

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, цехової комісії))

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ  
"КРИШКА 18.354"**

08-64.МКР.016.00.000.ПЗ

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

(ім'я і назва програми, бюджетовки, спеціальності)

Опанасенко О.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В.  
(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Шиндлер С.В.  
(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ТАМ

Козлов Л.Г.  
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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

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

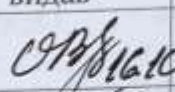
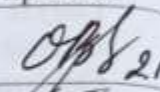
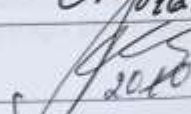
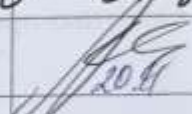

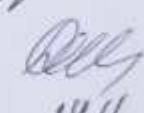
16 жовтня 2023 року

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Опанасенко Олександр Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Кришка 18.354"»  
керівник роботи к.т.н., Сердюк Ольга Валентинівна  
затверджені наказом ВНТУ від 18.09.2023 року № 274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі кришка 18.354, програма випуску 2000 шт
4. Зміст текстової частини: Дослідження процесу холодного осадження заготовки, технологічна частина, розрахунок та планування дільниці механічного цеху, економічна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу: креслення деталі кришка 18.354, креслення заготовки, маршрут механічної обробки, карта налагодження, розмірний аналіз, кришка 18.354, моделювання процесу холодного осадження заготовки

6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., Сердюк О.В.	 16.10	 21.10
Економічна частина	К.е.н., проф. Лесько О.Й.	 20.10	 20.11
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 28.10.	 24.11

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

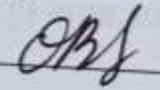
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 25.10.2023	
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2023	
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2023	
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2023	
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2023	
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2023	
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2023	
	Попередній захист МКР	до 02.12.2023	
	Перевірка роботи плагіат	до 04.12.2023	
	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2023	
	Рецензування МКР	до 13.12.2023	
	Захист МКР	до 20.12.2023	

Студент

  
(підпис)

Опанасенко О.І.

Керівник роботи

  
(підпис)

Сердюк О.В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.374.415

Опанасенко О.О. Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Кришка 18.354".. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 121 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 26; табл. 43.

У магістерській кваліфікаційній роботі зроблено змодельовано процес холодного осадження кришки, що дало можливість отримати заготовку по формі близьку до деталі. Крім того на дільниці виготовляються інші деталі типу кришка, зокрема кришка 18.354. У технологічній частині для неї спроектовано заготовку, маршрут механічної обробки, виконано розмірний аналіз, що дозволило визначити технологічні розміри. Крім того побудована карта налагоджень, де показано траєкторії переміщення. Виконано проектування дільниці деталей типу кришка

В економічній частині розраховано собівартість виготовлення деталі та термін окупності такого проекту.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: холодне осадження, програма для верстата з ЧПУ, маршрут механічної обробки, точіння, кришка.

## ABSTRACT

Opanasenko OO Improvement of technology of manufacture of details of the type "Krishka 18.354" .. Master's qualification work in the specialty 131 - applied mechanics, educational program - technologies of mechanical engineering. Vinnitsa: VNTU, 2023. 121 p.

At the Ukrainian. language. Bibliogr: 34 titles; Fig.: 26; Table. 43.

In the master's qualification work, the process of cold deposition of the lid was modeled, which made it possible to obtain the workpiece in the form close to the part. In addition, other and other details of the type of cover are made on the site, including the cover 18.354. The technological part for it designed a workpiece, a route of machining, a dimensional analysis was performed, which allowed to determine the technological dimensions. In addition, a deduction map is built that shows the tractor. Drolling the section of the details of the Lid type

The economic part calculates the cost of manufacturing the part and the payback period of such a project.

The section of occupational safety, such issues as causes, human body and normalization of harmful and dangerous production factors in the production premises are worked out; Recommendations for improving working conditions and the fire safety standards are considered.

Keywords: cold precipitation, CNC machine program, machining route, turning, lid.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	4
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ОСАДЖЕННЯ ЗАГОТОВКИ</b>	6
1.1. Методи дослідження деформованого стану при великих пластичних деформаціях	6
1.2. Визначення напружено-деформованого стану при обробці металів тиском	10
1.3. Накопичення пошкоджень при пластичній деформації в умовах об'ємного напруженого стану. Критерії деформуємості	15
1.4 Технологічний процес виготовлення деталі методом холодної висадки	26
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	31
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	31
2.2 Попереднє визначення типу та форми організації роботи	36
2.3 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	39
2.4 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз	47
2.5 Маршрут механічної обробки	52
2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу	54
2.7 Визначення (за нормативами) режимів різання.	60
2.8 Визначення технічних норм часу	65
<b>3 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ</b>	68
3.1 Уточнення виробничої програми	68
3.2 Визначення кількості обладнання	70
3.3 Визначення кількості працюючих на дільниці	72
3.4 Розрахунок маси грузопотоків дільниці механічного цеху	74
3.6 Розробка плану розташування обладнання.	75

	3
3.5 Проектування допоміжних відділень механічного цеху	76
3.7 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатника; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.	77
3.8 Організація інструментального господарства	81
<b>4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	86
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	86
4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	89
4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	93
4.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру	95
4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	98
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	107
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	108
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	110
5.3 Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.	118
<b>ВИСНОВКИ</b>	123
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	125
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної кваліфікаційної роботи	129
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	131

## ВСТУП

**Актуальність.** Сучасне виробництво характеризується як найбільш продуктивне та ефективне, та зкожним роком технології невпинно крокують уперед. Таким чином модернізація виробництва завжди була, є і буде нагальною потребою. В сфері виробництва товару однією з задач, що постають перед постачальником, зниження видатків, підвищення ефективності, скорочення як циклу випуску так і строків запуску виробів. Найбільш актуальним це є для машинобудівної промисловості, пов'язаної з виробництвом як великих партій так і деталей зі складною формою. Як правило для виготовлення подібних деталей необхідно детально вивірена технологія та створення комплексу верстаного обладнання необхідного для отримання необхідного результату та для отримання продукції високої якості. Все це займає значний час, що приводить до збільшення підготовчого періоду запуску виробництва.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу кришка 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**:

- виконати моделювання процесу холодного осадження заготовки;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 18.354»
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розробити програму для обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;



- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити конструкцію пристосування для однієї з операцій;
- 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 «Кришка».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 18.354».

**Методи дослідження.** Метод кінцевих елементів, що дозволив дослідити деталь при її навантаженні. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точно моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 18.354».

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 18.354» 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.** Результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції: Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», 15 жовтня 2023 р. – 20 травня 2024 р.

Прийнято до друку тезу доповіді: Сердюк О.В., Опанасенко О.І., Сторчак О.Б. «Моделювання процесу холодного осадження заготовки»

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ОСАДЖЕННЯ ЗАГОТОВКИ

## 1.1. Методи дослідження деформованого стану при великих пластичних деформаціях

Розв'язок технологічних задач обробки металів тиском базується в основному на теорії пластичності. Однак, використання теоретичних методів дослідження напружено-деформованого стану обмежено недостатнім рівнем обґрунтування вибору тих чи інших реологічних моделей, а також граничних умов. Хоча в роботі [1] відмічається, що при використанні класичних варіаційних методів в даний час можна „розв'язати будь-яку крайову задачу теорії обробки металів тиском з будь-якою (розумною) точністю”, але проблема вибору та побудови відповідних координатних функцій залишається невирішеною. Крім того, при наближеному розв'язку задач обробки тиском варіаційним методом не завжди вдається задовольнити умовам повноти та апроксимаційної універсальності [2]. Відкритим залишається питання вибору граничних умов. Граничні умови в формі законів Прандтля або Кулона, а також більш складні моделі [3] мають або наближений, або частковий характер. Тому в обробці металів тиском залишається значною роль експериментальних та експериментально-розрахункових методів досліджень.

Для підвищення ефективності процесів обробки металів тиском необхідний подальший розвиток методів розв'язку крайових задач прикладної теорії пластичності та теорії деформуємості. Важливий внесок у розвиток технологічної механіки та теорії деформуємості зробили І.С. Алієв, Ю.А. Алюшин, Я.Є. Бейгельзімер, В.І. Дорошко, С.І. Губкін, Г.Я. Гун, В.М. Данченко, Г.Д. Дель, А.М. Дмитрієв, В.О. Євстратов, Є.В. Звонарьов, В.Л. Калюжний, А.А. Костава, В.Л. Колмогоров, Ю.Г. Калпін, О.М. Лаптев, Н.Н. Малінін, Є.М. Макушок, В.М. Михалевич, А.А. Нотич, А.Г. Овчінніков, В.А. Огородніков, Є.О. Попов, А.А. Поздєєв, І.П. Рене, О.А. Розенберг,

В.Д. Рудь, В.В. Скороход, Г.А. Смірнов-Аляєв, В.І. Стеблюк, Л.Г. Степанський, Д.В. Хван, Є.П. Унксов, Ю.К. Філіпов, Н.А. Шестаков, М.Б. Штерн, С.П. Яковлєв, Р.Дж.Грін, У.Джонсон та інші.

При обробці металів тиском експериментальним шляхом можна визначити переміщення, деформації, інколи швидкості течії і деякі функції напружень. Жоден із існуючих методів не дозволяє безпосередньо заміряти напруження в довільних точках деформуємого тіла. Вдається тільки наближено виміряти напруження на контактній поверхні [4 – 7] або в окремих точках деформуємого тіла [6] за допомогою спеціальних датчиків. Однак, отримана таким способом інформація має якісний характер [8], що пов'язано із значними похибками вимірювальних пристроїв та усередненням інформації в межах зони контакту матеріалу з вимірювальним пристроєм. Однак, жоден із експериментальних методів не дозволяє отримати прямою обробкою експериментальних даних всі характеристики напружено-деформованого стану. Повний аналіз НДС передбачає використання експериментально-розрахункових методів, які базуються на певних фізико-механічних теоріях пластичної деформації металів.

Найбільше поширення при дослідженнях НДС отримали методи, в яких використовують визначену експериментально кінематику. Якщо параметри кінематики (переміщення, швидкості течії) відомі, то можна розрахувати компоненти деформації та швидкості і потім, використовуючи теорію пластичної течії та граничні умови, визначити компоненти тензора напружень.

Найбільш поширеним і найстарішим є метод координатних сіток, який використовується для дослідження деформацій як на поверхні, так і у внутрішніх областях зразків. Співвідношення для розрахунків деформацій по zdeформованим координатним сіткам вперше отримані Е. Зібелем і П.О. Пашковим [9]. Рівняння отримані із умови, що вихідна, квадратна, комірка сітки, нанесеної на головну площину, після деформації перетворюється в паралелограм, а вписане в вихідний квадрат коло – в еліпс. Відповідно до теорії кінцевих деформацій, головні осі еліпса співпадають з

напрямами головних осей деформацій, а у відповідності з деформаційною теорією – і з головними осями напружень. І.П. Рене [9] отримав більш загальні формули для випадку, коли вихідна комірка має форму паралелограма, що дуже важливо при поетапному дослідженні процесів пластичного формозмінення. Розглянуті методики є універсальними, вони придатні для досліджень будь-яких матеріалів і довільних умов деформації, мають високу локальність (в плані слабкого впливу похибок в деякій зоні області на результати розрахунків у віддаленій зоні). До недоліків слід віднести високу трудомісткість вимірювань, низьку точність визначення малих деформацій. Отримані результати є усередненими в межах комірки, що дозволяє оцінювати напруження тільки по деформаційній теорії. Крім того, розглянуті методики дають великі похибки, якщо сторони комірки в процесі деформації сильно викривляються.

Тому перспективними і більш точними є методи, в яких процес деформації розбивають на кілька етапів і на кожному із них заміряють координати вузлів ділильної сітки [10]. Потім визначають переміщення вузлів як функції часу і використовують отриману інформацію для визначення поля швидкостей деформацій. Перехід до напруженого стану здійснюється по співвідношеннях теорії течії.

Експериментальна інформація про координати вузлів ділильної сітки має систематичні похибки, пов'язані із особливостями методу вимірювання. Тому математична обробка експериментальних результатів шляхом згладжування повинна відділити випадкові та систематичні похибки від досліджуваної залежності. Операція згладжування нерозривно зв'язана з апроксимацією і може бути виконана для всієї області і локально. В першому випадку вибір апроксимуючих функцій викликає відомі труднощі, оскільки ці функції не можуть бути довільними. Крім хорошої збіжності до апроксимуємих об'єктів, необхідно задовольнити початковим та граничним умовам, відомим із теоретичного аналізу. Врахування граничних умов дозволяє підвищити достовірність апроксимації і обчислення похідних.

Врахувати обмеження, які накладаються на апроксимуючі функції, можна шляхом спеціального підбору таких функцій [11]. Вибір функцій досить складна задача, яка ґрунтується на аналізі численних експериментальних даних та технологічних особливостях процесу. Тому в результаті апроксимації в більшості випадків обмежуються тим процесом, на основі аналізу якого вона була отримана. Такий підхід можна вважати ефективним при дослідженні конкретних процесів, так як він дозволяє отримувати результати в аналітичному вигляді і в деяких випадках зменшити об'єм необхідної експериментальної інформації.

Велику універсальність мають алгоритми, в яких експериментальна інформація апроксимується універсальними методами: степеневими багаточленами, рядами Фур'є, сплайнами і т.п. Для пластичних деформацій, де область розрахунків може включати кінцеве число жорстких і пластичних зон, а також для областей із значною локалізацією деформацій, приходиться використовувати апроксимацію високого порядку, яка включає 8 – 12 членів ряду [12, 13]. Хоча при цьому досягається хороше наближення до згладжуючої функції, обчислення похідних виявляється незадовільним, так як апроксимуюча функція в області розрахунку має деяке число екстремумів, які не пов'язані з особливостями вимірюваних величин. Сплайн-функції [14] вільні від більшості недоліків поліноміальної апроксимації і дозволяють легко забезпечити виконання граничних умов [15 – 18]. При використанні сплайн-згладжування виникає багато труднощів при побудові багатомірного сплайну, так як такі сплайни важко будувати для областей із складною конфігурацією границь.

## 1.2. Визначення напружено-деформованого стану при обробці металів тиском

Визначення полів напружень і деформацій при обробці металів тиском можуть проводитись як на основі розв'язку повної системи рівнянь прикладної теорії пластичності, так і при допомозі експериментально-розрахункових методів.

Задача дослідження напружено-деформованого стану (НДС) в пластично деформованих тілах формулюється як задача розв'язку системи нелінійних диференційних рівнянь в частинних похідних. Однак не кожену задачу ОМТ можна сформулювати в вигляді математичної задачі теорії пластичності, оскільки складність фізичних залежностей і одночасний вплив множини факторів на процес пластичного формозмінення створюють багато труднощів в виборі розрахункової схеми і, крім того, не кожену сформульовану математичну задачу вдається розв'язати відомими методами із достатньою точністю.

Одним із перших був розроблений інженерний метод розрахунків НДС в процесах ОМТ, який заснований на сумісному розв'язку рівнянь рівноваги і пластичності. Великий внесок в розвиток цього методу зробили Е. Зібель, Т. Карман, Г. Закс, С.І. Губкін, А.І. Целіков, Є.П. Унксов, М.В. Сторожев, Е.О. Попов та ін. В цьому методі не розглядають кінематику процесу, а обмежуються аналізом тільки силових параметрів. За рахунок припущень відносно характеру розподілу напружень (гіпотези плоских перерізів, радіальної течії Хаара-Кармана та ін.) задача зводиться до статично визначеної і вдається отримати розв'язок в вигляді співвідношень, які описують вплив основних факторів на процес деформування. Цей метод допоміг виконати наукове обґрунтування технологічних процесів та їх удосконалення, але виявився практично непридатним для розв'язку задач теорії деформуєності, в зв'язку з тим, що характеристики, які отримані після розрахунків даним

методом часто навіть якісно не співпадають з величинами, отриманими більш точними теоретичними та експериментальними методами.

Метод ліній ковзання також можна віднести до традиційних методів розв'язку задач теорії пластичності. Розробці та розвитку цього методу присвячені роботи Р. Хілла, В.В. Соколовського, С.А. Хрестіановича, У. Джонсона, А.Д. Томльонова, І.П. Ренне, Є.М. Макушка та ін. Цим методом можна розв'язувати задачі, в яких рівняння рівноваги і пластичності створюють замкнену систему диференціальних рівнянь гіперболічного типу. Тому цей метод можна використовувати при розв'язку плоских задач, і тільки в окремих випадках для розв'язку осесиметричних задач. Розв'язки які можуть бути отримані безпосередньо із знання якої-небудь області ліній ковзання, називаються прямими. Коли інформації про форму початкових ліній ковзання недостатньо, то використовують непрямі (обернені та напівобернені) методи. Задача розв'язується методом проб і помилок або матрично-операторним методом. Цим методом виконано аналіз великої кількості процесів обробки тиском. Однак труднощі які виникають при врахуванні складної реології металу, температурних полів, а також обмеження використання методу для розв'язку осесиметричних та об'ємних задач, привели до необхідності розвитку інших методів, які мають більшу універсальність, хоча також не завжди є точними.

Розроблено ряд варіаційних принципів: віртуальних швидкостей і напружень, віртуальних переміщень і напружень, віртуальних швидкостей, віртуальних напружень, мінімуму повної потужності та ін., які дозволяють ефективно розв'язувати різні класи задач ОМТ. Особливо поширені методи верхньої і нижньої оцінки сил деформування, які мають велике значення для практики. При використанні прямого варіаційного методу наближений розв'язок крайової задачі зазвичай приймають в вигляді лінійної комбінації координатних функцій з варіюємими числовими коефіцієнтами. Ці координатні функції повинні задовольняти заданим граничним умовам для швидкостей (при розв'язку задачі в швидкостях) або для напружень (при

розв'язку задачі в напруженнях). Від того, наскільки вдало вибрані координатні функції, залежить точність розв'язку і складність алгоритму. Тому, проблема вибору координатних функцій обмежує використання цих методів.

Однак, варіаційно-енергетичний підхід має значні переваги. Головна із них – це узагальненість підходу. При постановці задачі не ставиться обмежень на реологічні властивості середовища, тобто можна досліджувати моделі від лінійно-пружних до пружно-пластичних з нелінійним зміцненням. Не ставляться також обмеження на геометричні характеристики досліджуваного процесу. Граничні умови в даному методі можуть бути самими різними (однорідними і неоднорідними, періодичними, по Діріхле і по Нейману). Тобто, є можливість варіювати розподілом сил контактного тертя і умовами зовнішнього теплообміну.

Починаючи з 50-х років минулого століття, в зв'язку з бурхливим розвитком обчислювальної техніки, значний розвиток отримали чисельні методи. Всі чисельні методи можна поділити на три групи: сіточні, проекційні та проекційно-сіточні.

Метод сіток (метод скінчених різниць) використовується для чисельного розв'язку диференціальних рівнянь в частинних похідних ( в тому числі нелінійних і нестационарних) з початковими та граничними умовами [40]. Метод скінчених різниць дозволяє розв'язати диференціальне рівняння будь-якого типу, однак, він найбільш ефективний при розв'язку еліптичних та параболічних рівнянь в областях простої форми і з граничними умовами по Діріхле. В інших випадках метод скінчених різниць менш ефективний. Другим недоліком методу є складність урахування криволінійних границь досліджуваних областей.

При розв'язку задач теорії пластичності метод скінчених різниць використовується при розв'язку задач методом ліній ковзання, а також методом функцій току. В деяких випадках доцільне сумісне використання метода скінчених різниць і варіаційно-енергетичного. При розв'язку задач в



варіаційно-різницевій постановці труднощі при апроксимації граничних умов по Нейману зникають. Для врахування криволінійності границі використовують різні варіанти відображення досліджуваної області на іншу, правильної форми. В цьому випадку також зростає складність побудови розв'язку.

Під проєкційними розуміють велику групу методів чисельного розв'язку, в загальному випадку, операторних рівнянь. При цьому в результаті їх використання задача розв'язку диференційного або інтегрального рівняння зводиться до розв'язку системи алгебраїчних рівнянь. Останнім часом найбільше поширення отримали п'ять модифікацій метода зважених нев'язок: коллокацій по підобластях, Гальоркіна, Рітца, точкової коллокації, найменших квадратів. При використанні проєкційних методів відносно легко враховуються границі складної форми. Проєкційні методи дозволяють розв'язувати нелінійні задачі, задачі з анізотропним середовищем та нестационарні задачі.

До недоліків проєкційних методів можна віднести складність вибору координатних і вагових функцій. Крім того, часто „зручні” в фізичному розумінні вагові і координатні функції стають „незручними” при чисельному розв'язку „разрешающих” систем рівнянь.

До проєкційно-сіточних методів можна віднести три найбільш відомих: варіаційно-різницевий, метод скінчених елементів (МСЕ), метод граничних інтегральних рівнянь.

Варіаційно-різницевий метод представляє собою використання кінцево-різницевої дискретизації функціонала потужності або енергії [44]. Якщо використовувати принцип віртуальних швидкостей, то величину інтенсивності швидкостей деформацій  $\dot{\epsilon}_u$  можна виразити через компоненти тензора швидкостей деформацій, а ті в свою чергу, через складові вектора швидкості. Потім диференційні оператори, які входять в  $\dot{\epsilon}_u$ , замінюються їх кінцево-різницевими аналогами. Після дискретизації підінтегрального виразу, необхідно вибрати необхідну схему чисельного інтегрування. Варіаційно-

різницевий метод досить широко поширений при розв'язку крайових задач теорії пластичності.

Метод скінчених елементів з математичної точки зору є узагальненням варіаційного методу, його особливістю є те, що координатні функції вибираються в вигляді кусочно-лінійних функцій. Завдяки універсальності, хорошій алгоритмічності та ефективності, а також в зв'язку з розвитком обчислювальної техніки, метод кінцевих елементів є на даний час основним методом визначення напружено-деформованого стану складних неоднорідних середовищ. Цим методом отримано розв'язок ряду задач ОМТ, як стаціонарних, так і нестаціонарних, в тому числі виконані дослідження процесів пресування порошкових заготовок. Основним недоліком методу є труднощі, які виникають при розбивці областей зі складною геометрією границь на кінцеві елементи і, крім того, отримані цим методом поля деформацій і напружень, в загальному випадку, можуть мати розриви на границях елементів. Крім того, при використанні МСЕ в обробці тиском виникають проблеми пов'язані із стійкістю та точністю розв'язків [55]. Це зауваження в повній мірі відноситься і до досліджень пластичної деформації в процесах холодного видавлювання. Л.Г. Степанський відмічає, що МСЕ є методом, заснованим на прийнятті ряду спрощуючих гіпотез, що робить необхідною обов'язкову перевірку отриманих розв'язків.

Починаючи з 80-х років минулого століття досить активно розвивається метод граничних інтегральних рівнянь і оснований на ньому метод граничних елементів. Основна ідея методу граничних елементів (МГЕ) полягає в заміні вихідного диференційного рівняння еквівалентним йому інтегральним рівнянням, яке потім розв'язується відносно граничних умов і знаходяться значення шуканої функції всередині розглядуваної області. Головна перевага методу – зменшення розмірності задачі на одиницю.

Основний недолік цього методу полягає в тому, що для кожного класу крайових задач необхідно мати фундаментальний розв'язок. Другий недолік полягає в складності врахування фізичної нелінійності середовища, його

неоднорідності та анізотропії. Можна стверджувати, що подолання цього недоліку дозволить широко використовувати МГЕ для розв'язку задач прикладної теорії пластичності.

Моделюванню процесів поперечного видавлювання фланців присвячена порівняно мала кількість робіт, виконаних з використанням таких методів, як метод сумісного розв'язку рівнянь рівноваги і пластичності енергетичного методу балансу потужностей і верхньої оцінки. Необхідно відмітити, що рекомендації для розрахунку енергосилових параметрів холодного поперечного видавлювання деталей типу втулок з фланцями дуже обмежені.

1.3. Накопичення пошкоджень при пластичній деформації в умовах об'ємного напруженого стану. Критерії деформуємості

При виготовленні заготовок методами обробки металів тиском, особливо при освоєнні нових технологій, на поверхні або в середині деформуємого металу можуть виникати макротріщини. В таких випадках продукція вважається бракованою. Можливі також випадки, коли запас пластичності металу дуже мало використовується. Внаслідок чого мають місце значні виробничі витрати. Крім того, при розробці нових технологій не завжди відомі шляхи, як запобігти утворенню тріщин, а також ускладнена експертна оцінка придатності даного технологічного процесу для виготовлення бездефектної продукції.

Для деяких видів продукції недопустиме створення навіть мікродефектів, оскільки це може призвести до погіршення експлуатаційних характеристик. В зв'язку з цим важливими є задачі дослідження кінетики пластичного розпушення, формування критерію макроруйнування металу та вибір на цій основі оптимальних умов процесу пластичного формозмінення. Тому актуальною залишається проблема розробки процесів ОМТ, в яких не виникають порушення суцільності в матеріалі деформуємої заготовки.

Відомо, що пластична деформація металу супроводжується його розпушенням [69], яке можна оцінити залишковим відносним збільшенням об'єму. Так як зміна об'єму мала, то в практичних розрахунках використовувати значення пластичного розпушення як міру пластичності дуже важко. Крім того, задача ускладнюється тим, що експериментальні вимірювання зміни елементарних об'ємів в пластичній області практично неможливі.

Тому, виходячи із припущення про існування зв'язку між пластичним розпушенням і накопиченою пластичною деформацією в якості міри пластичності, в більшості випадків, використовують накопичену до моменту руйнування пластичну деформацію

$$\epsilon_p = \int_0^{t_p} \dot{\epsilon}_u d\tau, \quad (1.1)$$

де  $\dot{\epsilon}_u$  - інтенсивність швидкостей деформацій,

$t_p$  – час деформування до руйнування.

Відомо, що величина граничної деформації  $\epsilon_p$  залежить від виду напруженого стану. С.І. Губкін першим запропонував ідею побудови діаграм пластичності, які відтворюють залежність пластичності даного металу від показника  $\eta$ , який характеризує напружений стан

$$\eta = \frac{I_1(T_\sigma)}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{3\sigma}{\sigma_u}, \quad (1.2)$$

де  $I_1(T_\sigma)$  – перший інваріант тензора напружень,

$I_2(D_\sigma)$  – другий інваріант девіатора напружень,

$\sigma = \frac{1}{3} \sigma_{ij} \delta_{ij}$  – середнє напруження,

$\sigma_u$  – інтенсивність напружень.

Показник  $\eta$  був також використаний для оцінки пластичності В.А. Бабічковим і для побудови діаграм пластичності в координатах  $e_p$ - $\eta$  Г.А. Смирновим-Аляєвим. Вперше критерій руйнування, оснований на використанні діаграми пластичності запропонував Г.А. Смирнов-Аляєв. Він вважав, що пластична деформація проходить без руйнування, якщо ступінь деформації довільної частинки матеріалу не перевищує граничну деформацію при відповідному напруженому стані

$$\psi = \frac{e_u}{e_p(\eta)} < 1, \quad (1.3)$$

де  $e_p(\eta)$  – діаграма пластичності,

$\psi$  – використаний ресурс пластичності.

Критерій (1.3) відносно простий, але в ньому не враховується вплив історії деформування. В.Л. Колмогоров вперше отримав критерій руйнування, в якому використана гіпотеза про пропорційну залежність густини пошкоджень від ступеня деформації

$$\psi = \int_0^t \frac{\dot{\epsilon}_u d\tau}{e_p(\eta)} < 1. \quad (1.4)$$

Якщо для точки, яка розглядається, показник  $\eta = \text{const}$ , то з урахуванням того, що ступінь деформації  $e_u$  дорівнює

$$e_u = \int_0^t \dot{\epsilon}_u d\tau \quad (1.5)$$

Критерій (1.4) зводиться до критерію (1.3).

Виходячи із нелінійної теорії накопичення пошкоджень, Г.Д. Дель, В.А. Огородніков, В.Г. Нахайчук запропонували критерій деформуємості в вигляді [76]

$$\psi = \int_0^{e_u^*} n \frac{e_u^{n-1} de_u}{e_p(\eta)^n} < 1, \quad (1.6)$$

$$\text{де } n = 1 + 0.2 \arctg \frac{d\eta}{de_u}.$$

Якщо в точці  $\eta = \text{const}$ , то  $\frac{d\eta}{de_u} = 0$  і критерій (1.6) переходить в (1.4).

В роботах В.А. Огороднікова, Ю.Г. Важенцева, А.А. Богатова, С.В. Смірнова, О.В. Нахайчука, І. О. Сивака показано, що залежність пластичності від схеми напруженого стану характеризується двома показниками напруженого стану. В.А.Огородніков вперше висунув гіпотезу про те, що на пластичність впливає третій інваріант тензора напружень  $I_3(T_\sigma)$ . Для кількісної оцінки цього впливу ним введено показник напруженого стану, який характеризує залежність пластичності від третього інваріанту тензора напружень і відрізняється від нуля тільки при об'ємному напруженому стані

$$\chi = \frac{\sqrt{I_3(T_\sigma)}}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}}.$$

Теоретичні дослідження впливу третього інваріанту тензора напружень в процесах пресування пористих матеріалів на їх структуру та механічні властивості виконані в роботах. Необхідно відмітити, що на даний час відносно мало досліджень, присвячених оцінці впливу третього інваріанту тензора напружень на механіку процесу пластичної деформації та механічні характеристики деформованого металу.

В роботах в якості другого показника напруженого стану використано параметр Надаї-Лоде. Такий підхід дозволив отримати позитивні результати при розробці ряду процесів обробки металів тиском, які реалізуються в умовах об'ємного напруженого стану. Однак в розглянутих роботах немає єдиної точки зору по питанням побудови поверхонь граничних деформацій, а тому, в основному, задача зводиться до внесення певних доповнень та поправок до діаграм пластичності. В роботі отримано критерій деформуємості, який за своєю структурою подібний критерію (1.6), але залежність пластичності від схеми напруженого стану в цьому критерії задається поверхнею граничних деформацій в координатах: гранична деформація  $e_p$ , показник напруженого стану  $\eta$ , параметр Надаї-Лоде  $\mu_\sigma$

$$\psi = \int_0^{e_u^*} n \frac{e_u^{n-1} de_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)^n} < 1, \quad (1.7)$$

$$\text{де } n = 1 + a \frac{d\eta}{de_u} - b \frac{d\mu_\sigma}{de_u},$$

$a, b$  – сталі, які залежать від матеріалу,

$e_p(\eta, \mu_\sigma)$  – поверхня граничних деформацій.

Достовірність розрахунків граничних деформацій по критерію (1.7) вища, ніж по критеріям (1.4), (1.6), особливо при об'ємному напруженому стані. Основний недолік критерію (1.7) полягає в тому, що для побудови поверхні граничних деформацій  $e_p(\eta, \mu_\sigma)$  необхідні досить складні і трудомісткі експериментальні дослідження.

Критерії руйнування (1.3), (1.4), (1.6), (1.7) називають деформаційними, оскільки в них за міру пластичності прийнято граничну деформацію  $e_p$ . Необхідно відмітити, що при пластичній деформації метал стає анізотропним, а при розрахунках  $e_p$  по формулі (1.1) вважається, що всі приращення деформацій „рівноправні”. В реальних умовах, при наявності деформаційної

анізотропії умова „рівноправності” не виконується. Особливо цей ефект проявляється при немонотонній деформації [82]. Тому в роботі [85] в якості міри пластичності вибрана робота, яка затрачена на пластичну деформацію елементарного об’єму від початку деформації до появи в цьому об’ємі мікротріщини

$$q_p = \int_0^{t_p} \sigma_{ij} de_{ij}. \quad (1.8)$$

Так як робота є розмірною величиною, то в роботі [85] замість абсолютної величини роботи взято відношення

$$\omega_u = \frac{q_u}{q_p(1)},$$

де  $q_u = \int_0^{e_u} \sigma_{ij} de_{ij}$  – питома робота пластичної деформації,

$q_p(1)$  – питома робота пластичної деформації до руйнування при деформації розтягу ( $\eta=1$ ).

В роботі [12] запропоновано критерій руйнування в вигляді

$$\psi = \int_0^{\omega_u} m \frac{\omega_u^{m-1}}{\omega_p(\eta)^m} d\omega_u, \quad (1.9)$$

де  $m = 1 + \arctg \frac{d\eta}{d\omega_u}$ ,

$\omega_p(\eta) = \frac{q_p(\eta)}{q_p(1)}$  – енергетична діаграма пластичності.



Розрахунок граничних деформацій при радіальному видавлюванні по критерію (1.9) показав хорошу збіжність розрахункових та експериментальних результатів. Основний недолік критерію (1.9) в порівнянні з критеріями (1.4) і (1.6) полягає в тому, що шляхи деформування в координатах  $\omega$ – $\eta$  при подібній кінематиці процесів залежать від механічних характеристик деформуємого металу.

Теоретичне обґрунтування достовірності методів прикладної теорії деформуємости розглянутих вище виконано в роботі [86]. Необхідно відмітити, що інтенсивний розвиток технологій холодного видавлювання в останні роки базується на використанні результатів фундаментальних досліджень технологічної пластичності.

Розвиток високотехнологічних галузей промисловості вимагає удосконалення процесів ОМД для виготовлення деталей малої маси, високої міцності і точності, з необхідною технологічною спадковістю. Технології виготовлення нових виробів вимагають використання нових формуючих середовищ та нових способів навантаження і деформування [87 – 90]. Широкі можливості і високу ефективність в порівнянні з іншими процесами формоутворення деталей мають технології точного об'ємного штампування [91 – 95]. Існує багато шляхів удосконалення технології холодного формозмінення з метою збереження вимог до якості та технологічної спадковості готових виробів. В обробці тиском це привело до розробки ряду оригінальних і нетрадиційних технологій, таких як ізотермічне і надпластичне штампування, тіксоштампування, комбіновані процеси „лиття+штампування”, деформування порошкових заготовок. В даний час успішно розвиваються способи гідромеханічного, гідростатичного і гідродинамічного пресування, штампування з використанням протитиску.

Для отримання виробів з заданим рівнем експлуатаційних характеристик використовують способи штампування з використанням оптимальних програм управління процесом деформації заготовки з метою усунення руйнувань і відхилень форми деталей. Формування механічних

характеристик виробів (або властивостей виробів) пов'язано із зовнішніми кінематичними та силовими впливами на заготовку та залежить від характеру пластичної течії і, відповідно, від схеми напруженого стану.

Нові можливості в інтенсифікації процесів холодного формозмінення і створенні необхідної схеми напруженого стану, яка забезпечує найкращу проробку структури, відкривають процеси холодного формозмінення осадки із зсувом, штампування з крученням.

На основі аналізу розглянутих публікацій можна зробити висновок, що одним із найбільш перспективних методів рішення проблеми підвищення ефективності процесів холодного об'ємного штампування за рахунок розширення їх технологічних можливостей є розробка, дослідження та освоєння нових ефективних технологічних схем видавлювання. Необхідно відмітити, що процеси поперечного радіального видавлювання є найменш вивченими а тому недостатньо поширені у виробництві.

Деталі (суцільні і порожнисті) з фланцями досить поширені у виробництві. Для їх виготовлення в машинобудуванні розроблено і використовується багато ефективних технологічних процесів. Х. Кудо систематизував варіанти багатоперехідного процесу виготовлення деталей типу втулок з фланцем, заснованих на використанні базових простих способів поздовжнього зворотного і прямого видавлювання. Такий підхід був обумовлений необхідністю відмови від використання оснастки і обладнання з роз'ємними матрицями. Загальновизнаним і характерним дефектом для радіального видавлювання деталей типу „втулка з фланцем” є відхилення форми в виді утяжин, які створюються в зоні формування фланця. Типові види відхилення форми деталей при радіальному видавлюванні фланців на полії заготовці приведені в роботі (рис.1.1).

В роботі відмічається, що при радіальному видавлюванні металу в кругову порожнину постійної висоти товщина фланця, що видавлюється, по мірі віддалення від центру поступово зменшується і втрачає правильну форму. Без значного спотворення можна отримати фланці з відносною середньою

товщиною  $h/R_0=0,3\dots0,4$  і відносним радіусом  $R_1/R_0\leq 1,3$ . При більших і менших значеннях відношення  $h/R_0$  зменшення товщини фланця супроводжується спотворенням форми у вигляді утяжин, які створюються в зоні формування фланця [12].

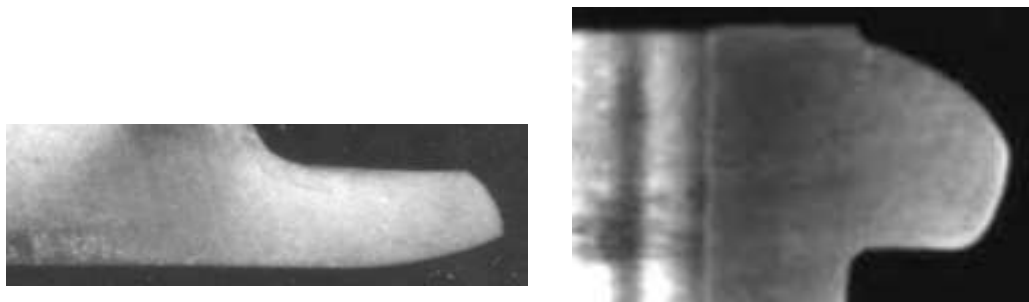
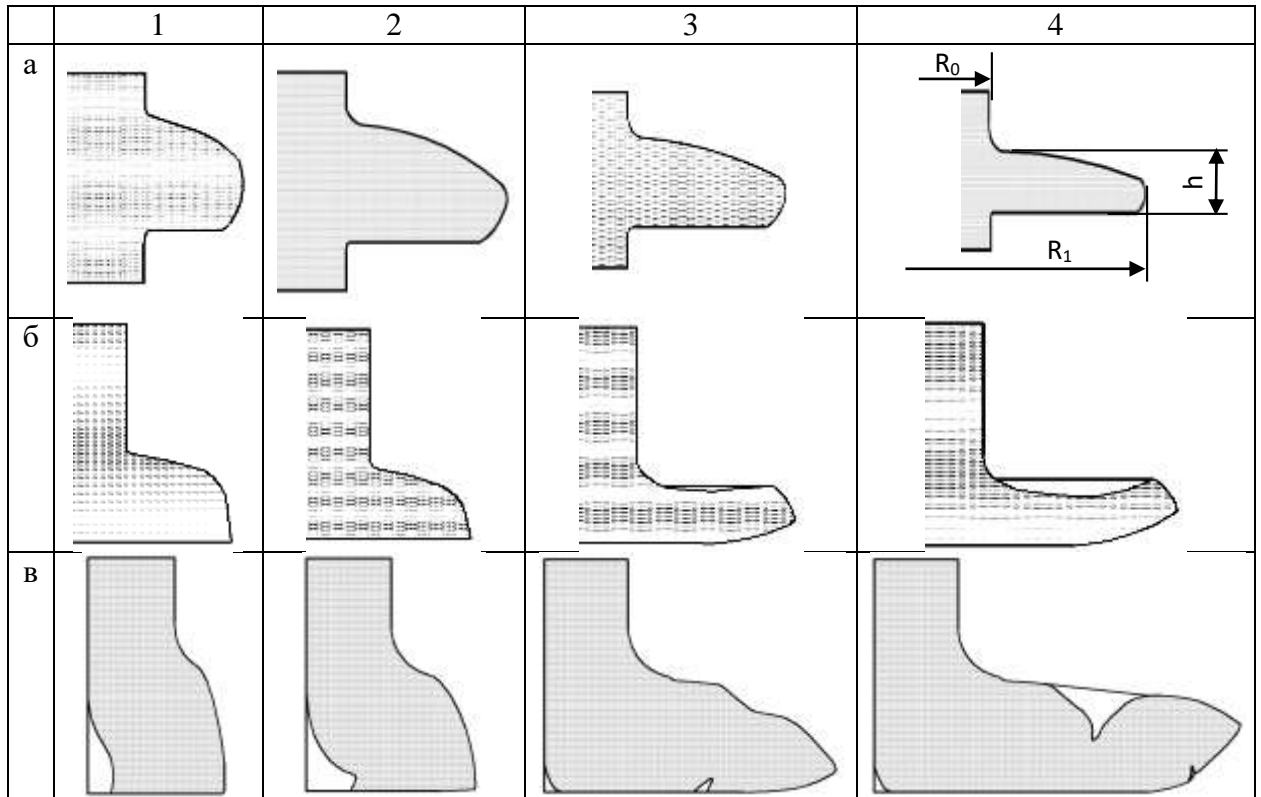


Рисунок 1.1 - Відхилення форми фланців при радіальному видавлюванні трубчастих заготовок (а – двостороння подача, б, в – одностороння подача; 1, 2, 3, 4 – різні степені деформації)

Крім того при розмірах фланця  $R_1/R_0\leq 1,3$  на його периферії появляються макротріщини [10]. Це обумовлено тим, що при холодній пластичній

деформації пластичність металів залежить не тільки від фізико-механічних властивостей матеріалів але і від схеми напруженого стану і законів її зміни в процесі деформації. Одним із шляхів збільшення пластичності є реалізація процесу формозмінення в умовах високого гідростатичного тиску. Зростання пластичності при високих тисках найбільш характерне для кристалічних тіл, де збільшення пластичності обумовлене дією великих стискуючих нормальних напружень в площинах зсуву, що значно стримує зародження та розвиток субмікроскопічних несучільностей.

В роботі [14] показано, що в результаті інтенсивних пластичних деформацій металів, тобто їх сильному деформуванню в умовах високих прикладених тисків виникає новий ефект, який полягає в одночасному зростанні міцності і пластичності. Фізична природа цього нового явища пов'язана з формуванням наноструктур і зміною мікромеханізмів пластичної деформації. Виявлений ефект може привести до принципово нових можливостей використання металевих матеріалів.

В даний час найбільш опрацьованими є три методи інтенсивних пластичних деформацій: кручення тонких заготовок в наковальнях Бріджмена, рівноканальне кутове пресування і всестороння ковка. Однак ці методи не дозволяють отримувати масивні зразки. Я.С. Бейгельзімером було запропоновано новий метод інтенсивних пластичних деформацій, який отримав назву гвинтового пресування, та розроблені технології реалізації такого процесу [18].

Однак розробка та впровадження технологій обробки металів тиском з використанням високого гідростатичного тиску на даний час стримується як проблемами що виникають при реалізації таких технологій, так і недостатнім об'ємом досліджень виконаних при складному навантаженні в умовах об'ємного напруженого стану. Перші дослідження впливу високого тиску на пластичність при складному навантаженні виконані в роботах В.А.Огороднікова і його учнів [18, 19]. При цьому для оцінки впливу величини тиску та законів його зміни на пластичність було запропоновано розглядати в

цілому вплив історії навантаження на пластичність в трьохмірному просторі з двома безрозмірними показниками напруженого стану  $\eta$  і  $\chi$  як функціями накопиченої деформації  $\epsilon_p$ . Даний підхід виявився ефективним і при оцінці пластичності металів при складному навантаженні в умовах об'ємного напруженого стану.

В більшості випадків для створення гідростатичного тиску використовують рідини. Наприклад, в роботі приведено математичне моделювання процесу холодного видавлювання з протитиском стаканів на нестационарній стадії видавлювання і переході в стаціонарну стадію. Модель побудована на базі чисельного методу кінцевих елементів і дозволяє визначати режими та оцінювати якість деталей після видавлювання. Результати математичного моделювання задовільно описують нестационарну та стаціонарну стадії процесу. В роботі [14] виконані експериментальні дослідження та запропонована технологія виготовлення порожнин штампів, пресформ та форм для лиття з використанням дії протитиску робочої рідини, яка діє на вільну поверхню заготовки. Розроблено конструкції штампів, які створюють тиск в робочій рідині без додаткових гідравлічних пристроїв і приводів та автоматично налаштовуються на необхідний тиск робочої рідини в залежності від матеріалу заготовки та підтримують цей тиск на протязі всього процесу видавлювання. Протитиск робочої рідини складає  $q=(1,0 - 1,8) \sigma_{0,2}$ . При цьому відносна глибина видавлювання  $H_p/D_p$  в 4...5 разів більша ніж при традиційному видавлюванні ( $H_p$  – глибина порожнини,  $D_p$  – її діаметр).

Однак використання рідин для створення високих тисків приводить до значних проблем, пов'язаних з ущільненням. Тому перспективними можна вважати технології, в яких високий тиск створюється твердим середовищем. Вперше теоретичний аналіз процесу поперечного видавлювання фланців з протитиском, який створюється твердим середовищем, виконано в роботах І.С.Алієва. В даній роботі відмічається, що спосіб поперечного видавлювання з протитиском дозволяє отримувати деталі правильної геометричної форми і значно збільшити розміри фланців, які видавлюються. Крім того, пластична

деформація в умовах всестороннього стиску дозволяє покращити структуру і механічні властивості здеформованого металу [117]. Крім того, встановлена залежність величини тиску допоміжного середовища від відносної ширини щілини  $S/h$  ( $S$  – ширина щілини,  $h$  – висота порожнини). Установлено, що із збільшенням радіусу фланця інтенсивність росту тиску зменшується, а збільшення тертя приводить до практично однакового збільшення тиску, незалежно від радіусу фланця. Тиск, що створюється середовищем, яке видавлюється в щілину зростає при зменшенні розмірів щілини і з збільшенням сил тертя. Отримані в роботах [12] залежності відносних тисків

$$\bar{P}_1 = \frac{P_1}{\sigma_T} \text{ і } \bar{P}_2 = \frac{P_2}{\sigma_T} \text{ приведені на рис.1.2, 1.3.}$$

Таким чином використання гідростатичного підпору дозволяє значно підвищити пластичність металів в процесах, для яких характерні області з великими розтягуючими напруженнями. Крім того, пластична деформація в умовах високого тиску дозволяє отримувати заготовки з більш якісною структурою деформованого металу.

#### 1.4 Технологічний процес виготовлення деталі методом холодної висадки

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі методом холодної висадки найважливішим етапом є вибір та обґрунтування кількості переходів штампування, геометричних розмірів та форми переходу, так як від цього залежить якість виробу, витрата матеріалу та енергії, стійкість штампових конструкцій, продуктивність. Вирішення цього питання багатоваріантно, і оптимальний вибір переходів штампування та їх геометрії в даний час немає наукових засад. Він вирішується на основі виробничого досвіду та деяких емпіричних співвідношень. Розроблені інженерні фізичні моделі деформованого матеріалу, ефекту Баушингера при розвинених пластичних деформаціях та модель накопичення деформаційної

ушкодженості становлять наукову основу розв'язання зазначеного завдання. Процес аналізу технологічних процесів холодної висадки доцільно автоматизувати, базуючись на методиці комп'ютерного моделювання, який дозволяє візуально спостерігати за кінематикою перебігу металу, зміною напружено-деформованого стану та величиною пошкодження металу в кожній точці заготівлі на будь-якому етапі деформування.

Для цього, змодельовано процес холодної висадки, який дозволяє врахувати деформаційну анізотропію, та розрахувати деформації.

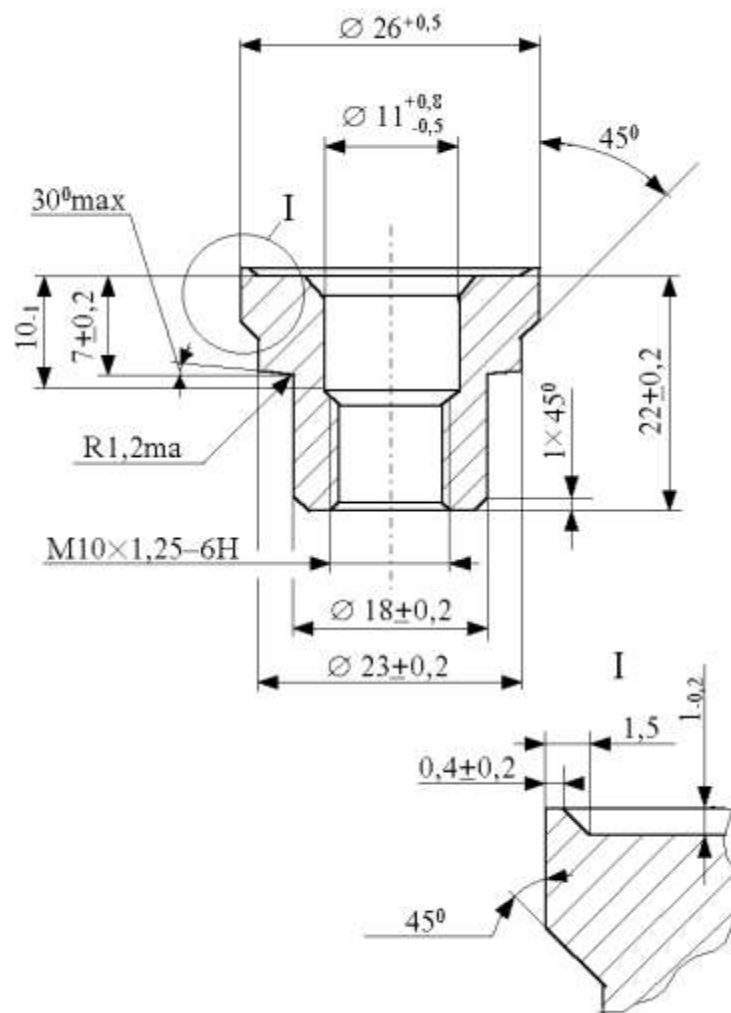


Рисунок 1.2 – Втулка

Із застосуванням даної моделі було здійснено розробку технологічного процесу холодної висадки втулки кріплення переднього кронштейна

розтяжки до кузова автомобілів ВАЗ (рис. 30)

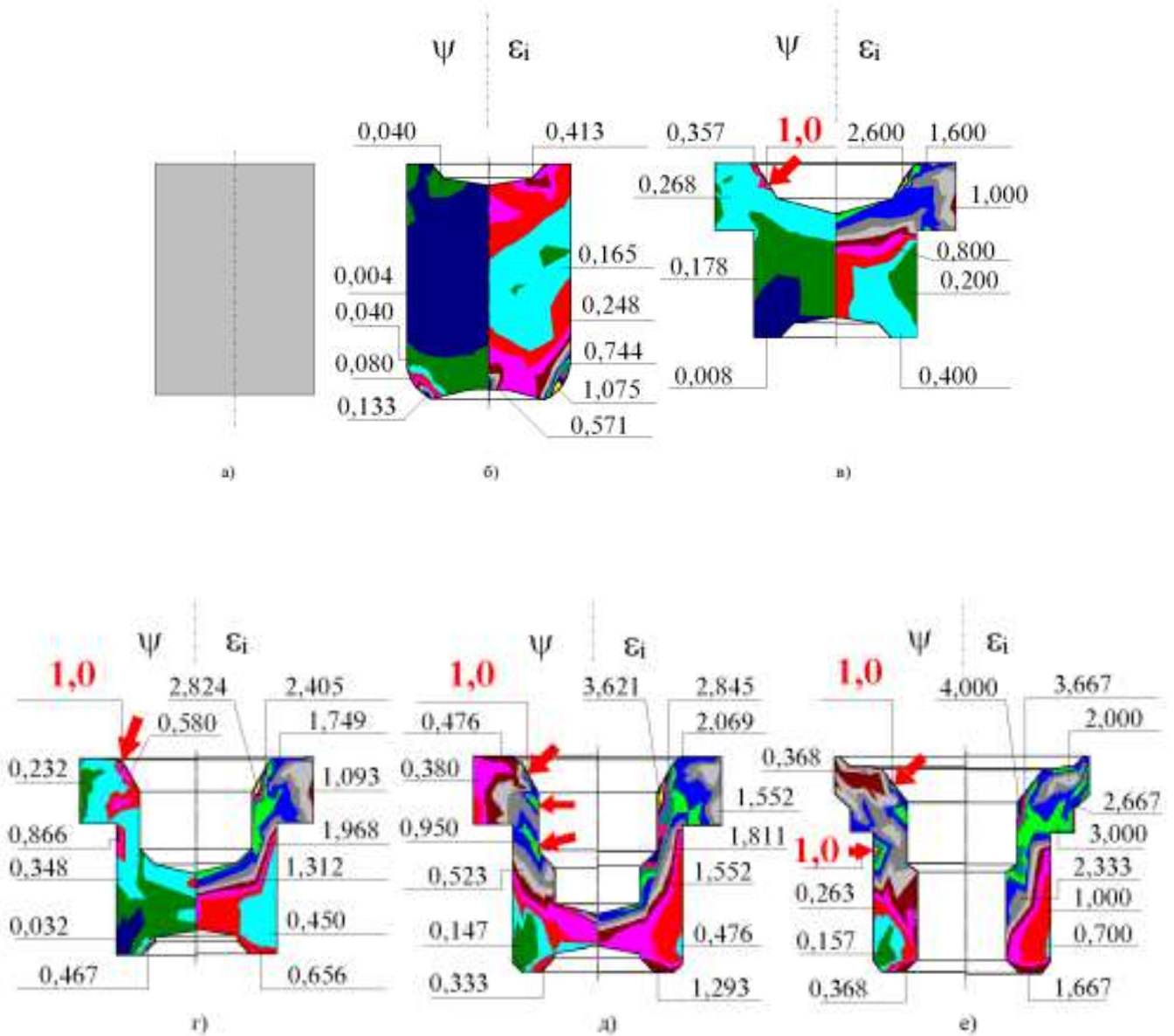


Рисунок 1.2 – Поля накоплення інтенсивності деформацій і використаного ресурсу пластичності по переходам штамповки втулки ( а-заготовка, б – перехід перший, в- другий, г-третій, д-четвертий, е-пятий)

Ця деталь виготовлялася механічною обробкою точінням з прутка стали 20. Для скорочення сировинних витрат зроблено пропозицію замінити технологію виробництва на технологію, засновану на методах холодної висадки. Був розроблений процес на основі наявних технологічних



рекомендацій. На першій формоутворюючій позиції здійснюється видавлювання неглибоких виїмок з двох торцевих сторін циліндричної заготовки та оформляється зовнішня напівкругла фаска із боку матриці.

На другій, третій та четвертій позиції здійснюється формоутворення фланця та поглиблень внутрішніх порожнин втулки.

На п'ятій позиції - пробивання отвору та оформлення кільцевого буртика на торці фланця втулки.

Далі на різьбонарізному автоматі здійснюється нарізка внутрішньої різьби.

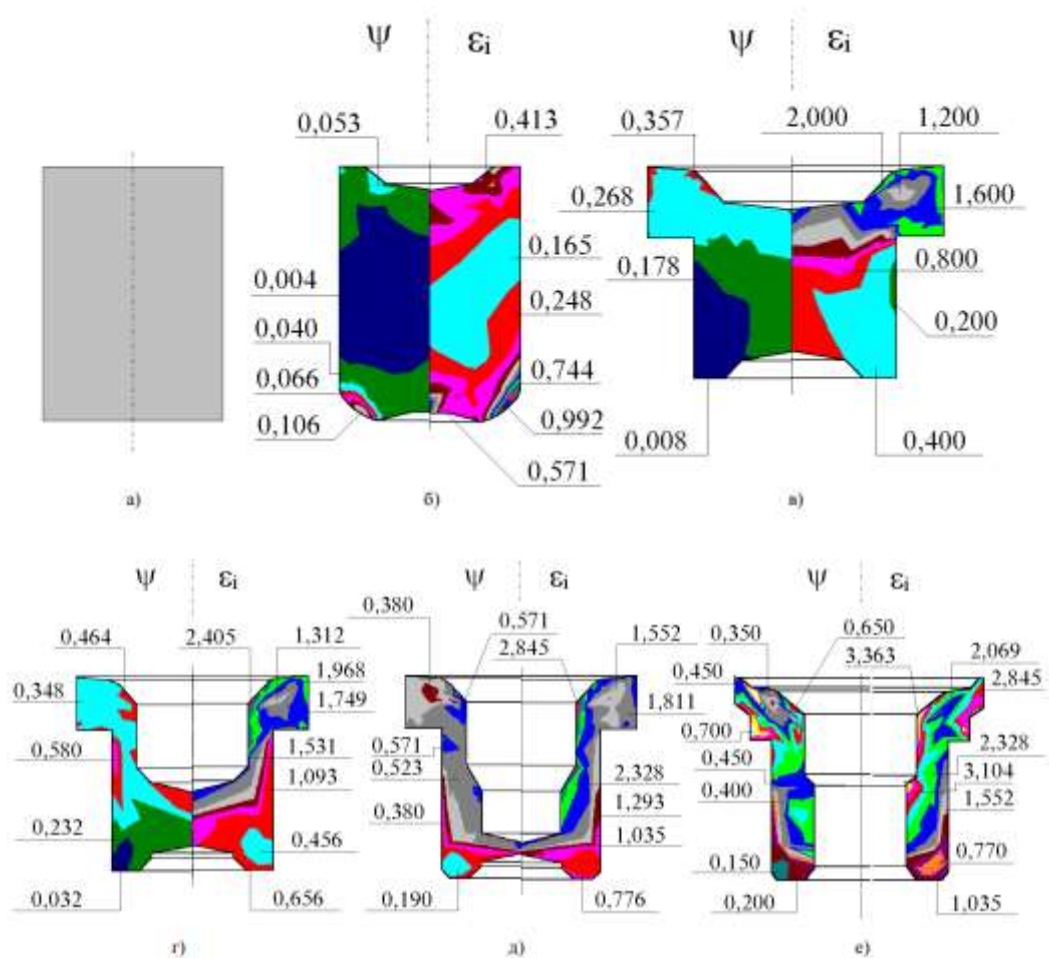


Рисунок 1.3 – Поля накопичення інтенсивності деформацій і використаного ресурсу пластичності по переходам штамповки втулки – удосконалений варіант ( а- заготовка, б – перехід перший, в- другий, г- третій, д-четвертий, е-п'ятий)

Чисельне моделювання, по-перше, виявило наявність і місця порушення суцільності (тріщини) по переходах штампування ступінь ушкодження  $\psi = 1,0$  (вказані стрілками), і дозволило раціоналізувати розміри переходів з метою виключення порушень суцільності.

Результати чисельного моделювання формоутворення переходів штампування зі зміненими розмірами показують відсутність макротріщин (скрізь за обсягом  $\psi < 1,0$ ).

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь „Кришка 18.354” є однією з деталей насоса, що використовується в сільськогосподарських машинах. Основне службове призначення деталі полягає в тому, щоб герметично скласти насос, а також для базування та приєднання насосу до привідного механізму.

При підготовці до виробництва можна використовувати типові технологічні процеси механічної обробки, що прискорить розробку технологічного процесу.

Основними поверхнями деталі, що визначають її положення у вузлі є  $\text{Ø } 45\text{H}8$  та площина „Е”. Допоміжними поверхнями, якими деталь приєднується до інших є отвір  $\text{Ø}56\text{H}8$  та поверхні „З” та „Г”, кріпильними є 8 отворів  $\text{Ø}11$  та 3 отвори M12, інші поверхні є вільними.

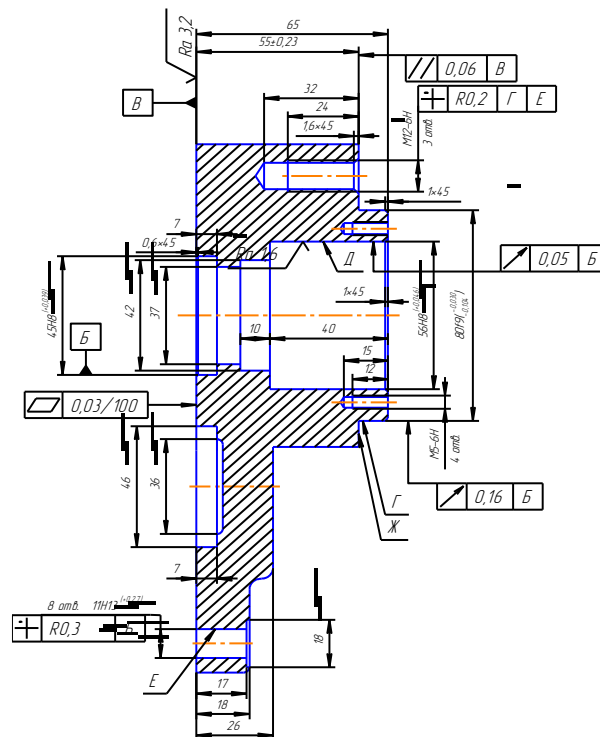


Рисунок 2.1 – Деталь „Кришка 18.354”

Групу конструкторських баз складають основні та допоміжні поверхні, зазначені вище. Жорсткі технічні вимоги по точності обробки поверхонь (Ø56H8) та висока чистота обробки (Ra 1,6; Ra 3,2) – зумовлені високими вимогами функціонального призначення деталі і точністю розташування деталей, що приєднуються, для забезпечення високої надійності роботи вузла.

Нетехнологічним є 3 отвори М12 та 4 отвори М5 – вони глухі, а напрохід обробляти легше.

Деталь малогабаритна, має достатню жорсткість, її можна обробляти на підвищених режимах різання. Всі поверхні для обробки різальним інструментом доступні.

Таблиця 2.1- Хімічний склад АК7 ГОСТ 1583-93%

Алюміній	Кремній	Магній	Мідь	Домішки заліза не більше
основа	4,5-6,5	0,2-0,5	6-8%	1,2

Таблиця 2.2 - Механічні властивості АК7 ГОСТ15583-93

Вид термообробки	Твердість	$\sigma_B$ МПа	Відносне видовження %
Штучне старіння	НВ90	170	0.5

Згідно ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється за коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (2.1)$$

$Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,  $Q_e$  – загальна кількість елементів. Всі елементи наведені в таблицях 2.1, 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1 – Кутові розміри

Кутовий розмір	45	4	4	1	1	4	4
		5	5	20	20	5	5
Уніфікований розмір	+	+	+	+	+	+	+
Кількість кутових розмірів	7			Кількість уніфікованих розмірів			
				7			

Таблиця 2.2 – Лінійні розміри

Лінійний розмір	120	60	106	Ø6	2,5	168	54	35	10	11	6	55
				6					(6 шт)	(8 шт)	5	
Уніфікований розмір	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+
Лінійний розмір	32	1,6	1	Ø56	15	12	10	40	7	Ø4	Ø45	
	(3 шт)	(3 шт)			(4 шт)	(4 шт)				2		
Уніфікований розмір	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Лінійний розмір	Ø46	Ø36	2	7	11	18	17	18	26	65	42,5	142
					8 шт	(8 шт)						
Уніфікований розмір	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Лінійний розмір	65	150	195	80	60	Ø10	12	0,6	Ø37	Ø8	24	
						0	(3 шт)			0	(3 шт)	
Уніфікований розмір	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	
Кількість лінійних розмірів	88					Кількість уніфікованих розмірів						
						77						

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Різи			
88	77	7	7	7	7	14	14
$Q_{ye}=105$ $Q_e=116$				$K_y = \frac{105}{116} = 0,905$			

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності, який рівен:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

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

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
6	7	6·7=42
7	1	7·1=7
8	4	8·4=32
9	1	9·1=9
13	8	13·8=104
14	81	14·81=1134
Всього	102	1328

Відповідно до даних таблиці 2.4 середній квалітет та коефіцієнт точності:

$$T_{cp} = \frac{1328}{102} = 13,02$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,02} = 0,9232$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.5)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхні, яка в свою чергу визначається:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (2.6)$$

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

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість $R_a$ , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	5	$1,6 \cdot 5 = 8$
3,2	3	$3,2 \cdot 3 = 9,6$
6,3	6	$6,3 \cdot 6 = 37,8$
50	88	$50 \cdot 88 = 4400$
Всього	102	4455,4

Відповідно до даних таблиці 2.5 середня шорсткість та коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{4455,4}{102} = 43,68$$

$$K_T = \frac{1}{43,68} = 0,023$$

Отже виконуються умови:

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

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Проаналізувавши всі фактори можна зробити висновок, що деталь технологічна і може бути оброблена на верстатах нормальної точності. При механічній обробці можуть використовуватися високопродуктивні способи обробки, всі поверхні можуть бути отримані із точністю вказаною на кресленні.

## 2.2 Попереднє визначення типу та форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 31121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.7)$$

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;  $\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

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 “Кришка” і занесені до таблиці 2.6 (фрезерування поверхні, попереднє та остаточне розточування отвору, свердління восьми отворів). Використовуючи формули для наближеного розрахунку основного часу визначено основний час для обраних переходів. Наприклад для розточування отвору (двічі) отримаємо:

$$T_{осн} = 2 \cdot 0,2 \cdot 56 \cdot 40 \cdot 0,001 = 0,896 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний і відповідно обравши коефіцієнт розраховано штучно-калькуляційний час для всіх переходів, за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K, \text{ [хв]} \quad (2.8)$$

де  $\varphi_K$  – коефіцієнт



Для кожного з обраних переходів механічної обробки розрахована необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (2.9)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталі “Кришка 18.354”, 2000 шт;  $T_{шт.к.}$  – штучно-калькуляційний час, хв;  $F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2030$  год);  $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при серійному виробництві рівен 0,8).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів  $P$ .

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.10)$$

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;  $P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.11)$$

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$ :

$$\sum O_i = 36 + 33,3 + 58,3 + 15 = 142,6$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів чотири, відповідно коефіцієнт закріплення  $K_{3,0}$ :

$$K_{3,0}=142,6/4=35,65$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.6.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – дрібносерійне, що відповідає типу виробництва визначеного наближеним способом (за масою і програмою випуску деталей за рік).

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_{\delta}$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_{\delta}$ . Якщо  $N_{\delta}$  менше  $Q_{\delta}$ , то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_{\delta} = \frac{N}{254}, \quad (2.12)$$

де 254 кількість робочих днів в році;

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_3}, \quad (2.13)$$

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

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad (2.14)$$

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:

$$T_{шт-к_i} = (1,087 + 1,21 + 0,67 + 2,53) / 4 = 1,374 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{2030}{1,374 \cdot 0,8} = 1846,46$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{2000}{254} = 7,8$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи. Відповідно необхідно визначити кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.15)$$

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

$$n = \frac{2000 \cdot 6}{254} = 47,24$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 47 шт.

### 2.3 Розробка маршруту механічної обробки заготовки

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати методом литтям, так

як АК7 має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в кокіль, лиття в оболонкові форми.

Лиття в піщано-глинисті форми – самий розповсюджений спосіб лиття. В машинобудуванні, цим способом виготовляють 75-80 % виливків (по масі). В залежності від розмірів вилівка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна одержати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. В загальному випадку литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь  $R_2 = 320-40$  мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, одержаних іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30 % маси вилівка перетворюється в стружку при механічній обробці, на що витрачається близько 25 % виробляємої електричної енергії. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки до 5-7 %.

Переваги спеціальних способів лиття полягають не тільки в зниженні об'єму механічної обробки, але й в зменшенні маси ливникової системи і різкому зниженні витрат формувальних матеріалів.

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків.

Кокілі дозволяють одержати виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати  $R_z = 20$  мкм. В зв'язку з високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже

велика. Це підвищує механічні властивості виливка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури) на 10-15 %, але в той час погіршується можливість виготовлення виливків з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні виливка.

При переході з лиття в піщані форми на кокільні витрати матеріалу зменшуються на 10-20 % за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень.

Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при одержанні з кожної форми не менше 300-500 дрібних або 50-200 середніх виливків в рік, а також для виготовлення виливків простої конфігурації із мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також із сталі і чавуну.

Заміна лиття в піщані форми на кокільне при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30 % і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Витрати на організацію дільниці кокільного лиття і дільниці виливків при цьому окупаються за 2-3 місяці.

Лиття в оболонкові форми заключається в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Використання формувальної суміші, яка складається із 92-95 % дрібного кварцевого, магнезійового піску і 4-6 %

Таблиця 2.7-Розрахунок розмірів заготовки вилитої в оболонкові форми

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555						Прийнято		
Клас розмірної точності	8-13г						9		
Ступінь жолоблення	2-5						3		
Ступінь точності поверхонь	9-15						11		
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra = 20мкм						Ra =20 мкм		
Клас точності маси	6-13						8		
Ряд припусків	4-7						5		
Розрахункові розміри, мм									
Допуски:									
	80	56	45	42	37	46	65	55	18
Розмірів	2,2	2	2	2	1,8	2	2,2	2	1,4
Форми чи розміщення	0,32								
Зміщення по площ	1	1	1	1	1	1			
Маси	8								
Нерівностей	0,5								
Загальний	2,4	2	2	2	2	2	2,4	2	1,6
Мінімальний припуск	0,6								
Загал. припуск	3,2	2,7	2,7	1,7	1,7	1,7	3,2	2,4	2,1
Кількість переходів механічної обробки									
Кількість переходів	3	3	3	1	1	1	3	2	2
Розмір заготовки	86,4	50,6	39,6	38,6	33,6	42,6	71,4	59,8	20,1

терморективної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітет), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітет). Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокіль - 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до зниження її собівартості.

Структура металу при литті в оболонкові форми дрібнозерниста, якісна.

Враховуючи все викладене вище прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в кокіль та лиття в оболонкові форми

Всі розрахунки та їх результати занесено у таблиці для обох способів отримання заготовки (див. таб. 2.7 та 2.8)

Таблиця 2.8 – Розрахунок розмірів виливка (лиття в кокіль)

Параметри точності		Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято			
Клас розмірної точності		5-9					7т			
Ступінь короблення		18/195=0.092; 2-5					3			
Ступінь тоїності поверхні		5-10					8			
Шорсткість поверхні		Ra30					Ra30			
Клас точності маси		4-11					7			
Ряд припусків		2-5					4			
Розміри	80	6	5	42	37	46	5	5	8	
Допуски розмірів	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	
Допуск форми розміщення	0.32	0.32	0.32	0,32	0,32	0.32	0,32	0,32	0.32	
Допуск на зміщення форми	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		-		
Допуск маси	4.5%									
Допуск нерівностей	0.24									
Загальний допуск	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	
Мінімальний припуск -0.8 мм										
Кількість переходів					1					
Загальний припуск	1.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	

Розрахунок розмірів заготовки зведено до таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі	Розмір заготовки при литті в кокіль	Розмір заготовки при литті в оболонкові форми

Ø 80f9	$80+2 \cdot 1.8 = \text{Ø}83.6 \pm 0.7$	$80+2 \cdot 3,2 = \text{Ø}86,4 \pm 1,1$
Ø56H8	$56-2 \cdot 1.6 = \text{Ø}52.8 \pm 0.6$	$56-2 \cdot 2,7 = \text{Ø}50,6 \pm 1$
Ø45H8	$45-2 \cdot 1.6 = \text{Ø}41.8 \pm 0.6$	$45-2 \cdot 2,7 = \text{Ø}39,6 \pm 1$
Ø42	$42-2 \cdot 1.4 = \text{Ø}39.2 \pm 0.6$	$42-2 \cdot 1,7 = \text{Ø}38,6 \pm 1$
Ø37	$37-2 \cdot 1.4 = \text{Ø}34.2 \pm 0.6$	$37-2 \cdot 1.7 = \text{Ø}33,6 \pm 0.9$
Ø46	$46-2 \cdot 1.4 = \text{Ø}43.2 \pm 0.6$	$46-2 \cdot 1.7 = \text{Ø}42,6 \pm 1$
65	$65+2.0+1.5 = 68.5 \pm 0.6$	$65+3,2+3,2 = 71,4 \pm 1,1$
55	$55+2.0-1.6 = 55.4 \pm 0.6$	$55+3,2-2,4 = 59,8 \pm 1$
18	$18+2.0 = 20 \pm 0.4$	$18+2.1 = 20,1 \pm 0.7$

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритних розмірів заготовки.  
Зведений габаритний розмір складає

$$N = \frac{(l + b + h)}{3} = \frac{(195 + 142 + 65)}{3} = 134 \text{ мм} = 0.13 \text{ м.}$$

де  $l$ ,  $b$ ,  $h$  – габаритні розміри в м.

Товщину стінок  $S_{\min}$  можна визначити по графіку (6), або згідно довідникових таблиць (2), вона в даному випадковому рівна 3-4 мм.

Мінімальний діаметр отворів, одержуваний в заготовках

$$d_{\min} = d_0 + 0.1 \cdot S = 8 + 0.1 \cdot 18 = 8.8 \text{ (мм)};$$

Згідно довідкових таблиць (2) діаметр отворів вилівка 5-10 мм при глибині отворів 10-30 мм, для глухих отворів Ø5-15 мм. Формовочні нахили назначаємо на всіх вертикальних стінах з метою полегшення відділення моделі із стержневого ящика. Нахили регулюються ГОСТ 3212-80. Для нашої заготовки висота стінок для  $H = 40$  мм,  $\alpha = 0^\circ 45'$ . Нахили місцевих платиків, бабишок слід приймати  $30-45^\circ$ .



Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях заготовки в залежності від матеріалу, товщини стінок і кута між ними  $\alpha=90^\circ$  вибирають згідно графіків або таблиць (2)  $R=4\dots 6$  мм.

Згідно отриманих розмірів заготовок та з урахуванням рекомендованих радіусів заокруглень та кутів нахилу стінок побудовані ескізи заготовок для обох способів лиття (див. рисунок 2.2 та 2.3)

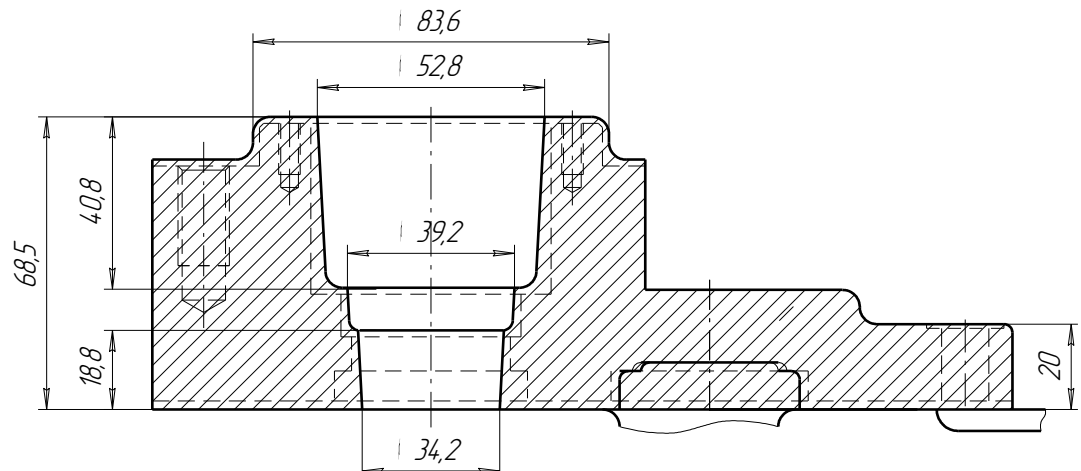


Рисунок 2.2 – Виливок в кокіль

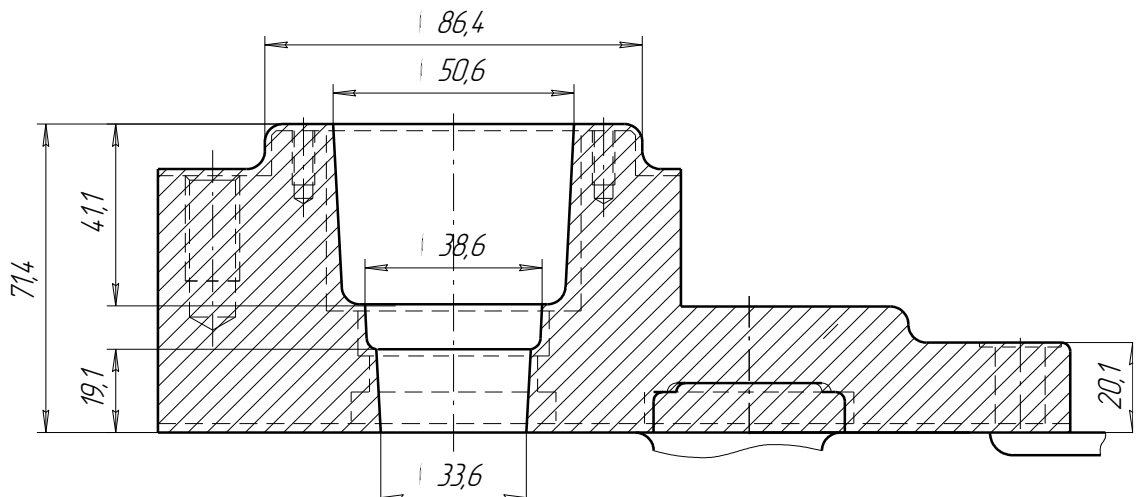


Рисунок 2.3 – Виливок в оболонковій формі

При литті в оболонковій формі маса припусків складає 0,37 кг, а маса напусків 0,09 кг. Відповідно маса заготовки, як сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{\text{заг}}=0,09+0,37+1,27=1,73(\text{ кг})$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 1,27/1,73=0,76$$

При литті в оболонкові форми маса припусків складає 0,49 кг, а маса напусків залишається такою ж – 0,09 кг. Відповідно маса заготовки:

$$Q_{\text{заг}}=0,49+0,09+1,27=1,85(\text{ кг})$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 1,27/1,85=0,686$$

Собівартість заготовок розраховується за формулою:

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.18)$$

де  $S$  – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;  $K_T, K_C, K_B, K_M, K_n$  – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;  $S_{\text{відх}}$  – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн..

Враховуючи вказані показники собівартість заготовки при литті в кокіль та оболонкові форми відповідно складає:

$$C_{\text{заг1}} = \left( \frac{14560}{1000} \cdot 1,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \right) - (1,73 - 1,27) \frac{28100}{1000} = 756(\text{грн.})$$

$$C_{\text{заг2}} = \left( \frac{15340}{1000} \cdot 1,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,78 \right) - (1,85 - 1,27) \frac{28100}{1000} = 862(\text{грн.})$$

Загальний економічний ефект не залежить від витрат на механічну обробку, так як кількість переходів механічної обробки при литті в оболонкові форми та при литті в кокіль однакова. Отже економічно доцільніше використовувати лиття в кокіль.

### 2.3 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

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 урахуванням габаритних розмірів. Характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i \quad (2.19)$$

де  $\varepsilon$  - загальне уточнення;  $\varepsilon_i$  - окремі ступені уточнення;  $n$  - число ступенів обробки;  $T_D$ ,  $T_3$ ,  $T_i$  - допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадкові заготовкою є виливок, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [5]. Створюючи маршрут обробки поверхні. Виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі

обробки. Повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

Відповідно до наведених вище вимог для усіх поверхонь визначена кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки.

Наприклад для розміру  $\varnothing 56H8$  загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{1,4}{0,046} = 30,43$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0,46 \quad (2.20)$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$N = \lg 30,43 / 0,46 = 3,23$$

Отже можна проводити обробка за три або чотири переходи. Для зменшення трудомісткості обробки приймаємо три переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,4$$

$$\varepsilon_2 = 3,4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \quad (2.21)$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 30,43 / 5,4 \cdot 3,4 = 1,65$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 1,4/5,4 = 0,26 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,26/3,4 = 0,076 \text{ (мм)}$$

Після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 12 квалітету, а вже після другого переходу - 9 квалітету. Оскільки обробляється отвір, то доцільно використати метод обробки – розточування.

Для зовнішньої поверхні  $\varnothing 80$  загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{1,5}{0,074} = 20,27$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$N = \lg 20,27 / 0,46 = 2,84$$

Отже можна проводити обробка за два або три переходи. Для зменшення трудомісткості обробки приймаємо два переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,8$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = 20,27/5,8 = 3,49$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 1,5/5,8 = 0,259 \text{ (мм)}$$

Після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 11 квалітету, а вже після другого переходу - 9 квалітету. Оскільки обробляється

циліндрична поверхня, то доцільно використати метод обробки – точіння.

Число переходів для інших поверхонь розраховується аналогічно.

## 2.4

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. В якості чистових баз може використовуватися зовнішня циліндрична поверхня, або отвір. Схеми базування для обох випадків та розміри отримувані при установці на них показані на рисунках 2.4 та 2.5

Похибка базування при установці на площину та дві призми складатиме:

$\mathcal{E}_{\delta(55)}=0$  – виконується принцип співпадання технологічної і вимірювальної баз;

$\mathcal{E}_{\delta(55)}=0$  – виконується принцип співпадання технологічної і вимірювальної баз;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 55,6)}=0$  – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 80)}=0$  – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 42)}=0$  – діаметральний розмір;

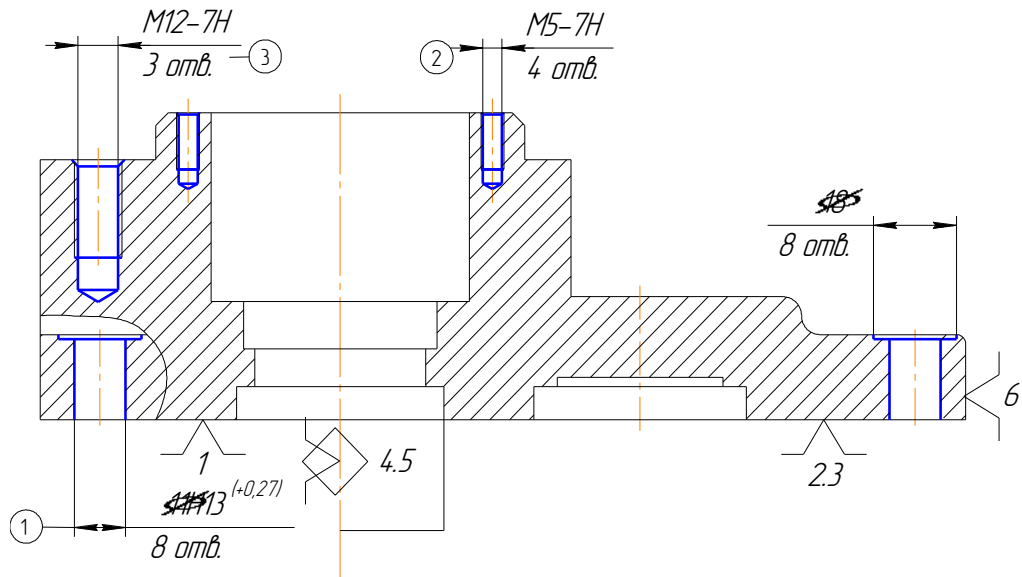


Рисунок 2.5 – Чистові бази

При установці на площину та оправку, як показано на рисунку 2.5 похибка базування буде рівна:

$\mathcal{E}_{\phi 18} = 0$  – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\phi 11} = 0$  – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\phi(M12)} = 0$  – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\phi(M5)} = 0$  – діаметральний розмір;

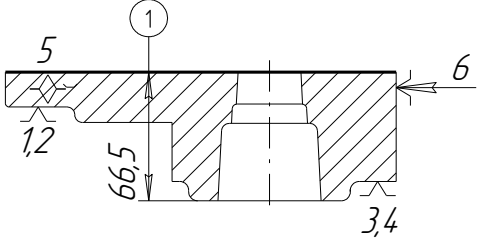
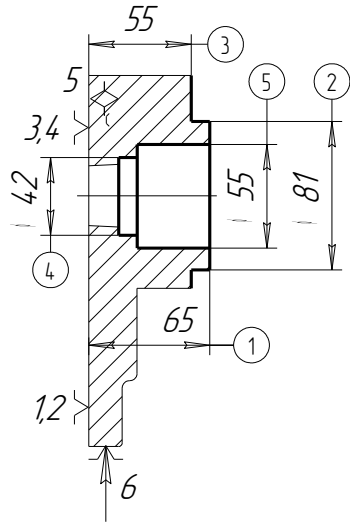
При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

При такій схемі базування вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із зовнішньої поверхні.

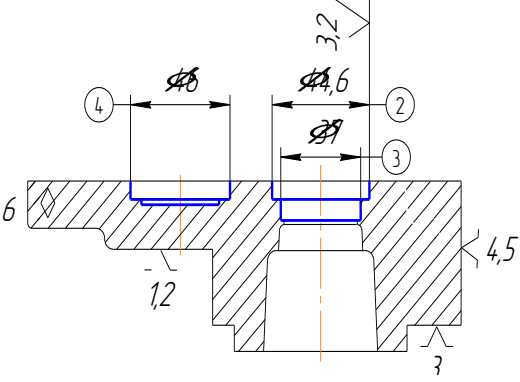
Отже виконання механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на креслені вимогам точності та шорсткості.

## 2.6 Маршрут механічної обробки

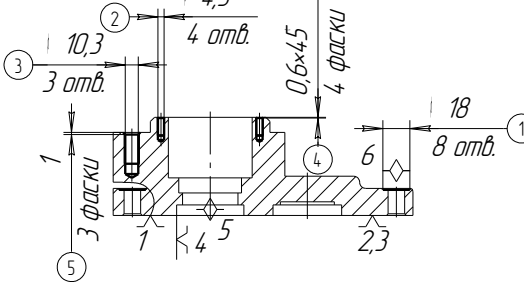
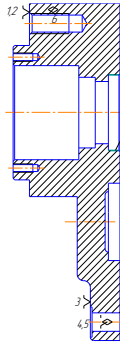
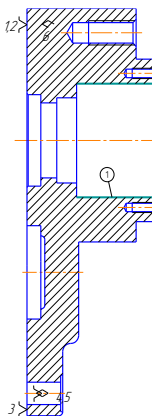
Таблиця 2.12- Модернізований технологічний процес

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема базування та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p align="center"><b>Фрезерна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно</li> <li>4. Зняти деталь</li> </ol>		Двушпиндельний карусельно-фрезерний верстат 6A23
010	<p><u>Токарно-револьверна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Точити поверхні 1 бурт 2, 3 попередньо</li> <li>3. Розточити фаску та отвори 5 попередньо та 4 одноразово</li> <li>4. Розточити отвір 5 остаточно</li> <li>5 Точити поверхні 1 бурт 2, 3 остаточно</li> <li>6. Зняти деталь</li> </ol>		Токарний з ЧПК 16Б16Ф3-31



015	<p>Розточувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити деталь</li> <li>2 Розточити отвір 4</li> <li>3 Розточити отвір 2 попередньо</li> <li>4 Розточити отвір 3 одноразово</li> <li>5 Розточити отвір 2 остаточно</li> <li>6 Зняти деталь</li> </ol>		Вертикально-розточувальний 2650
020	<p>Свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Центрувати 8 отворів 1, 4 отвори 2 та 4 отвори 3</li> </ol>		Вертикально-свердильний 2105Н7Ф4

## Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
020	3 Свердлити 8 отворів 1 4 Цекувати 8 отворів 1 5 Свердлити 4 отвори 2 6 Свердлити 4 отвори 3 7 Нарізати різь в 4 отворах 3 8 Нарізати різь в 4 отворах 2 9 Зняти заготовку.		Вертикально-свердильний 2105Н7Ф4
025	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити деталь 2 Розточити отвір 1 тонко 3 Зняти деталь		Токарний з ЧПК МК260МФ3
030	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити деталь 2 Розточити отвір 3 тонко 3 Зняти деталь		Токарний з ЧПК МК260МФ3

## 2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені в (2 том СТМ). 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

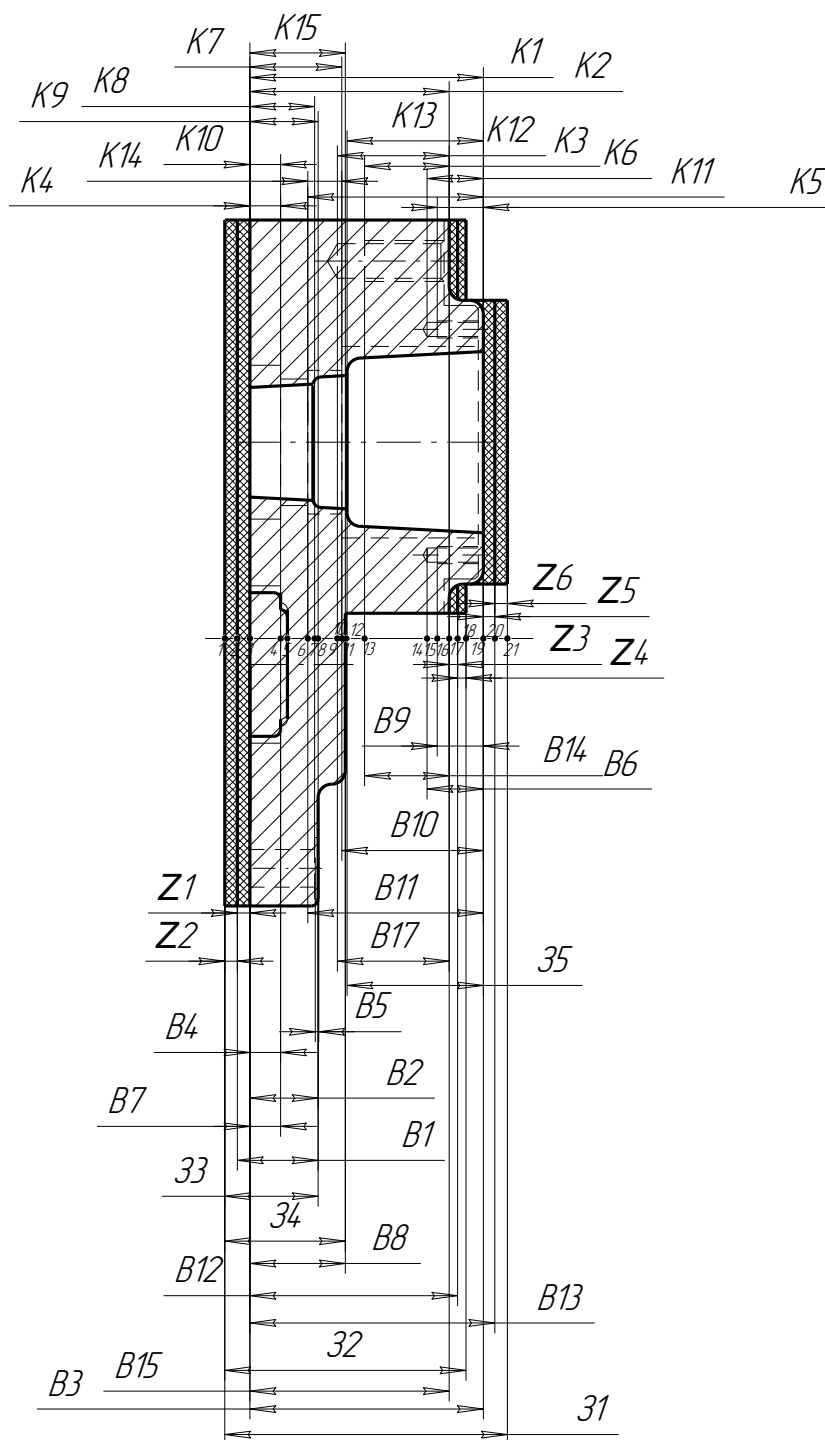


Рисунок 2.6 – Розмірна схема

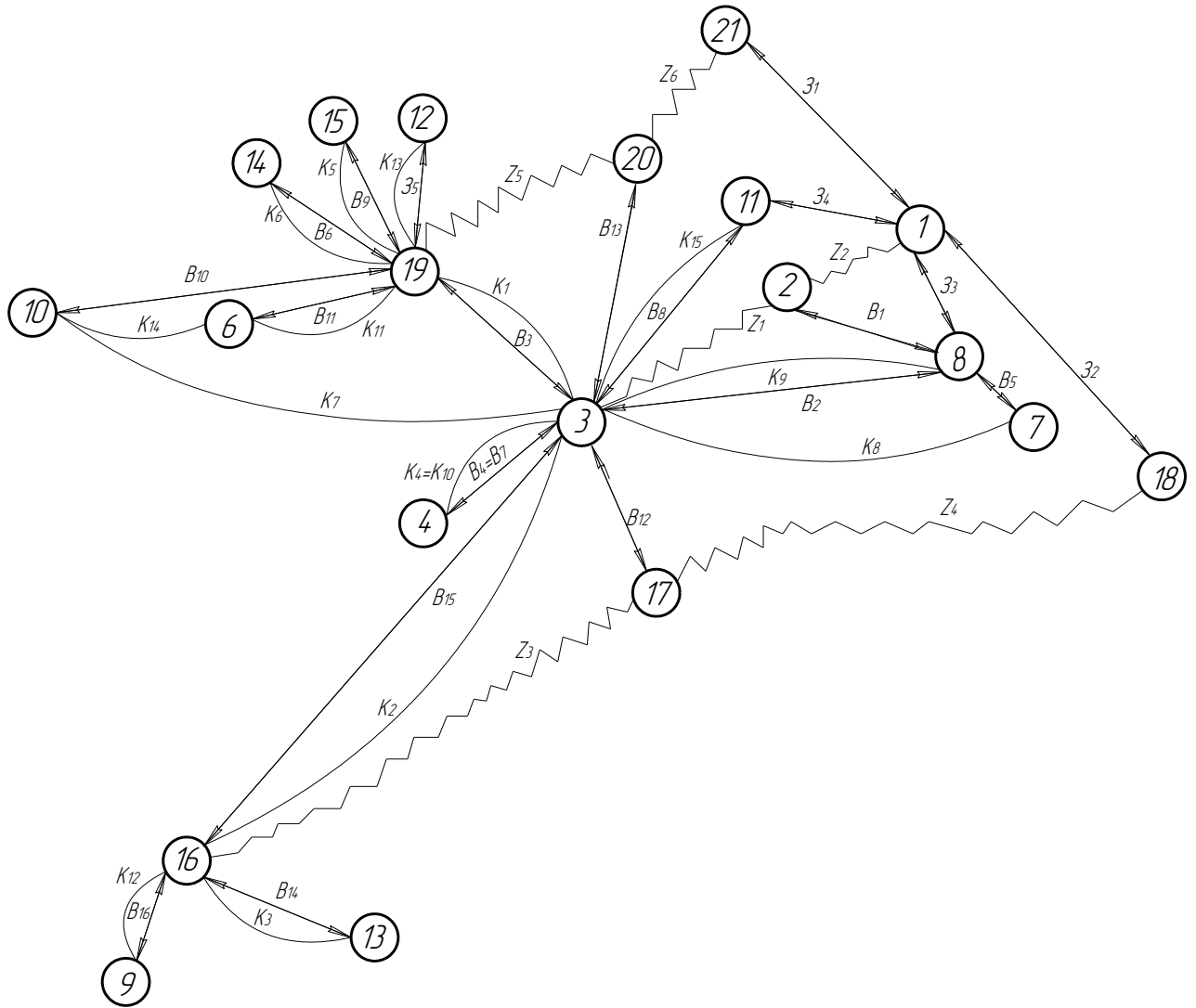


Рисунок 2.7- Суміщений граф

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць.

Таблиця 2.13 – Мінімальні припуски

Припуски	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>
Z <sub>min</sub>	0.25	0.8	0.25	0.8	0.25	0.8

Таблиця 2.14 – Технологічні ланцюги

№ n/n	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$-K_1 + B_3 = 0$	$K_1 = B_3$	$B_3$
2	$-K_2 + B_{15} = 0$	$K_2 = B_{15}$	$B_{15}$
3	$-K_3 + B_{14} = 0$	$K_3 = B_{14}$	$B_{14}$
4	$-K_4 + B_4 = 0$	$K_4 = B_4$	$B_4$
5	$-K_5 + B_9 = 0$	$K_5 = B_9$	$B_9$
6	$-K_6 + B_6 = 0$	$K_6 = B_6$	$B_6$
7	$-K_9 + B_2 = 0$	$K_9 = B_2$	$B_2$
8	$-K_{11} + B_{11} = 0$	$K_{11} = B_{11}$	$B_{11}$
9	$-K_{12} + B_{16} = 0$	$K_{12} = B_{16}$	$B_{16}$
10	$-K_{13} + Z_5 = 0$	$K_{13} = Z_5$	$Z_5$
11	$-K_{15} + B_8 = 0$	$K_{15} = B_8$	$B_8$
12	$Z_3 - B_{12} + B_{15} = 0$	$Z_3 = B_{12} - B_{15}$	$B_{12}$
13	$-K_7 - B_{10} + B_3 = 0$	$K_7 = -B_{10} + B_3$	$B_{10}$
14	$Z_5 - B_3 + B_{13} = 0$	$Z_5 = B_3 - B_{13}$	$B_{13}$
15	$-K_8 + B_5 - B_2 = 0$	$K_8 = B_5 - B_2$	$B_5$
16	$-Z_2 + B_1 - Z_3 = 0$	$Z_2 = B_1 - Z_3$	$Z_3$
17	$-Z_1 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_1$	$B_1$
18	$B_2 - Z_3 + Z_4 - B_8 = 0$	$Z_4 = -B_2 + Z_3 + B_8$	$Z_4$
19	$B_{12} + Z_4 - Z_2 + Z_4 - B_8 = 0$	$Z_4 = B_8 + Z_2 - Z_4 - B_{12}$	$Z_2$
20	$Z_6 - Z_1 + Z_4 - B_8 + B_{13} = 0$	$Z_6 = B_8 + Z_1 - Z_4 - B_{13}$	$Z_1$

1.  $K_1 = B_3$ ;  $B_3 = K_1 = 65 \pm 0.3$  доп. 0.6 мм.
2.  $K_2 = B_{15}$ ;  $B_{15} = K_2 = 55 \pm 0.23$  доп. 0,46мм.
3.  $K_3 = B_{14}$ ;  $B_{14} = K_3 = 24 \pm 0.21$  доп. 0.42 мм.
4.  $K_4 = B_4 = 7$ ;  $B_4 = K_4 = 7 \pm 0.15$  доп. 0.3 мм.
5.  $K_5 = B_9$ ;  $B_9 = K_5 = 12 \pm 0.18$  доп. 0.36 мм.

**6.**  $K_6 = B_6; B_6 = K_6 = 15 \pm 0.18$  доп. 0.36 мм.

**7.**  $K_9 = B_2; B_2 = K_9 = 18 \pm 0.18$  доп. 0.36 мм.

**8.**  $K_{11} = B_{11}; B_{11} = K_{11} = 50 \pm 0.25$  доп. 0.5 мм.

**9.**  $K_{12} = B_{16}; B_{16} = K_{12} = 32 \pm 0.25$  доп. 0.5 мм.

**10.**  $K_{13} = 3_5; 3_5 = K_{13} = 40 \pm 1$  доп. 2 мм.

**11.**  $K_{15} = B_8; B_8 = K_{15} = 25 \pm 0.21$  доп. 0.42 мм.

**12.**  $Z_{3\min} = B_{12\min} - B_{15\max};$

$$B_{12\min} = Z_{3\min} + B_{15\max} = 0.25 + 55.23 = 55.48;$$

$$B_{12\max} = 55.48 + 0.3 = 55.78;$$

$$Z_{3\max} = B_{12\max} - B_{15\min} = 55.32 - 54.77 = 0.55 \text{ мм.}$$

**13.**  $K_{7\min} = B_{3\min} - B_{10\max};$

$$B_{10\max} = B_{3\min} - K_{7\min} = 64.7 - 24.79 = 39.91;$$

$$B_{10\min} = 39.91 - 0.25 = 39.66;$$

$$K_{7\max} = B_{3\max} - B_{10\min} = 65.3 - 39.66 = 25.64.$$

**14.**  $Z_{5\min} = B_{3\min} - B_{13\max};$

$$B_{13\max} = B_{3\min} - Z_{5\min} = 64.7 - 0.25 = 64.45;$$

$$B_{13\min} = 64.45 - 0.3 = 64.15;$$

$$Z_{5\max} = B_{3\max} - B_{13\min} = 65.3 - 64.15 = 1.15 \text{ мм.}$$

**15.**  $K_{8\min} = B_{5\min} - B_{2\max};$

$$B_{5\min} = K_{8\min} + B_{2\max} = 16.82 + 18.18 = 35;$$

$$B_{5\max} = 35 + 0.12 = 35.12;$$

$$K_{8\max} = B_{5\max} - B_{2\min} = 35.12 - 17.82 = 17.3 .$$

**16.**  $Z_{1\min} = B_{2\min} - B_{1\max};$

$$B_{1\max} = B_{2\min} - Z_{1\min} = 17.82 - 0.25 = 17.57;$$

$$B_{1\min} = 17.57 - 0.21 = 17.36 ;$$

$$Z_{1\max} = B_{2\max} - B_{1\min} = 18.18 - 17.36 = 0.82 \text{ мм.}$$

**17.**  $Z_{2\min} = B_{1\min} - 3_{3\max};$

$$3_{3\max} = B_{1\min} - Z_{2\min} = 17.36 - 0.8 = 16.56;$$

$$3_{3\min} = 16.56 - 0.84 = 15.72.$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - 3_{3\min} = 17.57 - 15.72 = 1.85 \text{ мм.}$$

$$18. Z_{4\min} = Z_{3\min} + B_{8\min} - B_{2\max};$$

$$Z_{4\min} = 15.72 + 24.79 - 18.18 = 22.33;$$

$$Z_{4\max} = 22.33 + 0.84 = 24.17.$$

$$19. Z_{4\min} = B_{8\min} - B_{12\max} + Z_{2\min} - Z_{4\max};$$

$$Z_{2\min} = Z_{4\min} + B_{12\max} + Z_{4\max} - B_{8\min} = 0.8 + 55.78 + 24.17 - 24.79 = 55.96;$$

$$Z_{2\max} = 55.96 + 1.2 = 57.16;$$

$$Z_{4\max} = B_{8\max} - B_{12\min} - Z_{4\min} + Z_{2\max} = 25.21 - 55.48 - 22.33 + 57.16 = 4.56$$

мм.

$$20. Z_{6\min} = B_{8\min} - B_{13\max} + Z_{1\min} - Z_{4\max};$$

$$Z_{1\min} = B_{13\max} + Z_{4\max} - B_{8\min} + Z_{6\min} = 64.45 + 24.17 - 24.79 + 0.8 = 64.63;$$

$$Z_{1\max} = 64.63 + 1.2 = 68.83;$$

$$Z_{6\max} = B_{8\max} - B_{13\min} - Z_{4\min} + Z_{1\max} = 25.21 - 64.15 - 22.33 + 68.83 = 7.56$$

мм.

Дані розрахунків зводимо в таблицю.

Таблиця 2.15 – Результати розмірного аналізу

Розміри заготовки, техн. розміри	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$
Попередні знач. допусків	1.2	1.2	0.84	0.84	1	0.21	0.18	0.3	0.15	0.12	0.18	0.15
Квалітет точності	15	15	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12
Остаточні знач. допусків	1.2	1.2	0.7	0.84	1	0.18	0.18	0.3	0.15	0.25	0.18	0.15
Номінальні розміри	68.83	57.16	16.5 6	24.17	40	17.57	18	65	7	35.12	15	7

## Продовження таблиці 2.15

Розміри заготовки, техн. розміри	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>14</sub>	B <sub>15</sub>	B <sub>16</sub>
Попередні знач. допусків	0.21	0.18	0.25	0.25	0.3	0.3	0.21	0.3	0.25
Квалітет точності	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Остаточні знач. допусків	0.21	0.18	0.25	0.25	0.3	0.3	0.21	0.3	0.25
Номинальні розміри	25	12	39.91	50	55.78	64.45	24	55	32

Таблиця 2.16 - Припуски

Припуски		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>
Граничні значення	Z <sub>min</sub>	0.25	0.8	0.25	0.8	0.25	0.8
	Z <sub>max</sub>	0.82	1.85	0.55	4.56	1.15	7.56

## 2.7 Визначення (за нормативами) режимів різання.

Операція 010. Токарно-револьверна.

Модель верстата – 1341

Пристосування: Спеціальне, на планшайбі

Ескіз механічної обробки див. табл.

Перехід 3.

Розточити отвір 4 однократно.

Ріжучий інструмент: Різець розточний Р6М5; переріз державки 16×25

мм.

$$\gamma=120; \lambda=6; \varphi=45^\circ; r=1\text{мм.}$$

1. Глибину різання визначаємо, виходячи із заданого прутка.

$$t=D-d/2=42-39.2/2=1.4 \text{ (мм.)}$$



Припуск знімаємо за 1 прохід.

2. Подачу визначаємо за нормативами. Для різців Р6М5 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,25-0,4$  мм/об. [8, карта2].

Керуючись по паспорту верстата приймаємо  $S=0,25$  мм/об.

Допустиме зусилля супорта  $P_{\text{доп}}=600$  Кгс;

Зусилля різання при заданих режимах різання  $P_x=135\dots240$  Кгс;  $P_x < P_{\text{доп}}$ .

3. Назначаємо період стійкості різців. Для багато інструментальної наладки приймаємо  $T=90$  хв. Допустиме зношення  $h_3=0,9-1,5$  мм;

4. Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця  $V_{\text{табл}}=106$  м/хв. [8. карта 17]. Матеріал без корки  $K_{\text{nv}}=1$ ; матеріал різців Р6М5,  $K_{\text{uv}}=1$ ;

$$V_{\text{різ}}=V_{\text{таб}} * K_{\text{nv}} * K_{\text{uv}}=106*1*0,85=90,1(\text{м/хв.})$$

5. Частота обертання шпинделя складає

$$n=1000*V/\Pi*D=1000*90,1/3,14*42=683(\text{об/хв.})$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=630$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V=\Pi*D*n/1000=3,14*14*42*630/1000=83,1(\text{м/хв.})$$

6. Потужність різання при точності складає  $N_{\text{таб}}=1,3$  кВт. [8. карта16].

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}}=N_{\text{дв}}*\eta=8*0,85=6,4 \text{ кВт}; N_{\text{різ}} < N_{\text{в}}$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = f_{p.x.} * i/n * s = 14 * 1/630 * 0.25 = 0.11 \text{ хв.}$$

де  $f_{p.x.} = l_g + y + \Delta = 10 + 4 + 0 = 14 \text{ мм.}$

Операція 015. Агрегатна.

Модель верстата. АМ7801

Пристосування – спеціальне.

Ескіз механічної обробки див. табл.

Позиція 5

Свердлити 8 отворів  $\varnothing 11^{+0,26}$

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне ГОСТ 10903-77;

$2\phi = 118^\circ$ ;  $\alpha = 11^\circ$ . Форма підточки – Н.

1. Глибина різання складає:

$$t = d/2 = 11/2 = 5.5 \text{ (мм.)}$$

2. Назначаємо подачу для НВ<229, матеріал АК7

I – група подач:  $S_0 = 0,16 - 0,20$  [8. карта 41].

Глибина свердління:  $l/d = 18/4 < 3$   $K_1 = 1.0$

$$S_0 = S_{\text{таб}} * K_{1s} = 0.20 * 1.0 = 0.16 \text{ (мм/об.)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо  $S_0 = 0.2 \text{ мм/об.}$

3. Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 5 інструментів,  $T = 90$  хв.

Допустимий знос:  $h_3 = 0,3 - 0,45 \text{ мм.}$

4. Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента,  $V_{\text{таб}} = 43 \text{ м/хв.}$ ,  $K_{1v} = 0,8$  [8. карта 50].

$$V = V_{\text{таб}} * K_{1v} = 43 * 0,8 = 34 \text{ (м/хв.)}$$

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34}{3.14 \cdot 11} = 984 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспортних даних приймаємо  $n=710 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 11 \cdot 710}{1000} = 24,5 \text{ м/хв.}$$

**6.** Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання,

$$N_{\text{таб}}=1,1 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_B = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт; } N_B > N_{\text{таб}};$$

Умови обробки по потужності виконуються.

**7.** Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = f_{p,x} \cdot i / n \cdot S = 25 \cdot 1 / 710 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ (хв.)}$$

$$\text{де } f_{p,x} = l_g + y + \Delta = 18 + 4 + 3 = 25$$

$$\text{для восьми отворів } \text{таб} = 0,18 \cdot 8 = 1,44 \text{ хв.}$$

Аналогічно визначимо режими різання для інших операцій.

Таблиця 19

	Операції та переходи	Розрахункові розміри		Пр ип уск мм	Режими різання			T <sub>вс</sub> , хв	T <sub>о</sub> , хв
		D/B	L <sub>p</sub> *x		S <sub>мм/об</sub>	V <sup>м</sup> /хв	n <sup>об</sup> /x <sub>в</sub>		
1	005 Карусельно – Фрезерна Фрезерувати пов. 1 попередньо	B=1 42	440	1,4	160	125, 6	200	0,25	2,84
2	Фрезерувати пов. 1 начисто	B=1 42	440	0,6	160	197	315	0,25	2,84

1	010 Токарно-револьверна Точити пов. 1, бурт 2 попередньо	Ø79, 2	36	1,4	0,2	124, 3	500	0,26	0,36
2	Розточити отв. 2 однократно	Ø42	15	1,6	0,2	83,1	630	0,26	0,11
3	Розточити отв. 5 попер. Ø54,2	Ø54, 2	44	1,4	0,2	85,1	500	0,26	0,44
4	Розточити отв. 5 начисто	Ø55, 6	44	0,7	0,15	109, 9	630	0,26	0,46
									1,37
1	015 Агрегатна (Устан А) Встановити заготовку, закріпити								
2	Розточити отв. Ø36 однократно	Ø36	12	1,6	0,05	56,5	500		
3	Розточити отв. Ø37 однократно	Ø37	10	1,6	0,05 5	58,1	500		
4	Розточити отв. 2 попередньо Ø43,2	Ø43, 2	15	1,2	0,06	67,8	500		
5	Розточити отв. Ø46 однократно	Ø44, 6	14	1,6	0,06	72,2	500		
6	Розточити отв. 2 начисто Ø44,6	Ø44, 6	15	0,7	0,05	88,2	630		
	(Установ В)								
1	Переустановити заготовку								
2	Цекувати 8 отв. Ø18	Ø18	8	2,0	0,05	17,8	315		
3	Свердлити 4 отв. Ø4,3	Ø4,3	18	2,1 5	0,06	6,7	500		
4	Свердлити 3 отв. Ø10,3, фаски	Ø10, 3	38	5,1 5	0,15	16,1	500		0,52
5	Нарізати різь 4 отв. М5- 7Н	М5	15	-	0,8	2,53	90		
6	Нарізати різь 3 отв. М12- 7Н	М12	29	-	1,5	3,4	90		
	020 Токарна								
1	Розточити отв. Ø45Н8	Ø45	15	0,4	0,15	89,1	630	0,24	0,16
2	Розточити отв. Ø56Н8	Ø56	45	0,4	0,15	110	630	0,24	0,48

## 2.8. Визначення технічних норм часу

Операція 010. Токарно-револьверна

Пристосування Спеціальне з пневмозажимом

Основний час  $t_0=1,37$  хв.

Штучний час визначаємо за формулою

$$T_{шт} = t_0 + t_B + t_{т.обс.} + t_{о.обс.} + t_{отд.}$$

Час на вимірювання і контроль деталі перекривається основним часом.

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з.}/n$$

Оперативний час  $t_{оп} = t_0 + t_{вс}$

а) Час на установку, закріплення, знімання деталі [З. ст.214-220]

$$t_B = 0,16 + 0,04 + 0,02 = 0,22 \text{ (хв.)}$$

б) Час на управління верстатом, кнопки „Пуск, Стоп” та ін., закрити щиток.

$$t_{вс} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ (хв.)}, T_B = 0,22 + 0,04 = 0,26 \text{ (хв.)},$$

$$t_{оп} = 1,37 + 0,26 = 1,63 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного.

Час на організаційне обслуговування 4,5% від  $t_{оп}$ .

$$t_{м.обс.} = 1,63 * 4 / 100 = 0,06 \text{ (хв.)},$$

$$t_{о.обс.} = 1,63 * 4,5 / 100 = 0,07 \text{ (хв.)}$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 5% від  $t_{оп}$ .

$$T_{отд}=1,63*5/100=0,08 \text{ (хв.)}$$

Штучний час складає

$$T_{шт}=1,63+0,06+0,07+0,08=1,84 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час при партії деталей для наладок  $n=300$  шт.

$$T_{шк}=T_{шт}+T_{п.з.}/n=1,84+30/300=1,85 \text{ (хв.)}$$

На решту операцій нормування проводимо аналогічно.

Таблиця 2.16 – Норми часу

№ опер.	Операції	$t_{ос}$	$t_{вс}$	$t_{м.обс.}$	$t_{о.обс.}$	$t_{отд.}$	$T_{шк.}$
005	Карусельно-фрезерна	2,84	0,25	0,12	0,14	0,16	3,61
010	Токарно-револьверна	1,37	0,26	0,06	0,07	0,08	1,85
015	Розточувальна	0,52	-	0,04	0,05	0,06	0,68
020	Свердлильна	0,64	0,24	0,04	0,05	0,06	1,04
025	Токарна	0,55	0,22	0,04	0,05	0,06	0,93

## 4 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

### 4.1 Уточнення виробничої програми

При дрібносерійному 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:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (3.2)$$

$m_i$  - маса  $i$ -ї деталі,  $m_{\text{пр}}$  - маса представника

Для деталі корпус 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{1,1}{1,27}} = 0,95$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (3.3)$$

де  $N$ -програма випуску представника, програма випуску  $i$ -ї деталі,  $N$ - показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{2000}{1800}\right)^{0.15} = 1,02$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (3.4)$$

$K_{Ti}$ ,  $K_{T.пр.}$  - середнє значення точності деталі і представника;

$R_{ai}$ ,  $R_{a.пр.}$  - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{13}{13.02}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{40,2}{43,68}\right)^{\alpha_2} = 1$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,95 \cdot 1 \cdot 1,02 = 0,969$$

Отримані результати занесено до таблиці 3.1



Таблиця 3.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Середній квалітет	Середня шорсткість	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
					масі	точності	серійності		
Кришка 18.354	1,27	13,0 2	43,68	2000	1	1	1	1	2000
Кришка 1	1,1	13	40,2	1800	0,95	1	1,02	0,969	1744
Кришка 2	1,5	14	45	2200	1,056	0,875	0,99	0,91	2013
Кришка 3	1,4	13,8	46	2100	1,04	0,9	0,99	0,927	1946
Кришка 4	1,8	14,1	46	2500	1,13	0,86	0,97	0,943	2357
Кришка 5	1,1	12	43	1500	0,95	1,125	1,04	1,11	1667
Кришка 6	0,9	11	40	1850	0,89	1,25	1,01	1,12	2079
Кришка 7	0,8	12,5	42	1900	0,86	1,06	1,01	0,92	1750
Кришка 8	0,95	13	45	2100	0,9	1	0,99	0,891	1871
Кришка 9	1,4	12	40	2100	1,032	1,125	0,99	1,149	2114
Кришка 10	2	14	44	1600	1,16	0,875	1,03	1,045	1673
Кришка 11	2,1	13,8	42	2200	1,18	0,9	0,99	1,051	2313
Кришка 12	0,5	11,1	36	4100	0,74	1,24	0,9	0,826	3386
Кришка 13	2,2	13,2	39	2400	1,2	0,97	0,97	1,129	2710
Кришка 14	1,6	13,4	41	1800	1,08	0,95	1,02	1,046	1884
Кришка 15	1,8	13	42	1600	1,13	1	1,03	1,164	1862
Кришка 16	1,4	12,2	40	2800	1,04	1,1	0,95	1,087	3043
Кришка 17	1,3	12,8	44	3100	1,01	1,025	0,94	0,973	3017
Приведена програма								39729	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інша деталь є подібні.

### 3.2 Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.5)$$

де  $T_{\text{пр}}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;  $\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;  $m$  – кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

На операції 005 трудомісткість виконання робіт складатиме:

$$T_{\text{пр}} = \frac{3,01 \cdot 39729}{60} = 1993,07 \text{ (год)}$$

Для операції 010 трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{2,39 \cdot 39279}{60} = 1582,53 \text{ (год)}$$

Для операції 015:

$$T_{\text{пр}} = \frac{1,92 \cdot 39729}{60} = 1271,33 \text{ (год)}$$

Для операції 020:

$$T_{\text{пр}} = \frac{1,67 \cdot 39729}{60} = 1105,79 \text{ (год)}$$

Для операцій 025-030:

$$T_{\text{пр}} = \frac{(0,62 + 0,82) \cdot 39729}{60} = 953,496 \text{ (год)}$$

Отже кількість верстатів 6A23 для фрезерної операції 005:

$$C_p = \frac{1993,07}{2040} = 0,9769$$

Верстатів 16Б16Ф3-31:

$$C_p = \frac{1582,53}{2040} = 0,7758$$

Верстатів 2650:

$$C_p = \frac{1271,33}{2040} = 0,6232$$

Верстатів 2105Н7Ф4:

$$C_p = \frac{1105,79}{2040} = 0,542$$

Верстатів ОС-566:

$$C_p =$$

$$\frac{953,496}{2040} = 0,4674$$

Отримані результати занесено до таблиці 3.2

Коефіцієнт завантаження для фрезерних верстатів складатиме:

$$\eta_3 = 0,9769/1 = 0,9769 = 0,8868$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці 3.2.

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці складатиме:

$$\eta=(0,9769+0,7758+0,6232+0,542+0,4674)/5=0,677 \text{ або } 67,7\%$$

Таблиця 3.2 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Фрезерна	0,9769	1	0,9769	0,677	0,7774
010	Токарно-револьверна	0,7758	1	0,7758		0,8033
015	Розточувальна	0,6232	1	0,6232		0,7604
020	Свердлильна	0,542	1	0,542		0,7425
025 030	Токарна	0,4674	1	0,4674		0,5833

### 3.3 Визначення кількості працюючих на дільниці

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

$$P=C_{пр} \cdot \Phi_{д} \cdot K_{з} / \Phi_{в} \cdot K_{м} \quad (3.6)$$

де  $C_{пр}$  – прийнята кількість верстатів, шт;

$\Phi_{в}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{м}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Наприклад для роботи на фрезерному верстаті необхідно:

$$P=3 \cdot 2040 \cdot 0,9769 / 1 \cdot 1840=1,083$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідно 3 робітника.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 4.3.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год	$K_3$	$K_m$	$P,$ чол	$P_{пр,}$ чол
Фрезерний	1	2040	0,9769	1	1,08	1
Токарно-револьверний	1		0,7758	1	0,86	1
Розточувальний	1		0,6232	1	0,69	1
Свердлильний	1		0,542	1	0,6	1
Токарний	1		0,4674	1	0,51	1

Згідно таблиці 3.3 сума всіх основних робочих - 5 чол.

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

$$P_{др}=(0,2\dots 0,25)\cdot 5=1\dots 1,25$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При великосерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР}=(0,15\dots 0,21)\cdot 5=0,75\dots 1,05$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР.

Кількість службовців при дрібносерійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 0,6-1,6% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}}=(0,006\dots0,016)\cdot5=0,03\dots0,08$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{\text{МОП}}=0,02\cdot(5+1+1+1)=0,16$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			5
Допоміжні робітники	20...25%	1...1,25	1
ІТР	15...21%	0,75...1,05	1
СКП	0,6...1,6%	0,03...0,08	1
МОП	2%	0,16	1

### 3.4 Розрахунок маси грузопотоків дільниці механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопотік масою:

$$1,73\cdot39279=50455,8 \text{ (кг)}$$

Спочатку всі деталі обробляються на фрезерному верстаті, після чого поступають до токарно-револьверного верстату, де продовжується механічна обробка. Після цього вони обробляються на розточувальному та свердлильному верстаті і закінчується обробка на алмазно-розточному верстаті, де виконується фінішна обробка отворів. Після чого вантажопотік деталей які надходять на проміжний склад становить:

$$1,27 \cdot 39729 = 50455,8 (\text{кг})$$

А вантажопотік стружки відповідно складає:

$$68731 - 50455,8 = 18275,2 (\text{кг})$$

Тобто після обробки ми отримуємо два вантажопотоки: один деталей масою 50,455 т, а інший стружки масою 18,275 т.

### 3.6 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Для перевезення вантажів із складів до ділянки використовуємо електровізки. Вони відносяться до екологічно чистого транспорту, так як їх живлення здійснюється від акумуляторних батарей. Їх кількість розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (3.7)$$

де: Q- сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду, (року) т;

q- номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

F- річний фонд часу роботи електровізка;

m- кількість змін;

$l_{\text{ср}}$ - сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;

$v_{\text{ср}}$ - середня швидкість електровізка;

$t_3$ - час на завантаження для однієї операції;

$t_p$  – час на розвантаження для однієї операції;

$K_1$  – коефіцієнт (враховує витрати часу на ремонт) використання фонду часу крана;

$K_2$  – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;

$t_{зм}$  – тривалість однієї зміни, год.

$$K_{тр} = 68,73 \cdot (144/80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 1,13$$

Приймаємо 2 електровізка.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів –5.

### 3.6 Розробка плану розташування обладнання.

При дрібносерійному типові виробництва доцільно розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. В даному випадкові спочатку розміщується карусельно-фрезерний верстат 6А23, потім токарно-револьверний верстат 16Б16Ф3-31 та вертикально розточувальний верстат 2650. Закінчується маршрут механічної обробки обробкою деталей на верстатах вертикально-свердлильному 2105Н7Ф4 та алмазно-розточном верстаті ОС-566. Після верстатів розміщено контрольний пункт та склад готових деталей. Таке розташування обладнання полегшить його обслуговування, зокрема забезпечення інструментом та пристосуваннями, не буде паралельного руху заготовок у протилежних напрямках, що ускладнює їх транспортування.

### 3.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

#### 3.7.1 Відділення по відводу та переробці стружки



Площу відділення по відведенню та переробці стружки визначаємо згідно рекомендацій [1] в залежності від кількості обладнання механічної дільниці, і вона складатиме  $80 \text{ м}^2$ .

Для вибору способу відведення та переробки стружки необхідно визначити скільки тонн стружки приходить на  $1 \text{ м}^2$  площі дільниці:

$$18,275/1296=0,014 \text{ (т/ м}^2\text{)}$$

Відповідно до рекомендацій [2] при кількості стружки до 0,3 т в рік, що приходить на  $1 \text{ м}^2$  площі цеху, доцільно збирати стружку в спеціальні ємності і доставляти до місця збирання і переробки напольним транспортом.

### 3.8.2 Відділення для приготування та роздачі охолоджувальної рідини (ЗОР), склад масел

Оскільки механічний цех є відносно малих розмірів, то відповідно приймаємо площу відділення для приготування і роздачі ЗОР рівною  $35 \text{ м}^2$ . Площа складу масел відповідно складає  $12 \text{ м}^2$ .

### 3.8.3 Контрольні пункти відділу технічного контролю

Кількість контролерів приймаємо рівною 12% від кількості основних верстатників, тобто:

$$5 \cdot 0,12 = 0,6 \text{ чол.}$$

Отже достатньо 1 контролера на дільницю.

Питома площа одного контрольного пункту складає  $6 \text{ м}^2$ .

### 3.8.4 Цеховий склад матеріалів і заготовок

Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами і заготовками. Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_{сз}=Q_{чорн} \cdot t/260 \cdot q \cdot K_{в} \quad (3.10)$$

де  $Q_{чорн}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки, 98,731 т;  $t$  – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 4 днів;  $q$  – середнє допустиме навантаження на  $1 \text{ м}^2$  корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає  $1.2 \text{ т/ м}^2$ ;  $K_{в}$  – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{сз}=68,731 \cdot 4/260 \cdot 1,2 \cdot 0,3= 2,94( \text{ м}^2)$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною  $3 \text{ м}^2$ . Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зросте і складатиме  $5 \text{ м}^2$ .

### 3.8.5 Проміжний склад

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т.п.

Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}}=Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в}} \quad (3.11)$$

де  $Q$  – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню, 50,46 т;  $t$  – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 3 дні;  $q_{\text{пр}}$  – середнє допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> корисної площі підлоги, складає 1т/ м<sup>2</sup>;  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання площ складування, 0,25.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{прз}}=50,46 \cdot 3 / 260 \cdot 1 \cdot 0,25=2,328 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 3 м<sup>2</sup>.

### 3.8.6 Інструментально-роздавальний та інші склади

Таблиця 3.5 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання	Норми площі на металорізальний верстат, м <sup>2</sup>	Кількість верстатів	Площа складу, м <sup>2</sup>	
				розрахункова	прийнята
Інструментально-роздавальний	Ріжучий допоміжний інструмент	0,4	5	2	2
	Вимірювальний інструмент	0,1	5	0,5	1
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,2	5	1	1
Інструментального оснащення	Пристосування і всі види інструмента	0,5	5	2,5	3

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14]. З врахуванням того, що на ділянці має працювати 5 металорізальних верстатів розраховано площі складів допоміжного обладнання, інструментального оснащення та інструментально-роздавального (див. таблицю 3.5)

3.9 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатника; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.

При раціональній організації робоче місце в умовах дрібносерійного виробництва повинно бути оснащене у відповідності з вимогами виробничого процесу та умовами виконання робіт з дотриманням правил санітарної гігієни та техніки безпеки.

Нормативами передбачено для кожного робітника мінімальну виробничу площу  $45\text{м}^2$  та мінімальний об'єм  $15\text{м}^3$ . Розташування обладнання на робочому місці, інвентарю, виробничих меблів, тари, стелажів для заготовок, та готової продукції планується з таким розрахунком, щоб не утворювались незручні умови праці, зайві витрати часу на переміщення по цеху та пошуки необхідних пристосувань. Освітлення робочого місця повинно бути вірним та достатнім для нормальної праці робітників. Необхідна освітленість визначається в залежності від характеру та точності роботи, розмірів об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта, що розглядається з фоном та діючими санітарними нормами. При освітленні рекомендується, щоб світло падало на об'єкт зліва або спереду. При наявності місцевого освітлення світло не повинно сліпити очі, тінь не повинна падати на деталь, що оброблюється. Зовнішнє оформлення робочих місць та виробничих приміщень повинно відповідати вимогам технічної естетики.

Кількість інструмента та пристосувань на робочому місці повинна бути мінімально необхідною для забезпечення безперервної роботи на протязі зміни

з найменшими затратами часу на отримання та їх заміну. Інструмент постачається з інструментального складу в інструментальний ящик, розташований біля кожного верстату, а з нього – в робочу зону.

Заготовки з складу заготовок перекладаються в контейнер та за допомогою ручного візка переміщуються до верстату №1. Для обробки заготовки виймаються із контейнера для заготовок та після обробки перекладаються в контейнер для готових виробів. Після обробки всіх заготовок з контейнера за допомогою візка підвозиться наступний контейнер, а в пустий контейнер, в якому була попередня партія заготовок, складаються готові вироби. Верстатник, який працює на верстаті №2 при необхідності завантажує контейнер для готових виробів біля верстату №1 на візок, перевозить його до свого верстату та встановлює на місце контейнеру для заготовок. Після обробки деталі складаються в контейнер для готових виробів. Аналогічним чином проходить переміщення деталі до верстатів №3, 4 і так далі – контейнер з готовими деталями від попереднього верстату встановлюється на місце контейнеру для заготовок наступного верстату, а в пустий контейнер від обробленої партії заготовок складаються готові вироби. Після обробки на останньому верстаті контейнер з готовими виробами перевантажується на візок та транспортується на проміжний склад.

### 3.10 Організація інструментального господарства

Номенклатуру ріжучого інструмента складають на основі розроблених технологічних процесів виготовлення виробів. Мінімальний оборотний фонд визначають за нормативами в залежності від кількості замін і одночасно працюючих інструментів. Для непотокового виробництва мінімальний оборотний фонд може бути визначений за рекомендаціями [15]. Наприклад на операції 020 виконується фрезерування поверхні, торцевою фрезою для якої період стійкості становить 4, враховуючи, що одночасно працює лише один

інструмент мінімальний оборотний фонд інструмента складатиме 5 шт. Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших інструментів і заносимо результати до таблиці 3.6.

Норма витрат інструменту за рік визначається за формулою:

$$N_i = T_{\text{сф}} / T_{\text{д}} \quad (3.12)$$

$T_{\text{сф}}$  – сумарний час формоутворення даним типорозміром інструмента всіх деталей, тобто сумарний основний час на обробку даним інструментом всіх деталей за річною програмою, в год;

$T_{\text{д}}$  – дійсний термін служби інструмента даного виду і розміру ( з урахуванням всіх можливих його переточувань), год.

$$T_{\text{сф}} = t_{\text{осн}} \cdot N / 60 \quad (3.13)$$

Де  $N$  – кількість деталей за річною програмою, що підлягають обробці із застосуванням інструмента даного виду і розміру.

$t_{\text{осн}}$  – основний час.

Наприклад час формоутворення фрезою на операції 005:

$$T_{\text{сф}} = 0,352 \cdot 39729 / 60 = 118,95 \text{ (год.)}$$

Дійсний термін служби інструмента визначається за формулою:

$$T_{\text{д}} = (L/I + 1) \cdot T_{\text{с}} \cdot \eta \quad (3.14)$$

де  $L$  – довжина робочої частини інструмента, що для фрези складає 5 мм;

$I$  – величина допустимого сточування робочої частини за одне заточування, ( 0,25 мм);

$T_c$  – період стійкості інструмента, (4);

$\eta$  - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати інструмента через руйнування (0,92).

Відповідно для фрез дійсний термін служби інструмента складає:

$$T_d = (4 \cdot 5 / 0,25 + 4) \cdot 0,92 = 83,68 \text{ год.}$$

Отже норма витрат інструменту:

$$N_i = 118,95 / 83,68 = 1,421 \text{ шт}$$

Приймаємо 2 фрези.

Максимальний оборотний фонд інструмента:

$$N = N_\phi + N_i$$

Тобто максимальний оборотний фонд торцевих фрез складає:

$$N = 2 + 5 = 7 \text{ фрези}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших типів ріжучого інструмента та заносимо результати до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Відомість потреб в різучому інструменті дільниць

№	Інструмент	Основний час обробки $t_{осц}, XВ$	Сумарний основний час обробки	Дійсний термін служби		Величина сточування, $\Gamma$ , мм	Довжина роблючої частини $L$ , мм	Кількість заточувань, $n$ ,	К-нт випадко-вих поломок $n$	Річна потреба $H_i$ , шт	Мінімальний оборотний фонд $H_{ф}$ , шт	Максимальний оборотний фонд $H$ , шт
				$T_c$ , год	$T_d$ , год							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Різець прохідний 2100-0555 ГОСТ 18869-73	0,017	675,39	1	12,88	0,5	6,5	13	0,92	53	15	68
3	Свердло центровочне 2317-0101 ГОСТ 14952-75	0,0012	46,35	0,2	10,56	0,9	55	61,11	0,55	5	10	15
4	Свердло спіральне $\varnothing 11$ 2301-3551 ГОСТ 10903-77	0,033	132,43	0,2	10,56	0,9	55	61,11	0,55	13	10	23
5	Свердло спіральне $\varnothing 18$ 2301-3627 ГОСТ 10903-77	0,002	79,46	0,2	10,56	0,9	55	61,11	0,55	8	10	18
6	Різець розточний 2142 ГОСТ 10044-73	0,039	1562,6	1,5	13,53	0,4	4	10	0,82	71	15	86



14	Свердло Ø 4,3 2301-3582 ГОСТ 10903-77	0,002	86,08	0,2	10,56	0,9	55	61,11	0,55	9	10	19
----	--	-------	-------	-----	-------	-----	----	-------	------	---	----	----

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	Різець розточний 2142-0141 ГОСТ 9795-84	0,014	556,2	1,5	22,14	0,3	5,1	17	0,82	26	15	41
14	Свердло Ø10,3 2301-3582 ГОСТ 10903-77	0,003	119,18	0,2	10,56	0,9	55	61,11	0,55	12	10	22
17	Фреза 2210-0061 ГОСТ 9304-69	0,039	1549,4	4	83,68	0,25	5	20	0,92	19	5	24
20	Мітчик машинний М5 2620-0821 ГОСТ 17931-72	0,00417	165,5	0,6	4,8	1	9	9	0,8	35	10	45
21	Мітчик машинний М12 2620-0879 ГОСТ 17931-72	0,0053	211,89	0,6	4,8	1	9	9	0,8	45	10	55

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Потрібні значні фінансові ресурси.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промислово-му комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі мат-еріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	Савуляк В. В.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	1	2	2
2	1	2	1
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	4	3
6	1	2	2
7	2	3	3
8	2	4	3
9	1	2	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	3	4	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =25	СБ <sub>2</sub> =35	СБ <sub>3</sub> =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

## 4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Кришка 18.354», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. 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 вітчизняних вантажних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 60 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 60 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту  $P_n=80\%$ ;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно  $C_n=80\%$ .

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = P \cdot P_n / 100 [\text{шт}] \quad (4.1)$$

$$P_i = 60000 \cdot 80 / 100 = 48000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ОП=Π_i/T[\text{шт}] \quad (4.2)$$

$$ОП=48000/4=12000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП=ОП \cdot C_{\pi}/100 [\text{шт}] \quad (4.3)$$

$$ПП=12000 \cdot 0,8=9600 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 [\text{шт}] \quad (4.4)$$

$$РП=(12000+9600)/2=10800 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки вантажні перевезення широко розповсюджені в нашій країні. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

#### 4.3 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.

#### 4.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні використовуються корпуси, в яких отвір не має поверхнево зміцненого шару. Тобто ця поверхня значно зношується і деталь або замінюють або ставлять втулки, що дає можливість ще деякий час експлуатувати машину. Але це вимагає додаткових затрат часу та коштів.

Нова розробка є кращою ніж аналог.

#### 4.5 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.

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.

#### 4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

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.

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.

$$K_{ap} = 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,3 = 8,1$$

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

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

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

або

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

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

$$q_3 = 5,28 / 5,1 = 1,04$$

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

Таблиця 4.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	50%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	50%

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{яв} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,04 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1.395$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 39,5%.

#### 4.7 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:

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}}$$

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

$I_{\text{ЕП}}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{беі}}}$$

$P_{\text{беі}}$   $P_{\text{неі}}$  - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{ЕП}} = 2400 / 4000 = 0,6$$

$$K = 1,395 / 0,6 = 2,32$$

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

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

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

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

$t$  – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = 9000 / 22 * 20 = 8181,82 \text{ (грн).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (4.6)$$

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	9000	409,09	20	8181,82
2	Інженер-технолог	6000	272,73	20	5454,55
Всього					13636,37

де:  $t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;  
 $n$  – число робіт по видах та розрядах,  $K_c$  – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками.  $K_c=1 \div 5$ . Приймаємо  $K_c = 1,37$   $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год.  $C_i$  визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{zm}} \left[ \frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (4.7)$$

де:  $M_m$  – мінімальна місячна оплата праці, грн.  $K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії,  $K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мініимальної заробітної плати.  $K_c=1,37$   $T_p$  – число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21 \div 23$ ,  $T_{zm}$  – тривалість зміни,  $T_{zm} = 8$  годин.

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 8500 \cdot 29,33 = 249305 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = 0,11 \cdot (13636,37 + 249305) = 28924 \text{ (грн.)}$$

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

$$(13636,37 + 249305 + 28924) \cdot 0,22 = 64210,38 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

Для багатоцільового верстата складає 0,211 год для однієї деталі, відповідно ( з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,211 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 9,5 \text{ місяців}$$

Для фрезерного верстата аналогічно:

$$0,108 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 4,9 \text{ місяця}$$

$T_{\text{нв}}$  – нормативний термін використання обладнання, 12 років

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

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

де:  $N_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 2,25 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 8 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 0,58 кг,  $C_b$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 3 грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40Х і відповідно отримаємо:

$$M = 2,25 \cdot 8 \cdot 1,1 - 0,58 \cdot 3 = 18,06 \text{ (грн.)}.$$

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.
АК 7	8	2,25	0,58	3	18,06

А для всієї партії:

$$18,06 \cdot 8500 = 153510 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

де:  $B$  – вартість 1 кВт-години електроенергії.

$P$  – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

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

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

А для всієї партії:

$$4,92 \cdot 8500 = 418,20 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{\text{ін}} = (1 \dots 3) (3_0 + 3_p) \quad (4.10)$$

$$V_{\text{ін}} = 2 \cdot (13636,37 + 249305) = 525882,7 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V = 13636,37 + 249305 + 28924 + 64210,38 + 40581,6 + 153510 + 418,20 + 525882,7 = 1076468,25 \text{ (грн)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$V_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (4.11)$$



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

Тоді

$$B_{\text{заг}}=1076468,25/0,95=1133124,47 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ=B_{\text{заг}}/\beta \quad (4.12)$$

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:

$$ЗВ=1133124,47 /0,9=1259027.19 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання корпусана з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 125,90272 тис грн.

#### 4.9 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 8500 шт. Середня ціна подібних деталей 4000 грн. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2400 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 8500 шт.;
- 2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 10000 шт.;
- 3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 8000 шт.;
- 4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 6000 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.13)$$

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  $C_0 = 450$  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;

$\Pi_0$  – 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  $\rho = 0,25$ ;

$g$  – ставка податку на прибуток.  $g = 18\%$ .

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

$$\Delta\Pi_1 = (8500 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 653411,36 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (10000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 768719,25 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (8000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 614975,4 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (6000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 461231,55 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (4.14)$$

де  $\Pi\Pi$  – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків  $\Pi\Pi$  розраховується за формулою:

$$\Pi\Pi = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta\Pi_t}{(1+\tau)^t} \quad (4.15)$$

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  $\Pi\Pi$ , що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$\Pi\Pi = \frac{65341136}{(1+0.1)^2} + \frac{768719,25}{(1+0.1)^3} + \frac{614975,4}{(1+0.1)^4} + \frac{461231,55}{(1+0.1)^5} = 1823984,52 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{\text{абс}} = 1823984,52 - 1259027,19 = 564957,32 \text{ (тис. грн.)}$$

Оскільки  $E_{абс} > 0$ , 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:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{абс} / PV} - 1 \quad (4.16)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій,  $E_{абс}$  564,957 тис.грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 1259,027$  тис. грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 564/1259} - 1 = 0,56 = 56\%$$

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

$$\tau = d + f, \quad (4.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 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  $E_B = 56\% > \tau \text{ мін} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,56 = 1,77$$

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

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 (1,77 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Законодавство України щодо охорони праці встановлює єдині вимоги до роботодавців усіх рівнів щодо створення безпечних умов праці. Але на практиці ці вимоги здебільшого не виконуються, особливо на підприємствах малого та середнього бізнесу. Тиск, обумовлений конкуренцією, примушує багатьох роботодавців економити кошти на охороні праці і розглядати профілактику травматизму і охорону здоров'я працівників як додатковий бар'єр на шляху зниження собівартості продукції та збільшення прибутку.

Відсутність економічної зацікавленості суб'єктів господарювання щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці уповільнює реалізацію заходів щодо створення безпечних умов праці. Особливістю сьогодення є те, що на більшості підприємств та установ нові роботодавці вміло розпоряджаються фінансами, але не завжди з належною увагою ставляться до проблем, пов'язаних з безпекою трудової діяльності. Організація праці, при якій ігноруються умови безпеки та гігієни праці, підриває економічну ефективність підприємства, установи, організації, їх конкурентоспроможність і не може бути основою для стратегії сталого розвитку.

Управління охороною праці в умовах ринкової економіки має вирішувати соціальні та економічні завдання як на державному рівні, так і в межах окремого об'єкта господарювання. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні зростанню ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення її безпеки, зниження виробничого травматизму і захворюваності.

Метою кваліфікаційної роботи є пошук шляхів удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25». На розробника відповідно до ГОСТ 12.0.003-74, мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень

електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискіть; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

### 5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Використання ріжучого і деформуючого інструментів для комбінованої обробки плоских поверхонь деталей передбачає попередню розробку заходів безпеки для працівника з метою мінімізації ризиків на робочому місці.

Ризик отримання травми працівником значно підвищується, якщо він працює із обладнанням чи інструментами, які потребують особливої уважності при їх використанні. Одними з таких видів обладнання є електроінструменти. Вимоги безпеки під час роботи з електрифікованим інструментом визначені чинним НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони прані під час роботи з інструментом і пристроями», затвердженим наказом Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 966. Ці вимоги є обов'язковими як для роботодавців, так і для працівників, які безпосередньо виконують роботи з цим інструментом і пристроями.

До роботи з електрифікованим інструментом допускають працівників, яким виповнилось 18 років та за результатами медичного обстеження вони не мають протипоказань для виконання цього виду робіт, які пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, мають групу допуску з електробезпеки не нижче II.

Керівник робіт та працівник повинні вміти оцінити характер і умови робіт, можливі чинники небезпеки. Адже згідно Орієнтовного переліку небезпек, при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці, затверджених наказом Міністерства соціальної політики України 29 листопада 2018 року № 1804, існують небезпеки для організму, спричинені фізичними факторами: підвищене значення електричної напруги, механічні ураження. Це потрібно зробити



для визначення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які необхідно буде застосовувати. Якщо ЗІЗ не зазначені в Нормам безоплатної видачі ЗІЗ, але передбачені іншими нормативно-правовими актами з охорони праці (правилами, інструкціями з охорони праці тощо), вони мають бути видані працівникам залежно від характеру й умов робіт, що виконуються, на строк використання (носіння) – до зношення, але не більше граничного строку використання, який вказаний в сертифікаті (декларації) відповідності виробника. Усі ЗІЗ, які використовують працівники, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту.

Також потрібно уважно ставитись до електрифікованого інструменту: інформація про те, до якої категорії належить ваш інструмент та який у нього ступінь захисту від пилу, бризок і т. ін., міститься в інструкції з його експлуатації (паспорті). Вимоги до робіт із застосуванням ручного електрифікованого інструменту містяться у Правилах безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Безпосередньо перед початком роботи необхідно перевіряти:

- відповідність напруги і частоти струму електричної мережі до напруги і частоти струму електродвигуна електроінструмента, зазначених в паспортних даних;
- надійність закріплення робочого виконувального інструменту (свердел, абразивних кругів, дискових пил, ключів-насадок та ін.).

Забороняється працювати електроінструментом з приставних драбин. Під час роботи електродрилю предмети, що підлягають свердлінню, необхідно надійно закріплювати. Забороняється торкатись до різального інструменту, що обертається. Забороняється продовження робіт електроінструментом в разі найменших ознак його несправності, або якщо особа, що працює з ним, раптом відчує хоча б слабку дію електричного струму: в обох випадках робота має бути негайно припинена, а несправний електроінструмент зданий для перевірки і ремонту.

У електроінструмента не рідше одного разу на 6 міс. перевіряється опір ізоляції струмопровідних частин, про що має бути зроблено позначку на корпусі інструмента із зазначенням дати проведення останнього випробування.

Ручний електроінструмент може закріплюватися за працівниками дня індивідуальною або бригадного користування. Працівник, який поставив свій підпис у Журналі видачі електрифікованого інструмента, автоматично бере на себе не тільки матеріальну відповідальність за його цілість, а й відповідає за його безпечну експлуатацію. Остання вимога стосується як працівника, за яким закріплено конкретний інструмент, так і інших осіб, що виконують роботи з цим інструментом.

Ризик отримання електротравми працівником потрібно виключити. Найбільш сучасним й ефективним засобом захисту працівників від ураження електричним струмом є пристрій захисного вимкнення (ПЗВ). Якщо інструмент підключити до лінії, захищеної встановленим на ній ПЗВ, то в разі будь-якого витoku струму із силою, у кілька разів меншою, ніж небезпечні для життя значення, відбувається знеструмлення лінії за менше ніж 0,1 сек.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Умови праці визначаються характером і важкістю роботи, яка виконується, а також параметрами навколишнього виробничого середовища. Плануючи робоче місце, виходять з того, щоб робітник протягом зміни не знижував встановленої продуктивності праці, витрачаючи мінімум фізичних зусиль, був захищений від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Важливе значення мають також робоча поза, темп і ритм виконуваної роботи. Виключаються статичні м'язові напруги і, як наслідок, профзахворювання (викривлення хребта, розширення вен, плоскостопість) при робочій позі, яка забезпечує розташування центру ваги тіла в межах площі опори.

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії під час розробки маршруту механічної обробки.

### 5.2.1 Мікроклімат

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність чинить мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють

умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, що оточують людину, та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення.

Незважаючи на те, що параметри мікроклімату виробничих приміщень можуть змінюватись, іноді навіть значно, температура тіла людини залишається сталою (36,6 °С). Це досягається завдяки терморегуляції – властивості організму людини підтримувати тепловий баланс із навколишнім середовищем.

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

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Оскільки в приміщенні немає джерел значного виділення тепла, для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено централізовану парова система опалення (для обігріву в холодну пору року) та система припливно-витяжної вентиляції. Крім того, здійснюється провітрювання через вікна.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час праці людина перебуває під дією цілого ряду факторів, які можуть викликати небажані наслідки. Шкідливі речовини, що виділяються в повітря робочої зони, змінюють його склад, у результаті чого він істотно може відрізнитися від складу

атмосферного повітря. У виробничих умовах у повітря можуть виділятися тверді і рідкі частки, а також пари і гази. Пари і гази утворюють з повітрям суміші, а тверді і рідкі частки –аеродисперсні системи –аерозолі.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в  $\text{мг/м}^3$ . Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони представлені у таблиці 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, $\text{мг/м}^3$		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ )	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.1294-03. Згідно з цим документом регламентують: мінімально допустимий рівень, максимально допустимий рівень, коефіцієнт уніполярності (табл..5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в $1 \text{ см}^3$	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони використовується система припливно-витяжної вентиляції, здійснюється систематичне вологе прибирання, в разі потреби – провітрювання.

### 5.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення суттєво впливає на здоров'я та працездатність працівника. Часті зміни рівнів яскравості призводять до зниження зорових функцій, розвитку стомлення внаслідок переадаптації ока. Зорове стомлення, викликане напруженою роботою та частою переадаптацією, призводить до зниження зорової і загальної працездатності.

Природний процес зниження видимості під час адаптації зору може стати причиною травмування людини, яка у цей період втрачає здатність візуального контролю свого перебування в небезпечній зоні як на виробництві, так і в процесі життєдіяльності. Для наближення часу адаптації до нуля необхідно, щоб первинна і вторинна яскравості відрізнялися не більш ніж у 3-5 разів.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, ЛК		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Норми освітленості, які необхідно забезпечити для виконання поставленого завдання, при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 5.4:

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

#### 5.2.4. Виробничий шум

У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає.

Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перетомі, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушує слух, до 120 дБ – призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10-15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення. Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку  $L_A$  в приміщенні наведені у таблиці 5.5. (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

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

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

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне розташування виробничого обладнання та дотримання рекомендованих режимів роботи та відпочинку.

#### 5.2.5. Виробничі випромінювання

Робота дослідника під час розробки маршруту механічної обробки та аналітичного огляду відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Гранично допустимі значення напруженості електричного і магнітного полів промислової частоти в залежності від часу їх впливу встановлюються ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Згідно з цим нормативним документом перебування в ЕП промислової частоти напруженістю до 5 кВ/м допускається протягом усього робочого дня. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля радіочастотного діапазону для працівника становлять  $E_{гдр} = 25$  В/м та  $B_{гдр} = 250$  нТл.

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на проектувальника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

До небезпечних та шкідливих психофізіологічних виробничих чинників належать фізичні (статичні, динамічні та гіподинамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове, зорове, емоційне).

Праця робітників науково-дослідних установ, які здійснюють розробку та проектування виробничих процесів, характеризується тривалою багатогодинною (8 год і більше) працею в одноманітному напруженому положенні, малою руховою активністю при значних локальних динамічних навантаженнях.

Робоче положення «сидячи» супроводжується статичним навантаженням значної кількості м'язів ніг, плечей, шиї та рук, що дуже втомлює. М'язи перебувають довгий час у скороченому стані і не розслабляються, що погіршує кровообіг. В результаті виникають больові відчуття в руках, шиї, верхній частині ніг, спині та плечових суглобах. Внаслідок динамічного навантаження на кістково-м'язовий апарат кистей рук виникають больові відчуття різної сили в суглобах та м'язах кистей рук; оніміння та уповільнена рухливість пальців; судоми м'язів кисті; ниючий біль в ділянці зап'ястя.

Крім того, така трудова діяльність належить до категорії робіт, які пов'язані з використанням великих обсягів інформації, із застосуванням комп'ютеризованих робочих місць, із частим прийняттям відповідальних рішень в умовах дефіциту часу, безпосереднім контактом із людьми різних типів темпераменту тощо. Це зумовлює високий рівень нервово-психічного перевантаження, знижує функціональну активність центральної нервової системи, призводить до розладів в її діяльності, розвитку втоми, перевтоми, стресу.

Оцінка психофізіологічних факторів під час виконання роботи здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

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



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

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

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;
- сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів;
- розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (%за зміну) – до 5-75%;
- щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;
- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;
- спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.
- навантаження на голосовий апарат ( протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

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

Режим праці:

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

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

5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань

5.3.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи.

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і

т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т.д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеною на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8 - 150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяють регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до долей Ом.

5.3.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, мікросхеми, випрямлячі, магнітні матеріали, транзистори, діоди, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники.

Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК [] наведені в таблиці .5.6.

Таблиця 5.6. – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для елементів системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр.i}$ , Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}$ , Р
Індуктивні матеріали	$10^6$	10 <sup>4</sup>
Інтегральні схеми	$10^4$	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистивні елементи	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	$10^{10}$	
Транзистори, діоди	$10^4$	
Мікросхеми	$10^5$	
Випрямлячі	$10^6$	
Магнітні матеріали	$10^{10}$	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає  $D_{гр}=10^4$  Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{\text{сп. min}} = \frac{D_{\text{сп}} \cdot K_{\text{noc}}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де  $t_n=1$ ,  $t_k=10 \text{ років}=87601 \text{ год}$  – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;  
 $K_{\text{noc}} = 5$  – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

..3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» 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  $K_{B \text{ min}} = 40$  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, %.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК визначається з рівняння

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}},$$

$$\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\text{Г}} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ (В)}.$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\text{Г}}}{l_{\text{Г}}} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ (В/м)}.$$

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.

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання ділянки механічної обробки деталі типу «Кришка 18.354» розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

## ВИСНОВКИ

В роботі розроблена модель для холодного осадження заготовки типу кришка. Виконано розрахунки, що дозволили підібрати розміри деформуючого елемента та кількість переходів і отримати заготовку за формою близьку до деталі. Це дозволило значно зменшити собівартість деталі оскільки відсутня механічна обробка і немає металу, що іде в стружку.

Оскільки на дільницю виготовляються і інші деталі типу кришка, які не можуть бути отримані таким способом. То для кришки 18.354 розраховано спосіб отримання заготовки (лиття в кокіль) і розроблено маршрут механічної обробки.

В технологічній частині роботи визначений тип виробництва - дрібносерійний і форми організації роботи (групова), виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів. Вибір способу виготовлення заготовки був виконаний на основі сучасних наукових досягнень. Результатом вибору є лиття в кокіль. Проведено розрахунки припусків на обробку, здійснений вибір чистових і чорнових технологічних баз, спроектований технологічний процес, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу та проектування дільниці механічної обробки деталі. Технологічний маршрут механічної обробки заготовки був розроблений на основі типових технологічних процесів подібних деталей, що дало змогу прискорити процес проектування і покращити якість розробки. Обладнання для обробки заготовки було вибрано з урахуванням нових тенденцій обробки металу різанням, з урахуванням можливості використання високопродуктивних методів обробки. Саме тому акцент було зроблено на виборі верстатів з ЧПК. Вибір моделей верстатів, способів виготовлення заготовки виконаний на основі техніко-економічних розрахунків, що дало можливість вибрати оптимальний варіант.

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 (1.77 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою

Проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 18.354», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Autodesk PowerMill [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.powermill.com/ru/>.152. Archetti C., Hertz A., Speranza M.G. A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem / C. Archetti, A. Hertz, M.G. Speranza // Transportation Science, 2006. – Vol. 40. – P. 64-73.
2. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу: [https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANgsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN\\_7IbFRyepPd9zYDUE\\_nX2QPIMyQUaAjmLEALw\\_wcB](https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANgsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUE_nX2QPIMyQUaAjmLEALw_wcB)
3. FlowVision [Електронний ресурс].–Режим доступу: <https://sapr.ru/article/21879>
4. ANSYS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sharenet.ca/help/index.php/ANSYS>
5. ABAQUS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://tesis.com.ru/cae\\_brands/abaqus/](http://tesis.com.ru/cae_brands/abaqus/)
6. Особливості фрезерної обробки деталей з просторово-складними поверхнями [Електронний ресурс] // Погляд у майбутнє приладобудування №12. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27843>.
7. 3D Parts Milled with iMachining 3D + HSM [Електронний ресурс] // Solidcam. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.solidcam.com/hh/cam-megoldasok/cammodulok/hsm-3d-nagysebessegu-megmunkalas/>.
8. HSR/HSM Modules for 3D High Speed Milling [Електронний ресурс] // Solidcam. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.solidcam.com/hh/cam-megoldasok/cammodulok/hsm-3d-nagysebessegu-megmunkalas/>
9. Cordeau J. F., Laporte G., Røpke S. Recent models and algorithms for on-to-one pickup and delivery problems / J. F. Cordeau, G. Laporte, S. Røpke // The

Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges. – Springer, 2008. – P. 327–357.

10. D. Aksen. Open vehicle routing problem with driver nodes and time deadlines / D. Aksen, Z. zyurt, N. Aras // Journal of the Operational Research Society, 2006. – Vol. 58. – Iss. 9. – P. 255-261

11. 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.

12. Prediction of shrinkage and warpage in consideration of residual stress in integrated simulation of injection molding. Computer Aided Materials Processing Laboratory ME3227, Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 373-1 Gusongdong, Yusonggu, Taejon 305-701, South Korea

13. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.

14. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/ П.П.Мельничук, А.І.Боровик, П.А.Линчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с

15. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О.Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.

16. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с

17. Огородніков В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородніков, В. Г. Нахайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Дусанюк Ж. П. Проектування 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.

22. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с

23. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування :навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

24. Дерібо О. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 114 с.

25. Кован В. М. Расчет припусков на обработку Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістрських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.

26. Наказ МОЗУ №528 від 27.12.2001 «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

27. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL:

[http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=71028](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028).

28. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php).

29. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

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

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

32. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=88004](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004).

33. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

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

35. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

36. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf).

Додаток А  
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

**ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Кришка 18.354".

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

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

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність \_\_\_\_\_ Схожість \_\_\_\_\_

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Сердюк О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи \_\_\_\_\_ Опанасенко О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сердюк О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

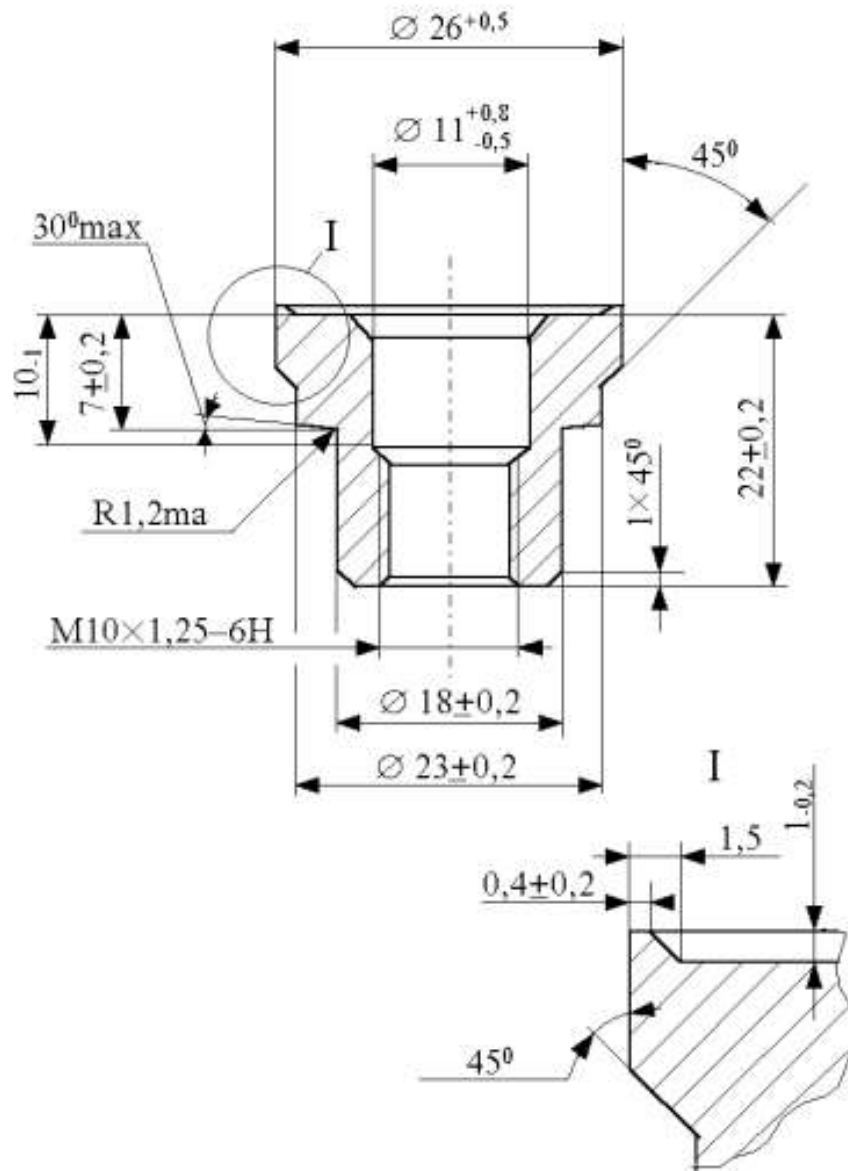
Додаток Б  
(обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ

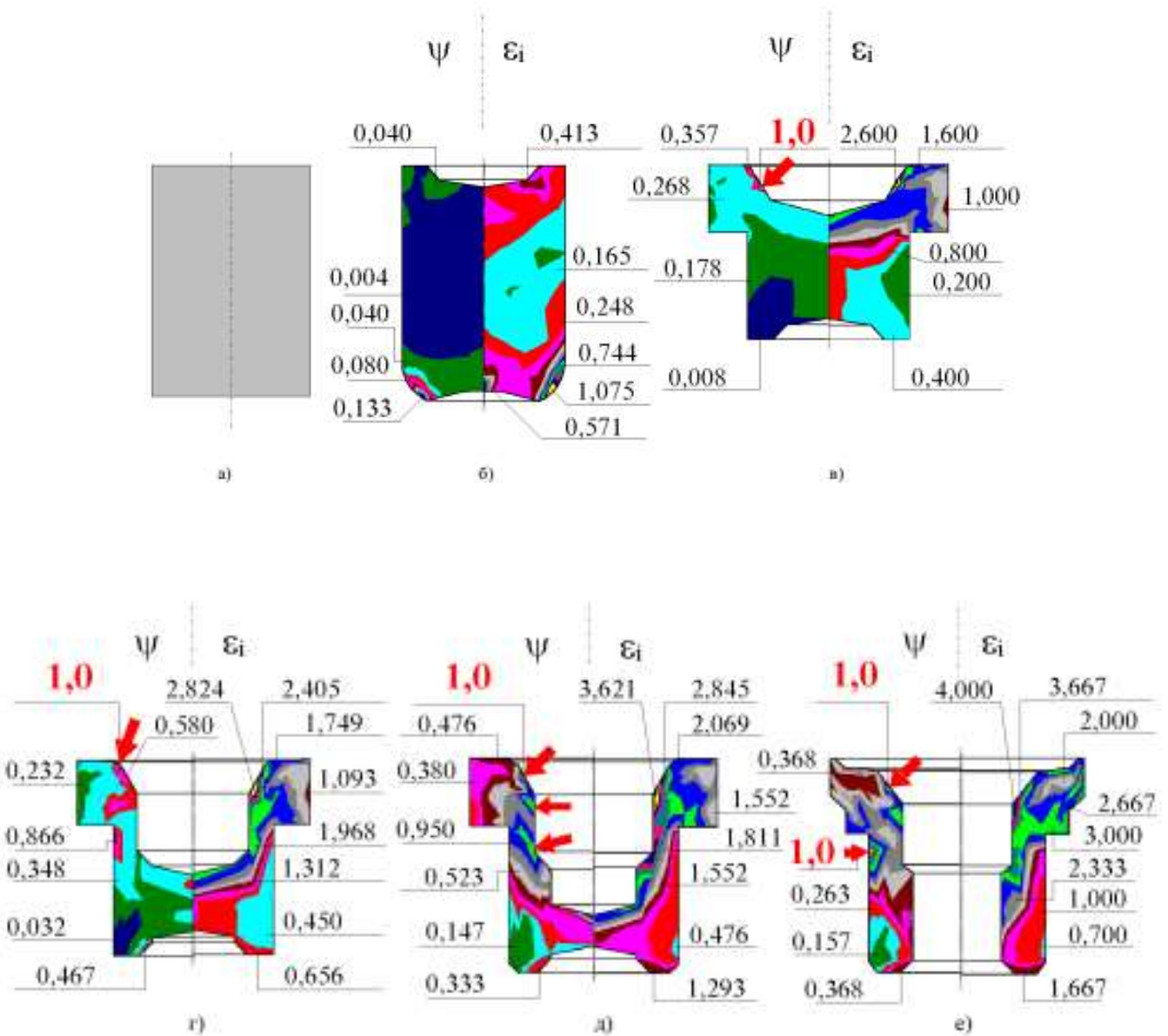
"КРИШКА 18.354"

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ОСАДЖЕННЯ  
ЗАГОТОВКИ

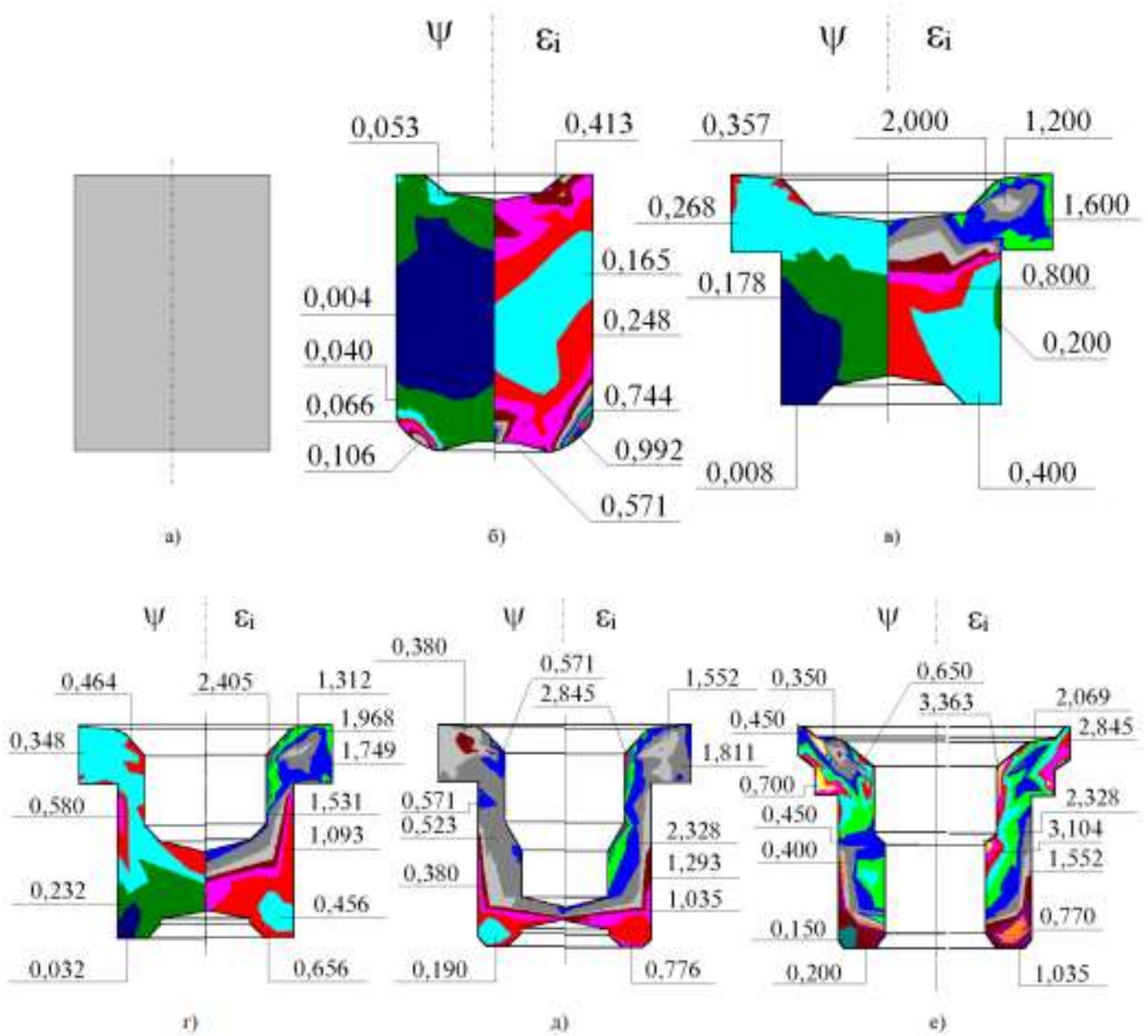


Втулка

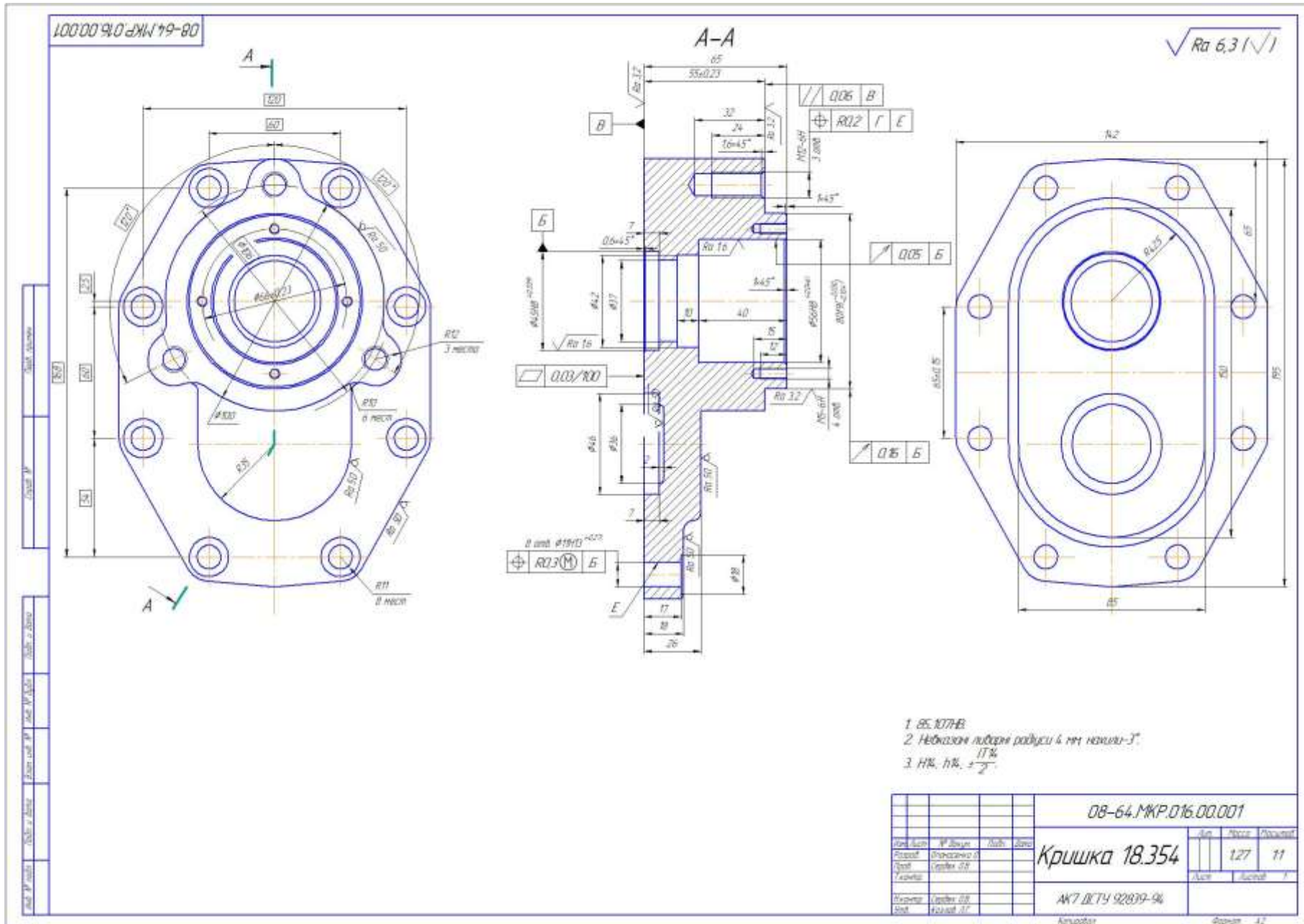


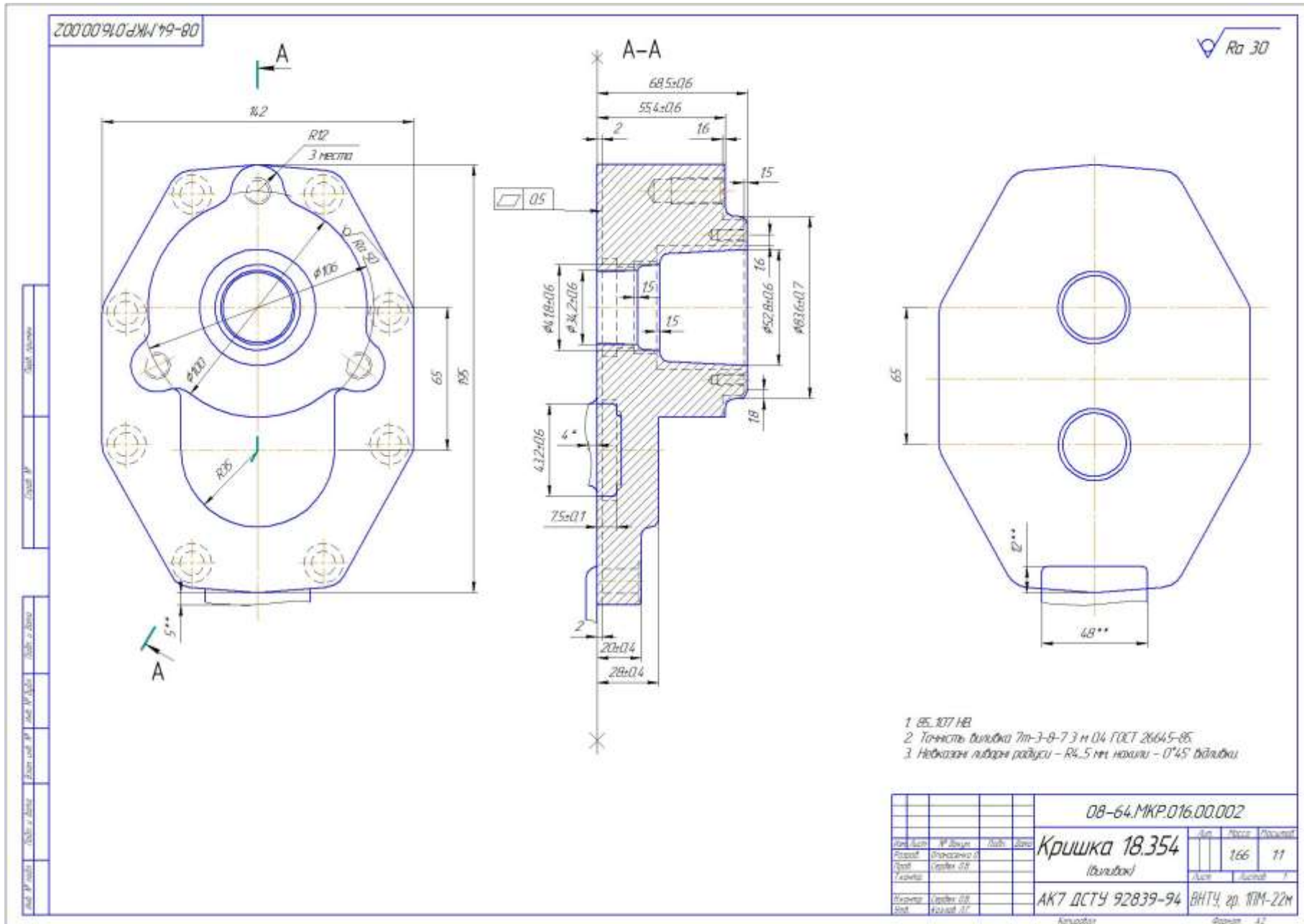


Поля накопичення інтенсивності деформацій і використаного ресурсу пластичності по переходам штамповки втулки ( а- заготовка, б – переход перший, в- другий, г-третій, д-четвертий, е-пятый)

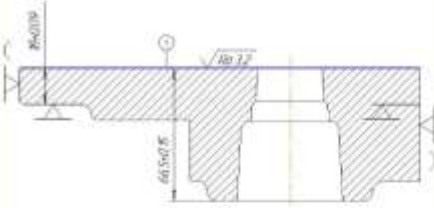
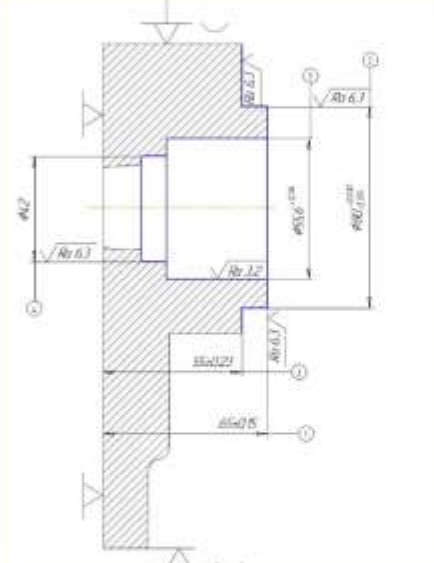
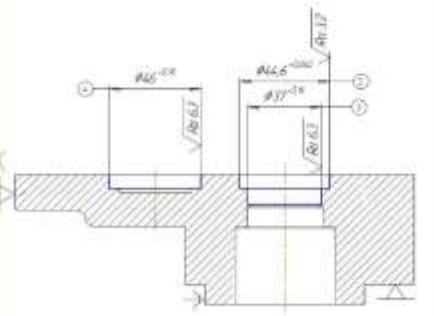


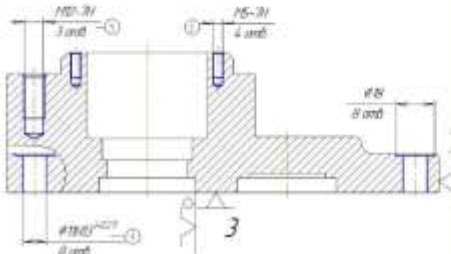
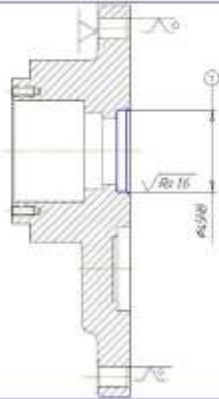
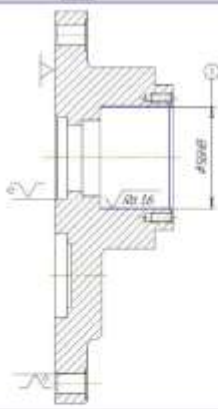
Поля накопичення інтенсивності деформацій і використаного ресурсу пластичності по переходам штамповки втулки – удосконалений варіант ( а-заготовка, б – переход перший, в- другий, г-третій, д-четвертий, е-пятий)





## Маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема установки та ескіз обробки	Обладнання
005	<p><u>Фрезерна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно</li> <li>4. Зняти деталь</li> </ol>		Карусельно-фрезерний верстат класу верстат 64.23
010	<p><u>Токарно-револьверна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Точити поверхню 1, торець 2 та поверхню 3 попередньо</li> <li>3. Розточити фаску та отвори 5 попередньо в розмір <math>\Phi 54.2 \pm 0.12</math> та 4 одночасно в розмір згідно ескізу</li> <li>4. Розточити отвір 5 остаточно в розмір згідно ескізу</li> <li>5. Точити поверхню 1, торець 2 та поверхню 3 остаточно</li> <li>6. Зняти деталь</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат 16Б16Ф3-31
015	<p><u>Розточувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити</li> <li>2. Розточити отвір 4 однократно в розмір згідно ескізу</li> <li>3. Розточити отвір попередньо в розмір <math>\Phi 42.2^{+0.12}</math></li> <li>4. Розточити отвір 3 однократно в розмір згідно ескізу</li> <li>5. Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу</li> <li>6. Зняти заготовку</li> </ol>		Вертикально-розточувальний 2650

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема установки та ескіз обробки	Обладнання
020	<p><b>Свердильна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Центрувати 8 отворів 1, 4 отвори 2 та 3 отвори 3</li> <li>3 Свердлити 8 отворів 1 в розмір згідно ескізу</li> <li>4 Цекувати 8 отворів 1 в розмір згідно ескізу</li> <li>5 Свердлити 4 отвори 2 в розмір <math>\phi 4,3</math></li> <li>6 Свердлити 3 отвори 3 в розмір <math>\phi 10,3</math></li> <li>7 Нарізати різь в 4 отворах 2 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Нарізати різь в 3 отворах 3 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>9 Зняти деталь</li> </ol>		Вертикально-свердильний з ЧПК 2105Н7Ф4
025	<p><b>Токарна з ЧПУ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Розточити отвір <math>\phi 45H8</math> 1 та фаску 2 тонка</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>		Токарний з ЧПК МК6801Ф3
030	<p><b>Токарна з ЧПУ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь</li> <li>2. Розточити отвір <math>\phi 56H8</math> 1 тонка</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>		Токарний з ЧПК МК6801Ф3
035	<p><b>Слюсарна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Притупити гострі кромки</li> </ol>		
040	Контроль		

Размірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>9</sub>	Z <sub>10</sub>	Z <sub>11</sub>	Z <sub>12</sub>
Допуск	1.2	1.2	0.7	0.84	1	0.18	0.18	0.3	0.25	0.25	0.18	
Номинальні розміри	68.8	57.3	16.9	24.1	40	17.8	38	65	7	35.1	19	

Продукт	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	
Граничні значення	Z <sub>max</sub>	0.25	0.8	0.25	0.8	0.25	0.8
	Z <sub>min</sub>	0.82	1.85	0.55	4.56	1.15	7.50

