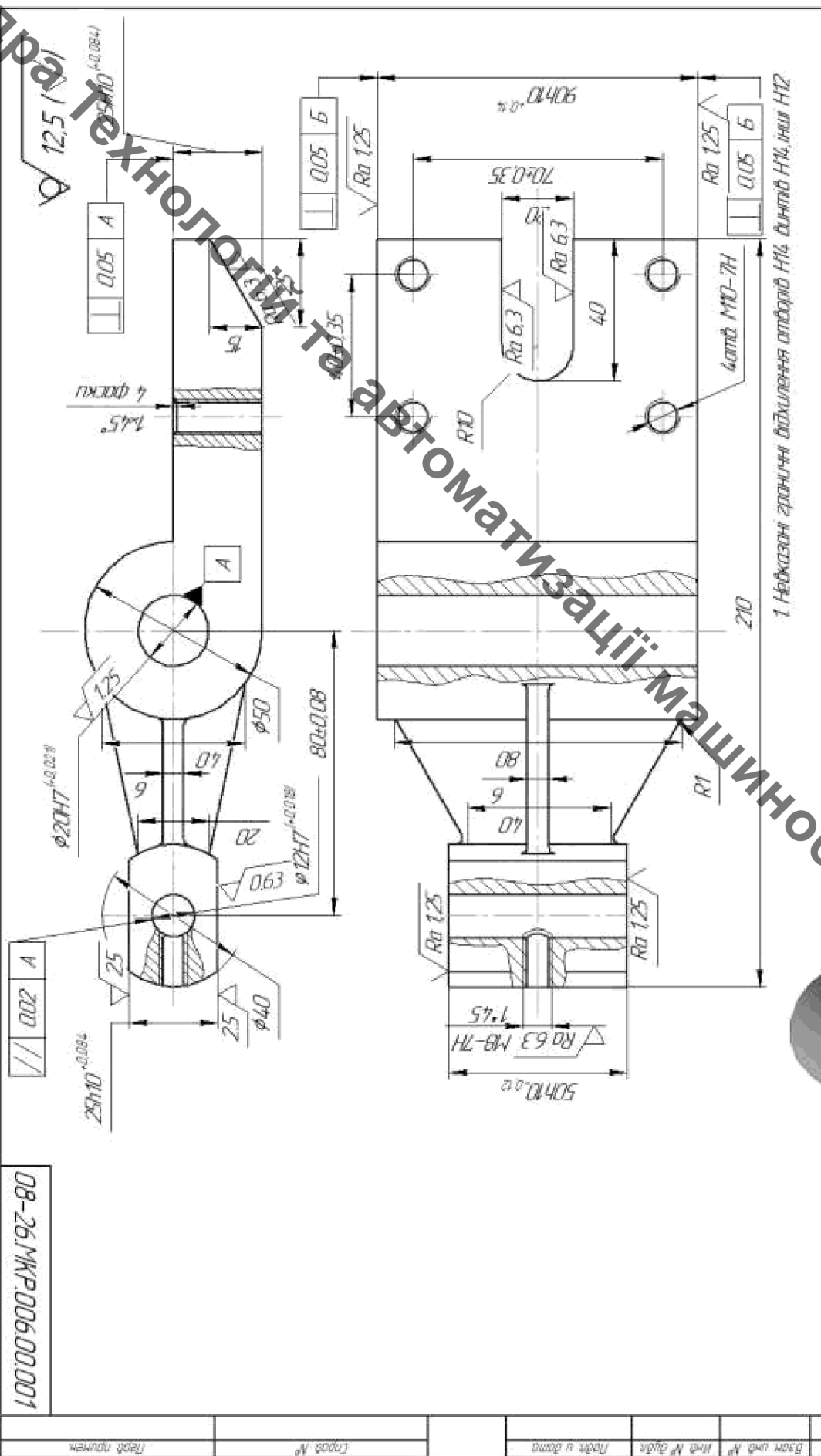


а)

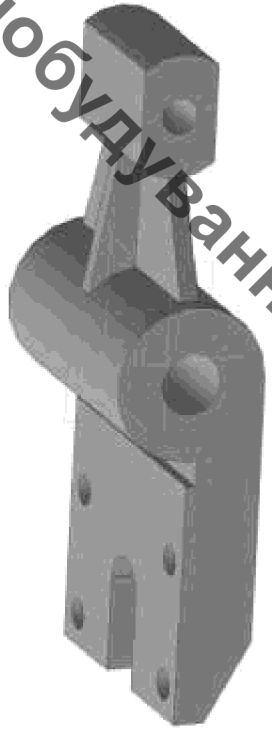


б)

Ізолінії ресурса пластичності при обкочуванні роликом  
 $R=100$  мм: а- подача 0,19 мм/об, б – подача 0,67 мм/об

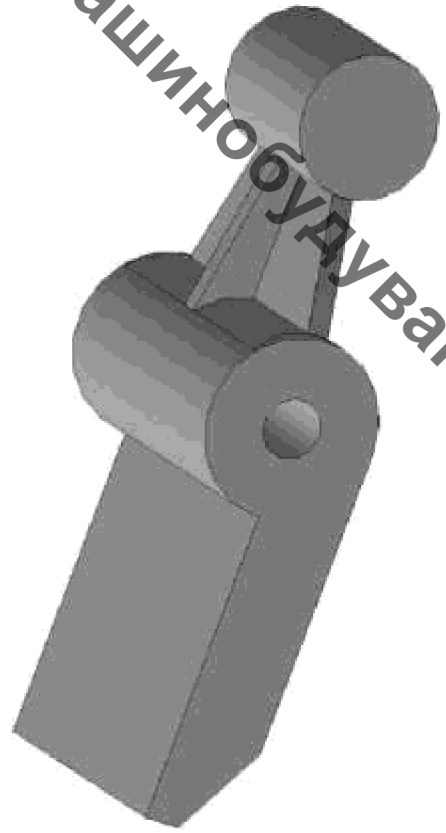
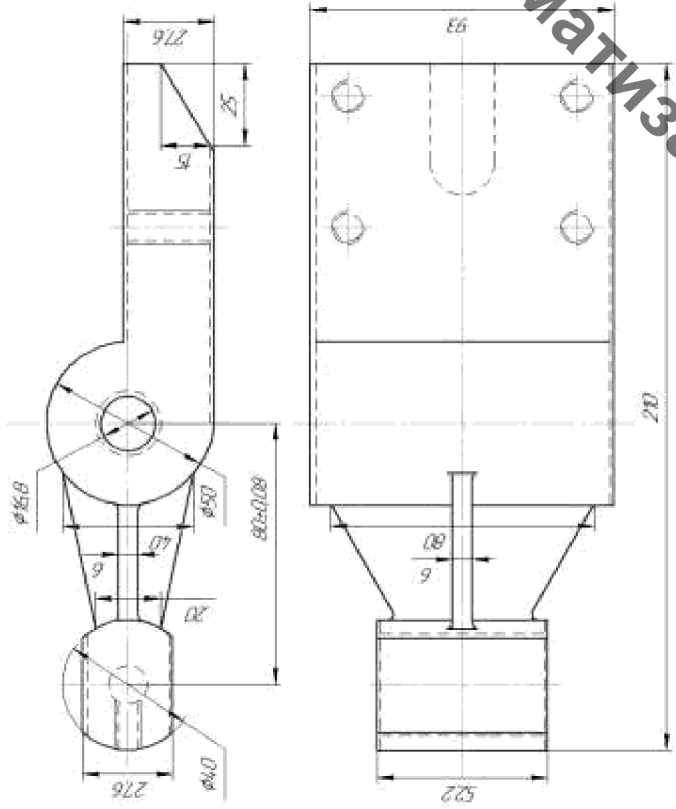


08-26.МКР.006.00.001		Вахіль 10.50		Сталь 45Л ГОСТ 1050-88		гр. ПМ-19М	
Мат. (лист)	№ докум.	Лист	Листів	Маса	Місцями	Лист	Листів
Розроб.	Скорект. Н.Б.	2111	11	298	11		
Лист	Скорект. О.Б.	2111					
Г.лист	Скорект. О.Б.						
Н.лист	Скорект. О.Б.						
Змін.	Листів Л.	4.2	1372				



Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

✓ Ra 8,0



- 1.Точність вилівка 7-5-7-7 ГОСТ 26645-85,  
зміщення 0,44 мм
- 2.Маса 3,0-0,05-0,15-3,2
- 3.Невказані радіуси R=3мм, нахили 0°30

08-26.МКР.002.00.002

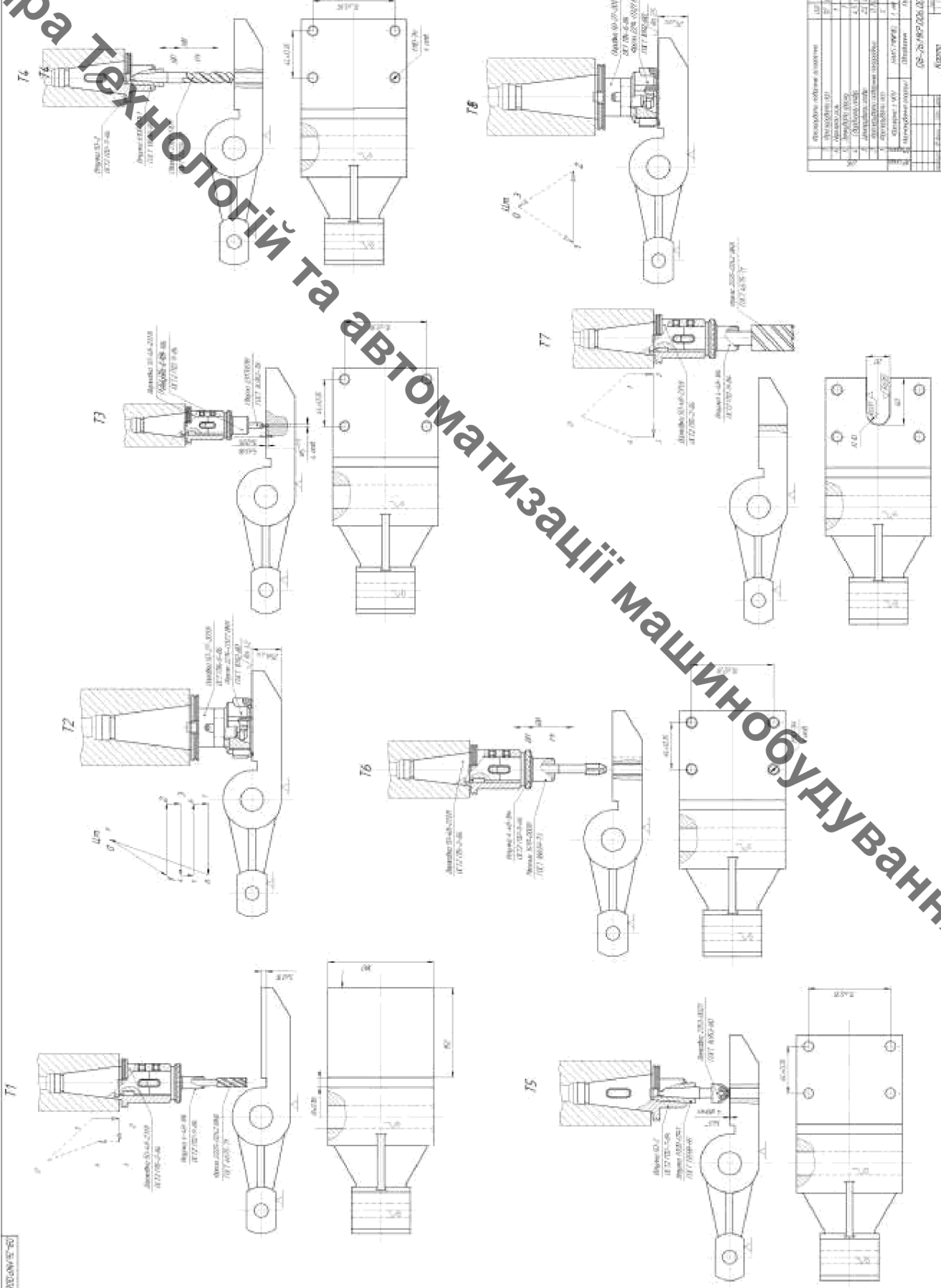
Вагіль 1050

Лист 4.51 / ГОСТ 1050-88  
ар. 11М-19М

08-26.МКР.002.00.002

№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування



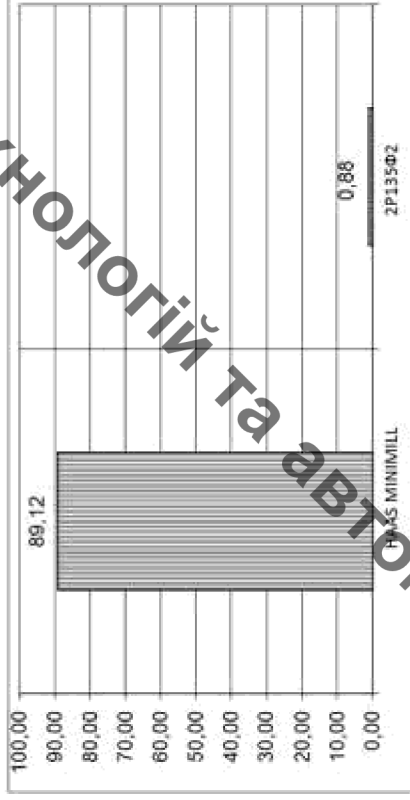
Виробник		Лист	
Місце виготовлення		Лист №	
Підприємство		Лист №	
І. В. Сидоров	Л. П. Коваленко	1	1
М. М. Петренко	О. О. Іванова	2	2
С. С. Коваленко	Т. Т. Коваленко	3	3
Д. Д. Коваленко	К. К. Коваленко	4	4
Л. Л. Коваленко	З. З. Коваленко	5	5
А. А. Коваленко	Я. Я. Коваленко	6	6
С. С. Коваленко	Ч. Ч. Коваленко	7	7
Ш. Ш. Коваленко	Ц. Ц. Коваленко	8	8
Х. Х. Коваленко	П. П. Коваленко	9	9
Ф. Ф. Коваленко	Б. Б. Коваленко	10	10
В. В. Коваленко	Г. Г. Коваленко	11	11
Г. Г. Коваленко	Д. Д. Коваленко	12	12
Б. Б. Коваленко	К. К. Коваленко	13	13
Д. Д. Коваленко	Л. Л. Коваленко	14	14
К. К. Коваленко	З. З. Коваленко	15	15
Л. Л. Коваленко	Ж. Ж. Коваленко	16	16
З. З. Коваленко	И. И. Коваленко	17	17
Ж. Ж. Коваленко	Й. Й. Коваленко	18	18
И. И. Коваленко	Ф. Ф. Коваленко	19	19
Й. Й. Коваленко	Х. Х. Коваленко	20	20
Ф. Ф. Коваленко	Ц. Ц. Коваленко	21	21
Х. Х. Коваленко	П. П. Коваленко	22	22
Ц. Ц. Коваленко	Б. Б. Коваленко	23	23
П. П. Коваленко	В. В. Коваленко	24	24
Б. Б. Коваленко	Г. Г. Коваленко	25	25
В. В. Коваленко	Д. Д. Коваленко	26	26
Г. Г. Коваленко	К. К. Коваленко	27	27
Д. Д. Коваленко	Л. Л. Коваленко	28	28
К. К. Коваленко	З. З. Коваленко	29	29
Л. Л. Коваленко	Ж. Ж. Коваленко	30	30
З. З. Коваленко	И. И. Коваленко	31	31
Ж. Ж. Коваленко	Й. Й. Коваленко	32	32
И. И. Коваленко	Ф. Ф. Коваленко	33	33
Й. Й. Коваленко	Х. Х. Коваленко	34	34
Ф. Ф. Коваленко	Ц. Ц. Коваленко	35	35
Х. Х. Коваленко	П. П. Коваленко	36	36
Ц. Ц. Коваленко	Б. Б. Коваленко	37	37
П. П. Коваленко	В. В. Коваленко	38	38
Б. Б. Коваленко	Г. Г. Коваленко	39	39
В. В. Коваленко	Д. Д. Коваленко	40	40
Г. Г. Коваленко	К. К. Коваленко	41	41
Д. Д. Коваленко	Л. Л. Коваленко	42	42
К. К. Коваленко	З. З. Коваленко	43	43
Л. Л. Коваленко	Ж. Ж. Коваленко	44	44
З. З. Коваленко	И. И. Коваленко	45	45
Ж. Ж. Коваленко	Й. Й. Коваленко	46	46
И. И. Коваленко	Ф. Ф. Коваленко	47	47
Й. Й. Коваленко	Х. Х. Коваленко	48	48
Ф. Ф. Коваленко	Ц. Ц. Коваленко	49	49
Х. Х. Коваленко	П. П. Коваленко	50	50
Ц. Ц. Коваленко	Б. Б. Коваленко	51	51
П. П. Коваленко	В. В. Коваленко	52	52
Б. Б. Коваленко	Г. Г. Коваленко	53	53
В. В. Коваленко	Д. Д. Коваленко	54	54
Г. Г. Коваленко	К. К. Коваленко	55	55
Д. Д. Коваленко	Л. Л. Коваленко	56	56
К. К. Коваленко	З. З. Коваленко	57	57
Л. Л. Коваленко	Ж. Ж. Коваленко	58	58
З. З. Коваленко	И. И. Коваленко	59	59
Ж. Ж. Коваленко	Й. Й. Коваленко	60	60



## Елементи дільниці механічної обробки

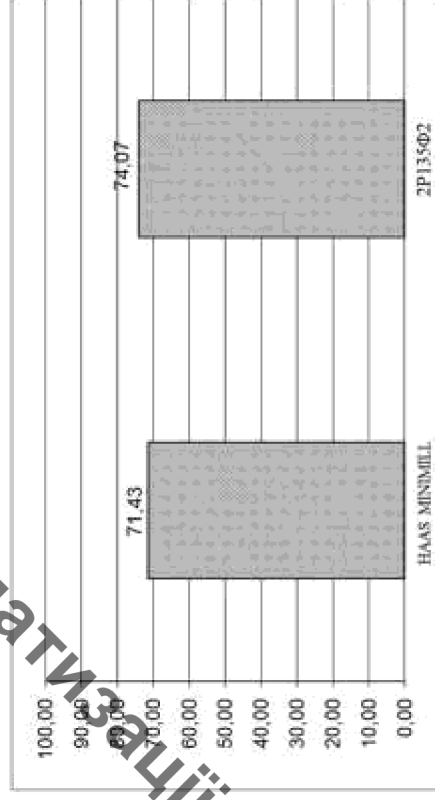
Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання

$N_{об}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному пасові
005	Фрезерня з ЧПК	0.8912	1	89,12	44,99	71,43
010						
015						
020	Свердильна з ЧПК	0.0088	1	0,88		74,07



Таблиця 2 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, год				$R_{вр}$ чол
	$S_{вр}$	$\Phi_{вр}$	$K_{с}$	$K_{м}$	
Фрезерний з ЧПК	1	1840	89,12	1	0,98
Свердильний з ЧПК	1		0,88	1	0,01



Таблиця 3 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	
	Прийнята кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		
Допоміжні робітники	20...25%	0,25 ставки
ІТР	18...24%	0,5 ставки
СКП	2,2%	0,05 ставки
МОП	2%	0,1 ставки

Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом

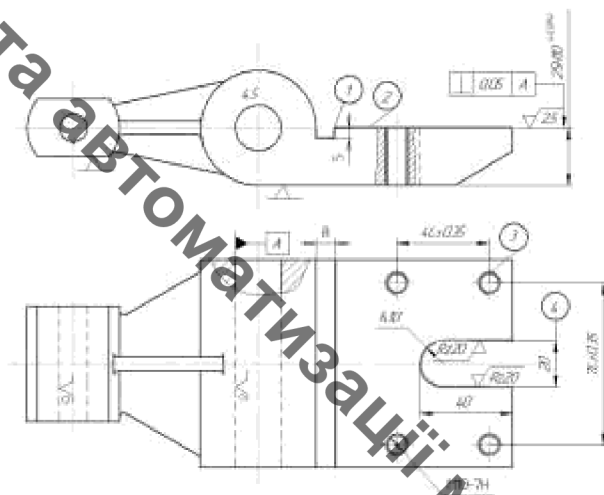
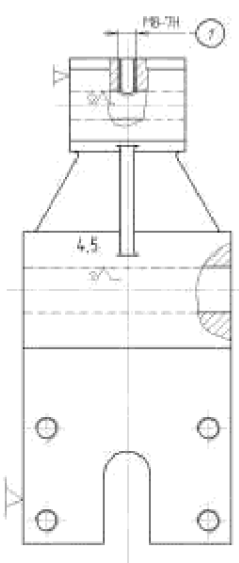
Маршрут механічної обробки

№	Екст. операції та перекази	Ескіз та схема установки	Тип та модель обладнання
005	<p>Фрезерно з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати площину 1 та 3 попередньо в розміри 92,36(-0,54) та 52,05(-0,39) відповідно</li> <li>3 Центрувати отвори 2 та 4 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>4 Свердлити отвір 2 в розмір <math>\phi 18,91 \pm 0,20</math></li> <li>5 Зенкувати фаску в отворі 2 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>6 Зенкерувати отвір 2 в розмір <math>\phi 19,646(-0,084)</math></li> <li>7 Розвернути попередньо отвір 2 в розмір <math>\phi 19,9171 \pm 0,033</math></li> <li>8 Свердлити отвір 4 в розмір <math>\phi 10,91 \pm 0,21</math></li> <li>9 Зенкувати фаску в отворі 4 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>10 Зенкерувати отвір 4 в розмір <math>\phi 11,646(-0,084)</math></li> <li>11 Розвернути отвір 4 попередньо в розмір <math>\phi 11,9171 \pm 0,033</math></li> <li>12 Фрезерувати площини 1 та 3 остаточно витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>13 Фрезерувати поверхні 5, 6 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>14 Розвернути отвір 2 остаточно витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>15 Розвернути отвір 4 остаточно витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>16 Зняти заготовку</li> </ol>	<p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Фрезерний з ЧПУ HAAS MNIMILL</p>
010	<p>Фрезерно з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати торці 1 та 2 попередньо в розміри 90,52 (-0,22) та 50,46 (-0,16)</li> <li>3 Фрезерувати торці 1 та 2 остаточно витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>4 Зняти заготовку</li> </ol>		<p>Фрезерний з ЧПУ HAAS MNIMILL</p>

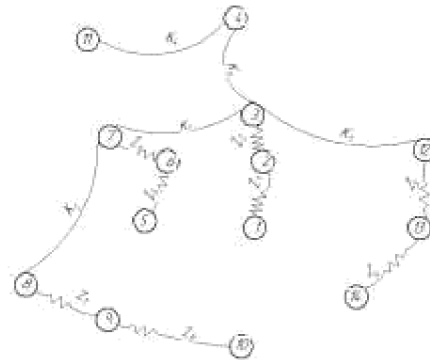
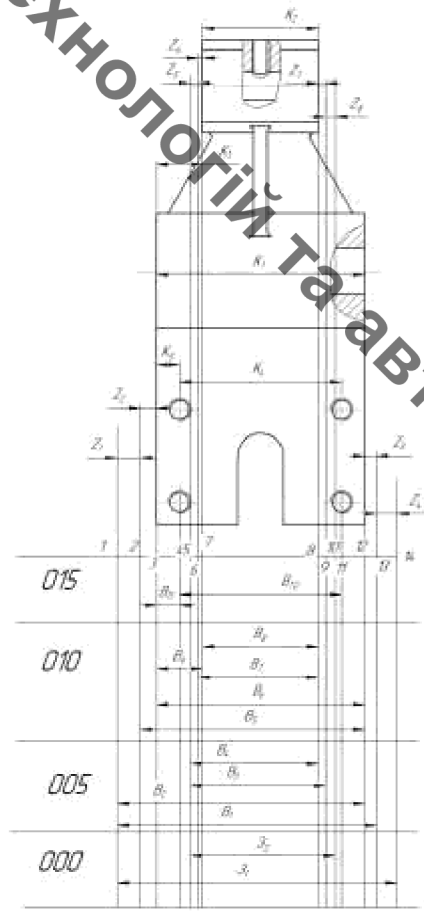
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

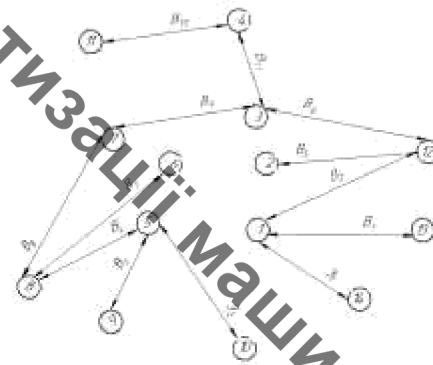
Маршрут механічної обробки

№	Знайти операції та перекази	Ескіз та схема установки	Тип та модель обладнання
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати паз 1 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>2 Фрезерувати площину 2 попередньо <math>\phi</math> розмір 25,6(+0,39)</li> <li>3 Центрувати отвори 3</li> <li>4 Свердлити отвори 3 <math>\phi</math> в розмір <math>\phi 9(+0,25)</math></li> <li>5 Зенкувати фаску <math>\phi</math> отворів 3</li> <li>6 Нарізати різь <math>\phi</math> отворів 3</li> <li>7 Фрезерувати паз 4 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Фрезерувати площину 2</li> <li>9 Зняти заготовку</li> </ol>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Фрезерний з ЧПУ HAAS MINOR II</p>
020	<p>Свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Центрувати отвір 1</li> <li>3 Свердлити отвір 1 в розмір <math>\phi 6(+0,24)</math></li> <li>4 Зенкувати фаску <math>\phi</math> отворів 1</li> <li>5 Нарізати різь <math>\phi</math> отворів 1</li> <li>6 Зняти деталь</li> </ol>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	<p>Свердильний з ЧПУ 2P13542</p>

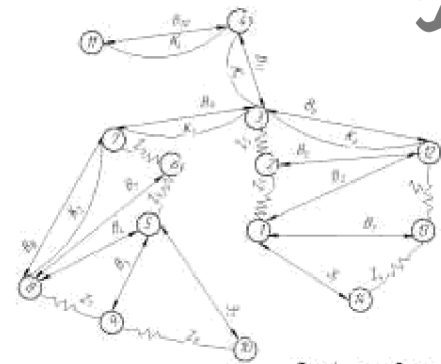
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних параметрів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомі змінні
1	$B_3 - B_2 = 0$	$B_3 = K_2$	$B_3$
2	$B_{11} - K_2 = 0$	$B_{11} = K_2$	$B_{11}$
3	$B_4 - K_1 = 0$	$B_4 = K_1$	$B_4$
4	$B_9 - K_1 = 0$	$B_9 = K_1$	$B_9$
5	$B_{12} - K_1 = 0$	$B_{12} = K_1$	$B_{12}$
6	$B_1 - Z_1 - B_3 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_3$	$Z_1$
7	$B_7 - Z_1 - B_3 = 0$	$Z_1 = B_7 - B_3$	$Z_1$
8	$B_1 - Z_1 - B_3 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_3$	$Z_1$
9	$Z_1 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = Z_1 - B_1$	$Z_4$
10	$B_7 - Z_4 - B_3 = 0$	$Z_4 = B_7 - B_3$	$Z_4$
11	$B_7 - Z_4 - B_3 = 0$	$Z_4 = B_7 - B_3$	$Z_4$
12	$B_7 - Z_4 - B_3 = 0$	$Z_4 = B_7 - B_3$	$Z_4$
13	$Z_1 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = Z_1 - B_1$	$Z_4$

Таблиця 2 – Визначення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допусків

Поміщені розміри:	Примітивні заготовки розміри	Мінімальний розмір	Максимальний розмір	Допуск	Номінальний розмір	Запитаний розмір з технологічними допусками	Запитаний розмір на процесі виготовлення заготовки
$Z_1$	93,01	93,88	0,87	93,88			93,88 ± 0,01
$Z_2$	52,7	53,32	0,62	53,32			53,32 ± 0,01
$B_3$	91,82	92,36	0,54	92,36		92,36 ± 0,01	
$B_2$	91,17	91,52	0,35	91,52		91,52 ± 0,01	
$B_4$	51,66	52,05	0,39	52,05		52,05 ± 0,01	
$B_9$	51,11	51,36	0,25	51,36		51,36 ± 0,01	
$B_1$	90,3	90,52	0,22	90,52		90,52 ± 0,01	
$B_7$	89,86	90	0,14	90		90 ± 0,01	
$Z_4$	50,3	50,46	0,16	50,46		50,46 ± 0,01	
$B_7$	49,0	50	0,1	50		50 ± 0,01	
$B_3$	19,58	20,42	0,84	20	20 ± 0,01		
$B_{12}$	69,63	70,33	0,7	70	70 ± 0,01		
$B_{11}$	9,32	10,18	0,86	10	10 ± 0,01		

Таблиця 3 – Визначення припусків

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
$Z_1$	0,63	1,27
$Z_2$	0,5	0,66
$Z_3$	0,5	1,19
$Z_4$	0,63	2,06
$Z_5$	0,63	1,08
$Z_6$	0,5	0,56
$Z_7$	0,5	0,94
$Z_8$	0,63	1,66