

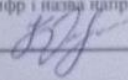
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

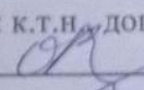
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

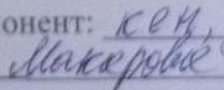
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КРИШКА В-7»
МКР.08-26.008.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-21м
спеціальності 131 – Прикладана механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Олексюк Б.І.
(прізвище та ініціали)

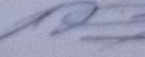
Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ
 Сердюк О.В.
(прізвище та ініціали)

«10» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., доц каф. ТАМ
 Макарова Н.В.
(прізвище та ініціали)

«16» 12 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

«15» 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 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.

10 жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Олексюк Богдан Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Кришка В-7"

керівник роботи к.т.н., Сердюк Ольга Валентинівна
затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року № 205-А

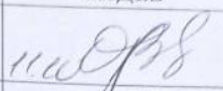
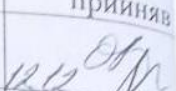

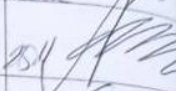
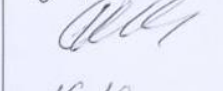
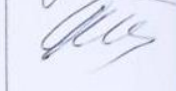
2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі Кришка В-7,
програма випуску 3500шт
матеріал АЛ9 ГОСТ 1412-79

4. Зміст текстової частини: огляд програмних заходів геометричного та імітаційного моделювання, моделювання та дослідження редуктора ввінтокрила, технологія виготовлення деталі типу кришки В-7, економічний розгляд, охорона праці та безпека життєдіяльності

5. Перелік ілюстративного матеріалу
кришка В7 заготовка, маршрут механічної обробки, розширений аналіз технологічного процесу, карта налагодження пристосувань фрезерні, складальне креслення редуктора ввінтокрила.

6. Консультанти розділів роботи

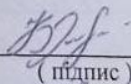
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н. Сердюк О.В.		
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.		
		16.10	25.11

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 15.10.2022
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 15.10.2022
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2022
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2022
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2022
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2022
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2022
	Попередній захист МКР	до 12.12.2022
	Перевірка роботи н плагіат	до 14.12.2022
	Нормоконтроль МКР	до 16.12.2022
	Рецензування МКР	до 17.12.2022
	Захист МКР	до 22.12.2022

Студент


(підпис)

Олексюк Б. І.

Керівник роботи



Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374.415

Олексюк Б.І. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Кришка В-7". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2022. 157 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 35; табл. 29.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено 3d модель редуктора гвинтокрила та виконано дослідження її деталей на деформації та напруження. Для деталі кришка В-7 виконано оптимізацію конструкції шляхом дослідження процесу лиття та заповнення форми. Для цієї ж деталі розроблено маршрут механічної обробки.

Графічна частина складається з 12 плакатів.

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: моделювання, лиття, деформації, маршрут механічної обробки, напруження.

МКР 131

ТАМ
Прикладна механіка

ABSTRACT

Oleksyuk B.I. Improvement of the design and technological process of processing the workpiece of the "Cover B-7" part. Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - Mechanical engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2022. 157 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 34 titles; Fig.: 35; table 29.

In the master's qualification work, a 3d model of a rotor gearbox was developed and its details were studied for deformation and stress. For the part of the B-7 cover, optimization of the design was carried out by studying the process of casting and filling the mold. A machining route has been developed for the same part.

The graphic part consists of 12 posters.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

Key words: modeling, casting, deformations, machining route, stresses.

МКР 131

TAM

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	9
1.1 Геометричне моделювання в системах автоматизованого проектування	15
1.1.1 AutoCad	15
1.1.2 SolidWorks	16
1.1.3 КОМПАС	18
1.1.4 CATIA	19
1.2 Системи автоматизації інженерних розрахунків	20
1.2.1 FlowVision	20
1.2.2 ANSYS	21
1.2.3 ABAQUS	23
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕДУКТОРА ГВИНТОКРИЛА	25
2.1 Моделювання редуктора гвинтокрила	25
2.2 Визначення зусиль в зачепленнях	36
2.3 Визначення реакцій в опорах валів	37
2.4 Дослідження редуктора засобами solid works	39
2.5 Числове моделювання лиття під тиском	43
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КРИШКА В-7	45
3.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	45
3.2 Вибір способу виготовлення заготовки	49
3.3 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	56
3.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	59

3.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	61
3.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	63
3.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	65
3.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	71
Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	77
3.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	83
3.11 Проектування ділянки механічної обробки	86
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	94
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	94
4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	95
4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	96
4.4 Оцінювання	104
4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	104
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	109
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	109
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	111
5.2.1 Мікроклімат	111
5.2.2 Склад повітря робочої зони	112
5.2.3 Виробниче освітлення	114
5.2.4 Виробничий шум	114
5.2.5 Виробничі випромінювання	115
5.3 Пожежна безпека	116
5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі	117
5.3.2 Технічні рішення	118

ТАМ

ДІРКЛАННА МЕХАНІКА

МКР 131

ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	122
Додаток А (обов'язковий) ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	126
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	128
Додаток В (обов'язковий) Специфікації	150

МКР 131

Прикладна механіка

ТАМ

ВСТУП

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

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу 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 вузла засобами solid works;
- провести аналіз впливу навантаження на можливі руйнування деталей;
- 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»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- 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».

Методи дослідження. Метод кінцевих елементів, що дозволив дослідити процес роботи редуктора. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка».

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

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

LI Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту.

Сердюк О.В., Олексюк Б.І., Корчинський О.А. «Вплив технологічних параметрів на шорсткість поверхні при суміщеній обробці» в Матеріали конференції «LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)», Вінниця, 2022. [Електронний ресурс].

Режим

доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2022>

022 Дата звернення: Груд. 2022

1 ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Модель – абстрактне представлення реального процесу, пристрою чи концепції, що призначене для представлення певних аспектів реальності і дозволяє отримати відповіді на поставлені питання. Моделювання завжди робиться з припущеннями різного роду та характеру, але не дивлячись на припущення потрібно зберігати наступні вимоги до моделей:

- адекватність – відповідність моделі досліджуваній системі та наявність всіх необхідних зв'язків. Оцінити адекватність обраної моделі на початку моделювання коли є досить багато невідомих доволі складно. В таких ситуаціях використовують досвід минулих розробок та зазвичай опираються на метод послідовних наближень;

- точність – ступінь наближення реальних результатів моделювання до бажаних, розрахованих заздалегідь чи отриманих експериментальним шляхом. Важливим завданням є оцінка потрібної точності результатів і точності вихідних даних, яку може забезпечити модель, узгодження їх як між собою;

- універсальність – вимога що визначає чи можна застосовувати конкретну модель до ряду подібних, однотипних систем;

- доцільна економічність, тобто наскільки доцільно використовувати ресурси для створення та обрахунку конкретної моделі. Досить часто потрібно знаходити компроміс між витраченими ресурсами та часом моделювання, хоча і зараз з розвитком технологій можна затратити більше ресурсів та отримувати результат швидше;

Похибки при виконанні моделювання зумовлюються доволі об'єктивними причинами пов'язаними в основному зі спрощенням реальних систем, а також браком інформації в досліджуваній області. Проте такі похибки зазвичай можна врахувати або запобігти їхню появу. Оцінку точності моделі проводять такими способами: [3]

- порівнюють відповідність результату фізичним властивостям реального об'єкта. Але такого роду перевірка вимагає досить великого досвіду роботи та повного розуміння того як працює система, для того щоб представляти якого характеру будуть отримані результати. Точність такого уявлення залежить тільки від розвиненості фізичної уяви та досвіду;

- перевіряють виконання очевидних умов при моделювання що дозволяє запобігти хибним рішенням;

- перевіряють дотримання зміни, попередньо дослідивши систему монотонність, циклічність, плавність і т. п.; [3]

- перевіряють дотримання розмірності отриманого результату (особливо при роботі з аналітичними виразами). [3]

Для того щоб точно провести розрахунки безглуздо використовувати грубі вимірювальні прилади та прилади які мають досить низьку точність. Проте коли потрібно використати обчислення наближено то недоцільно використовувати точні метрологічні прилади, тому важливо пам'ятати:

- точність результатів моделювання не може перевищити точність вхідних даних;

- вид обраної моделі повинен відповідати точності вимірювальних приладів та повинен бути обумовлений відповідно до точності очікуваного результату

- точність результатів не повинна виходити за рамки реальності, потрібно здорово оцінювати можливості.

За способом абстрагування від дійсності розрізняють лише три основні види моделей - евристичні, натурні (ще часто називають фізичними) та математичні:

Евристичні моделі - це абстрактні образиси, що виникають у свідомості людини. Зазвичай такі моделі описуються на словах, таке представлення являється доволі суб'єктивним та неоднозначним. Ці моделі є формальні, вони не описуються математичними або логічними виразами, хоча вони й були створені при спостеріганні над реальними природними явищами.

Евристичне моделювання – це в першу чергу спосіб для представлення чогось нового, зазвичай якась нова ідея яка ще немає будь-якої реалізації. Абстрактне мислення такого роду залежить лише від рівня уяви людини. Евристичні моделі використовують лише на початку моделювання коли потрібно представити архітектуру системи досить спрощено та лише для того щоб правильно розрахувати приблизні об'єми роботи. Згодом такі моделі замінюють на більш точні, наприклад математичні чи натуральні.

Натуральні моделі – це моделі які є досить подібними до реальних систем, а відмінність може полягати в розмірах, матеріалі елементів, тощо. Саме фізичні моделі набули досить широкого застосування. Такі моделі являються певного роду копіями досліджуваних об'єктів – випадок при якому між параметрами системи і моделі ідентичних фізичних ознак присутній доволі тісний зв'язок. Розміри таких моделей зазвичай проектують в певному масштабі з розмірами реального фізичного об'єкта. Фізичні моделі поділяють на об'ємні та плоскі або по іншому макети та тремплети: [3]

- у цьому випадку під моделлю це система або прилад, який являється спрощенням досліджуваного об'єкта або дозволяє змодельовати досліджуваний процес чи явище. Це можуть бути зменшені моделі, які є точними копіями досліджуваних об'єктів але виконані в певному масштабі;

- тремплет – виріб який являється плоским відображенням об'єкта, виконаний з певним масштабом, та представлений як спрощена ортогональна проекція або контурне креслення. Тремплете вирізають з картону або плівки та зазвичай використовують при проектуванні чи дослідженні споруд, будинків, різного плану установок, тощо.

- макет це поєднання моделі та тремплета.

Фізичне моделювання дозволяє перевіряти гіпотези та результати розрахунків. Фізичне моделювання охоплює все різноманіття явищ, процесів та систем. Проте це досить важкий метод моделювання що потребує досить велику кількість ресурсів. Це трудомісткий і доволі дорогий процес, який не являється універсальним. Але попри це з фізичними моделями впродовж усіх

можливих етапів розробки.

Математичні моделі – складаються із сукупностей різних взаємопов'язаних математичних і логічних виразів, що в повинні в повній мірі відображати реальні процеси і явища (фізичні, психічні, соціальні і т. д.). За формою подання бувають: [3]

- аналітичні моделі. При таких випадках рішення задачі знаходять в замкненому вигляді, як функціональні залежності. Досить зручні при описі суті процесу чи явища проте потребують досить серйозних затрат на розрахунки. Вони використовуються в математичних моделях, хоча пошук рішень буває досить складним;

- чисельні моделі. Їх рішення – таблиці, це дискретний чисельний ряд. Такі моделі є універсальні та зручні коли потрібно вирішити складну задачу. Основним недоліком таких моделей є те що вони досить трудомісткі при аналізі і встановленні взаємозв'язків, з ними досить складно працювати без обчислювальної техніки. Тому такі моделі відтворюють у вигляді програмних комплексів для розрахунків – програмні пакети. Програмні пакети такого роду бувають як і універсальними і складаються з бібліотеки великої кількості математичних примітивів чи можуть бути підігнані під конкретну досліджувану область; формально-логічні інформаційні моделі - це моделі, створені на формальній мові.

Розрізняють наступні способи побудови математичних моделей:

- аналітичний – обумовлення за допомогою математичних формул, які впливають з теорем та аксіом, фізичних законів;

- експериментальний – при обробці отриманих експериментальних даних підбору прогнозуючого чи апроксимуючого алгоритму, або навчання штучної нейронної мережі та отримання графа для прогнозування.

Математичні моделі являються найбільш дешевими та універсальними, а також надають можливість поставити ідеальний експеримент (тобто в межах точності моделювання досліджувати вплив лише конкретного параметра, при тому що інші будуть залишатися незмінними), прогнозувати розвиток

експерименту над процесом чи конкретним явищем, знайти способи управління ним. Математичні моделі лягли в основу комп'ютерних моделей і широко використовуються в обчислювальній техніці.[1]

Результати математичного моделювання обов'язково потрібно перевіряти та співставляти з результатами фізичного моделювання, для того щоб перевірити отримані данні чи можливо доповнити модель і тим самим підвищити точність.

З розвитком технологій можна проводити комп'ютерне моделювання систем з досить високою точністю за допомогою CAE та CAD систем. Таке моделювання називають імітаційним. При імітаційному моделюванні математично реалізований алгоритм відтворює процес функціонування системи в часовому інтервалі. Імітуються прості явища, що являють собою процес який зберігає в собі логічні умови та так само послідовно протікає в часовому інтервалі. Основною перевагою імітаційних моделей в порівнянні з аналітичними є можливість вирішення набагато складніших завдань. Імітаційні моделі дають можливість досить легко враховувати наявність дискретних або цілісних елементів, їхні нелінійні характеристики, вплив випадкових характеристик та ін.

Тому цей метод широко застосовується на етапі проектування складних систем.

Основним засобом реалізації імітаційного моделювання служить CAE система, що дозволяє здійснювати цифрове моделювання систем і сигналів.

В імітаційному моделюванні використовується модель відтворює алгоритм та фізику життєвого циклу досліджуваної системи в часовому інтервалі при різних поєднаннях початкових умов системи та навколишнього середовища. Прикладом найпростішої аналітичної моделі може бути

рівняння прямолінійного рівномірного руху. При дослідженні процесу такого характеру за допомогою імітаційної моделі має бути реалізовано спостереження за зміною пройденого шляху в часовому інтервалі.

[4]

В одному випадку аналітичне моделювання є більш прийнятним і краще відтворить досліджувану систему, але й буває навпаки, імітаційне (або поєднання цих маделювань).

Імітаційні моделі не тільки відповідають всім властивостям модельованого об'єкта, але і відтворюють повною мірою структуру. При цьому є повна відповідність між процесами та явищами які відтворює модель і процесами які протікають на досліджуваному об'єкті. Недоліком імітаційного моделювання є великий час вирішення завдання для отримання хорошої точності.

Результатом імітаційного моделювання роботи стохастичною системою є реалізаціями випадкових величин або процесів. Тому для знаходження характеристик системи потрібно не один раз повторити моделювання і для кожного разу знову проводити обробку даних. Зазвичай при таких випадках використовують різновид імітаційного моделювання, такий як статистичне моделювання (або метод Монте-Карло), тобто відтворення в моделях випадкових факторів, певного роду подій, які провокують зміну тих чи інших величин, випадкових процесів (полів, які будуть спрямовані на об'єкт. За результатами статистичного моделювання визначають оцінки імовірнісних критеріїв якості. Вони бувають загальними та приватними, а також характеризують функціонування і ефективність керованої системи. Статистичне моделювання широко застосовується для вирішення наукових і прикладних задач в різних областях науки і техніки. Методи статистичного моделювання широко застосовуються при дослідженні складних динамічних систем, насамперед оцінці їх функціонування і ефективності та наочності процесів які протікають в таких системах, зазвичай для неозброєного ока це досить складно.

Заключний етап статистичного моделювання полягає у математичній обробці отриманих результатів. В такій обробці використовують методи математичної статистики (перевірку гіпотез, параметричне і непараметричне оцінювання)

1.1 Геометричне моделювання в системах автоматизованого проектування

1.1.1 AutoCad

AutoCad (Automated Computer Aided Drafting and Design) - двоовимірний і тривимірний система автоматизованого проектування, розроблена компанією Autodesk. Перша версія системи була випущена в 1982 році. AutoCAD і спеціалізовані додатки, які увійшли в програмний комплекс, знайшли широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема в машинобудуванні та приладобудуванні. Програма має досить хорошу адаптацію і підтримує 18 мов. Рівень локалізації доволі різний, від повної адаптації мовного пакету до перекладу тільки довідкової документації. Російськомовна повністю локалізована і вбудована в інтерфейс командного рядка і всю документацію. [5]

В області двовимірного проектування AutoCAD, дозволяє використовувати елементарні графічні елементи, які ще називають примітивами, такі як лінія, коло, точка, тощо, для побудови більш складних об'єктів. Крім того, програма надає досить широкі можливості роботи з кресленнями, дозволяє розбивати один об'єкт на декілька шарів і працювати з анотаційними об'єктами (розмірами, текстом, позначеннями). Використання механізму зовнішніх посилань (XRef) досить зручне і дозволяє дискретизувати одне креслення на декілька файлів, що досить зручно для роботи в команді. Завдяки динамічним блокам користувачі без використання програмування. Також мова програмування загального призначення LISP являє собою досить зручний інструментарій для створення шаблонів примітивів різного роду. [6]

AutoCAD надає повний набір інструментів для 3D проектування, також можна імпортувати деталі в інші програмні засоби.

З нових можливостей AutoCAD можна виділити досить зручну річ для сучасної людини, а саме підтримка хмарних сховищ. Вхід і розвиток програмного пакету було створено веб додаток, в якому так само можна

редагувати та розробляти креслення на будь-якому пристрої що під'єднаний до мережі інтернет, також був створений і мобільний додаток з меншим функціоналом. Перевагою хмарних сховищ є доступність матеріалів будь де та будь коли а також їхнє резервне зберігання, що запобігає втраті цінних файлів. Також додана підтримка мови JavaScript.

Також AutoCAD вміщає в себе доволі корисні модулі. Модуль Architecture спрощує роботу в створенні плану етажів, фасадів та інших елементів споруд. AutoCAD Electrical додає змогу проектувати електричної мережі для створення, зміни та документування електричних управляючих систем. Модуль MAP 3D створений для розробки планів місцевості, ландшафту та вміщує в собі базу топології ГІС.

1.1.2 SolidWorks

SolidWorks - програмний комплекс САПР для автоматизації робіт підприємства на етапах розробки конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Забезпечує розробку виробів будь-якого рівня складності і призначення. Програмне забезпечення доступне для операційних систем сімейства Microsoft Windows. Розроблено SolidWorks Corporation, створеної Джоном Хірштіком, пізніше у 1997 році є підрозділом компанії Dassault Systemes (Франція). Розробка програмного забезпечення розпочалася у 1993 році, перший програмний комплекс був доступний для продажу у 1995 і створив конкуренцію таким продуктам: AutoCAD і Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS і Pro / ENGINEER. Програмний комплекс SolidWorks – це перший САПР, який підтримує твердотільне об'ємне моделювання для операційних систем Windows. [7]

В SolidWorks можна однаково успішно працювати як з об'ємними тілами, так і з плоскими поверхнями. Зазвичай, деталь являє собою тверде тіло, поверхня якого це поїднання різноманітних форм будь-якого характеру. Процес побудови 3D-моделі полягає у створенні простих геометричних примітивів та на виконанні різних операцій над ними. Модель складається зі

стандартних елементів, що часто називають блоками і може бути змінена шляхом додавання або видалення цих елементів, або зміни параметрів блоків.

Характеристики 3D-моделі поною мірою описують фізичні властивості об'єкта (обсяг, маса, моменти інерції) і дають конструктору змогу працювати в віртуальному 3D-просторі. Це надає досить точно відтворити комп'ютерну модель до вигляду майбутнього виробу та виключити громіткий етап макетування. [7]

Останнім часом розробники SolidWorks приділяють досить багато уваги роботі зі збірками, кількість компонентів яких може становити десятки і сотні тисяч одиниць. Моделювання такого роду збірок потребує досить багато ресурсів комп'ютера навіть тоді коли не брати до уваги зв'язки між деталями, тому в нових версіях програмного комплексу включений спеціальний монітор ресурсів, що правильно розділяє процеси в окремі потоки та вмикає файли підкачки при високому завантаженні оперативної пам'яті.

У стандартну конфігурацію SolidWorks входить модуль швидкого аналізу міцності – COSMOSXpress – це більш легка версія програми COSMOS / Works і призначена насамперед для інженерів-конструкторів які не володіють широкими знаннями в теорії кінцево-елементного аналізу міцності. Даний модуль дає можливість конструктору урахувати де розташовані концентрації напружень, оцінити де можна зменшити кількість матеріалу без втрати міцності тим самим полегшити деталь та зробити її вартість в виробництві меншою.

COSMOSXpress виконаний у вигляді програми-помічника, що вказує користувачеві послідовність кроків, які потрібні для ініціалізації розрахункової моделі і проведення моделювання для аналізу. Вікно роботи з COSMOSXpress, як і SolidWorks, також перекладений російською мовою.

В програмному комплексі SolidWorks не можна автоматично створювати креслення до відповідної тривимірної моделі, виключаючи помилки конструктора, що зазвичай виникають при зображенні об'єкта на кресленні вручну. SolidWorks підтримує наступні стандарти креслень: GOST, ANSI, ISO,

DIN, JIS, GB і BSI. Креслення SolidWorks володіють двостороннім зв'язком з тривимірними моделями, таким чином розміри на кресленнях завжди відповідають розмірам тривимірної моделі.

До складу базового програмного комплексу SolidWorks входить спеціальний інтерфейс для розробки користувачем програмного доповнення - SolidWorks API (Application Programming Interface). API-інтерфейс містить бібліотеку функцій, які можна використовувати з програм Microsoft Visual C++, Visual Basic, VBA (Excel, Word і т.д.) або спеціалізованих макросів SolidWorks. Даний інтерфейс разом з бібліотекою відкривають програмісту прямий доступ до можливостей САПР SolidWorks і дозволяють провести автоматизацію якогось специфічного процесу. Цей інтерфейс входить в базовий комплекс SolidWorks та надається безкоштовно.

1.1.3 КОМПАС

«КОМПАС-3D» - система автоматизованого проектування, розроблена компанією «АСКОН». Даний програмний інтерфейс надає можливість реалізувати класичний процес тривимірного параметричного проектування починаючи від ідеї проектування об'єкта і закінчуючи процесом оформлення конструкторської документації. Програми сімейства «КОМПАС-3D» автоматично генерують асоціативні та абстрактні види тривимірних моделей (різного роду види, розрізи, перерізи, розрізи по лінії і т.п.). Основним складовими програмного комплексу являється система твердотільного тривимірного моделювання, різноканальна система автоматизованого проектування КОМПАС-Графік і модуль розробки та наповнення специфікацій. [8]

Система «КОМПАС-3D» створена для тривимірного моделювання об'єктів та складальних одиниць. Параметрична обробка дозволяє проектувати об'єкти на основі створеного прототипу. Велике різноманіття сервісів полегшує вирішення різного роду допоміжних завдань.

Компанією «АСКОН» також були створені різні додатки для

тривимірного моделювання. Ці програмні засоби доповнюють «КОМПАС-3D» інструментами для проектування спеціалізованих інженерних об'єктів. Розподілена система модулів надає користувачеві можливість обрати тільки необхідні пакети для вирішення конкретного завдання що економить ресурси затрачені на обробку.

-«КОМПАС-Shaft 3D» (проектування валів з елементами механічних передач та зачеплень)

-«Кабелі й джгути 3D» (3D-моделювання електричних кабелів та проектування специфічної конструкторської документації)

-«Металоконструкції 3D» (автоматизація проектування різного роду металевих каркасів) [8]

1.1.4 CATIA

CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – САПР французької фірми Dassault Systemes. Це комплексна система автоматизованого проектування (CAD), технологічної підготовки виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE), що включає в себе передовий інструментарій тривимірного моделювання, підсистеми програмної імітації складних технологічних процесів, розвинені засоби аналізу і єдину базу даних текстової та графічної інформації. [6] CATIA пропонує унікальні можливості для моделювання будь-яких продуктів і дозволяє робити це в контексті їхньої поведінки в реальних умовах

Функціональні можливості CATIA на базі платформи Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE: [9]

- Середовище соціального проектування на базі єдиного джерела перевірених даних і доступу за допомогою функціональних інформаційних 3D-панелей, бізнес-аналітики, паралельної розробки та співпраці всіх учасників (включаючи мобільних співробітників) в режимі реального часу.

- Зручне рішення 3DEXPERIENCE з можливостями 3D-моделювання світового рівня допомагає оптимізувати поточну проектну діяльність як

професійних, так і непрофесійних користувачів.

- Комплексна платформа для розробки продуктів легко інтегрується з існуючими процесами і інструментами. Це дозволяє використовувати потужні і інтегровані спеціалізовані додатки для різних дисциплін на всіх етапах процесу розробки продуктів.

Основним недоліком даної системи являється ціна.

1.2 Системи автоматизації інженерних розрахунків

1.2.1 FlowVision

Програмний продукт FlowVision компанії ТЕСИС є багатофункціональною системою, яка дозволяє моделювати тривимірну модель для рідини і газу в технічних і природних об'єктах.

Ця програма побудована на рішенні тривимірних (як стаціонарних, так і нестаціонарних) рівнянь динаміки речовин в газоподібному і рідкому станах. Тобто можна змоделювати протягом стаціонарних і нестаціонарних, що стискаються, слабостискуваних і нестискуваних потоків рідини і газу. Також програма враховує всі закони збереження маси, рівняння Нав'є-Стокса і рівняння стану. Дореч в програмному комплексі FlowVision є математичне врахування при проектуванні таких фізичних явищ як горіння, турбулентність, пористість середовища, контактні кордонурозділу і інших явищ, які виникають при складних рухах газу і рідини. [10]

САП PFlowVision заснована на таких технологіях обчислення гідродинаміки і графіки як:

- розрахункова сітка з подрібненням розрахункових осередків;
- апроксимація криволінійних кордонів на розрахунковій області за допомогою методу подсеточної дозволу геометрії;
- мова написання програмного ядра C ++; - використання графіки на основі OpenGL.

У програмі FlowVision одночасно працюють препроцесор, вирішувач, а

також постпроцесор. Це дозволяє під час моделювання виробляти візуалізацію значень кожної з газодинамічних змінних, проводити заміну граничні умови математичної моделі і багато іншого.

FlowVision застосовується в різних галузях промисловості, починаючи від енергетики і закінчуючи авіабудівельними підприємствами. Так, в автомобільній промисловості програма застосовується для:

- визначення коефіцієнтів опору кузова автомобіля зустрічним повітряним потокам;

- моделювання процесу горіння палива в камерах згорання. В аерокосмічній галузі:

- моделювання ступеня обтікання фюзеляжів літаків і ракет;

- моделювання вентиляції та пожежної безпеки в асалонов. В будівництві:

- моделювання вітрових навантажень на будівлі і споруди.

1.2.2 ANSYS

ANSYS - це програмний пакет кінцево-елементного аналізу, вирішальний завдання в різних областях інженерної діяльності (міцність конструкцій, термодинаміка, механіка рідин і газів, електромагнетизм), включаючи пов'язані багатодисциплінарного завдання (термоміцності, магнітопружності тощо). [11]

Лінійка продуктів ANSYS Inc., у тому числі продукт Mechanical, надає можливість вирішити імітаційним шляхом будь-яке завдання

механіки деформованого твердотілого елемента або отримати комплексне рішення задачі механіки з рішеннями різних завдань інших областей фізики, наприклад гідрогазодинаміки, теплопереносу або електромагнетизму. Даний продукт пропонує можливість створення єдиної фундаментальної (мультифізичної) матриці взаємодії полів,

підтримуючи акустичний, п'єзоелектричний, термоміцний і термоелектричний типи аналізу. При наявності продукту ANSYS CFD або

ANSYS Emap також можна провести аналіз взаємодії конструкції з різними текучими середовищами або електромагнітними полями відповідно. Подібні розрахунки допомагають інженеру краще оцінити реакцію їх моделей на всілякі комбінації явищ. [6]

CFD-додатки ANSYS інтегровані в єдину ANSYS Workbench платформу, яка є основою для передових технологій інженерного моделювання. Ця платформа у використанні забезпечує доступ до двобічної параметричної CAD інтеграції, потужні інструменти для побудови сітки, автоматизований механізм оновлення на стадії проектування, управління багатодисциплінарного моделюванням і вбудовані інструменти оптимізації.

Математичні моделі властивостей матеріалів дозволяють описувати метали, чавун, гуму, пластмаси, композиційні матеріали, пружні і тендітні піни, бетон, пісок і глину, причому відгук матеріалу для кожної з цих моделей може бути нелінійним. Передбачені лінійні і нелінійні пружні, упругопластические і пружнов'язкопластичних закономірності. Можуть бути змодельовані як ізотропні, так і анізотропні матеріали, а також створені матеріали, визначені користувачем за допомогою підпрограм.

Граничні умови можуть включати в себе запропоновані кінематичні умови (закріплення в одній точці або багатоточкові зв'язку) і запропоноване стан підстави. Умови навантаження можуть включати зосереджені сили, розподілене навантаження і теплове навантаження. Спеціальні засоби для опису сил, що діють на компоненти збірки, дають можливість вводити безпосередньо в модель навантаження від болтів і інших кріпильних деталей. Силі ефекти стежить навантаження, такі як тиск, відцентрові і коріолісову сили, можуть бути використані там, де це необхідно. Можливо також завдання навантажень і граничних умов для опису тиску в порях і електричної напруги. Можуть бути задані початкові умови для температур, швидкостей, напруг і інших полів.

1.2.3 ABAQUS

Програмний скінченно-елементний комплекс ABAQUS – універсальна система загального призначення, що може використовуватись, як для проведення багатоцільового інженерного багатодисциплінарного аналізу, так і для науково-дослідних і навчальних цілей у самих різних сферах діяльності, у числі яких [6]:

- автомобілебудування (компанії BMW, FORD, General Motors, Mercedes, Toyota, Volvo, GoodYear);
- авіабудування та оборонна промисловість (General Dynamics, Lockheed Martin, US Navy, Boeing);
- електроніка (HP, Motorola, IBM, Digital); □ металургія (British Steel, Dupont);
- виробництво електроенергії (ABB, AEA Technology, EPRI, «Атоменергопроект»);
- нафтовидобуток і переробка (Exxon, Mobil, Shell, Dow);
- виробництво товарів народного споживання (3M, Kodak, Gillette);
- загальна механіка і геомеханіка (GeoConsult, ISMES, «Гидропроект») [

Програмний комплекс ABAQUS спочатку був орієнтований на вирішення найскладніших і відповідальних завдань, з урахуванням всіх видів нелінійностей, а також на проведення багатодисциплінарного статичного і динамічного аналізу в рамках єдиного алгоритму. Така концепція вигідно відрізняє ABAQUS від інших програм подібного рівня (програмний комплекс ANSYS для аналізу сильно нелінійних і швидкоплинних процесів використовує сторонню програму LS-DYNA), що дозволяє за допомогою ABAQUS в рамках єдиного підходу вирішувати багатоцільові завдання, поєднуючи переваги явною і неявній схемкінцево елементного аналізу і їх комбінацію. [12]

ABAQUS пропонує відкритий підхід до вирішення складних проблем і надає необмежені можливості по підключенню призначених для користувача програм на всіх етапах розрахунку конкретної задачі. Необхідно

також відзначити надійність програмного комплексу ABAQUS. Строгий контроль за збіжністю рішень досліджуваних процесів, автоматичний вибір кроку інтегрування, моніторинг завдання на всіх етапах розрахунку, численні функції контролю.

ABAQUS тісно інтегрований практично з усіма CAD-системами, має власний потужний сучасний препостпроцесор ABAQUS/CAE. Можливі зв'язок через інтерфейси з іншими програмними продуктами, такими як ADAMS (кінематика і динаміка вузлів і механізмів), SYSNOISE (акустика і віброакустика), Moldflow (лиття пластмас) і FlowVision (аеро- і гідродинаміки).

Програмний комплекс ABAQUS доступний на всіх стандартних платформах - від персональних комп'ютерів з Windows NT / 2000 / XP до робочих станцій під UNIX і суперкомп'ютерів. [12]

Програмний комплекс ABAQUS розроблений по модульному принципу й складається із двох основних модулів-обчислювачів (солверів) – ABAQUS/Standard і ABAQUS/Explicit, пре/постпроцесор ABAQUS/CAE, а також деяких додаткових модулів. [6] ABAQUS дозволяє використовувати різні методи аналізу в тимчасовій і частотній області. Ці методи поділяються на два класи: узагальнені типи аналізу (в яких завдання може бути лінійної або нелінійної) і лінеаризоване аналіз (в якому лінійний відгук моделі розраховується щодо спільного - можливо, нелінійного - вихідного стану). Один розрахунок може включати різні типи аналізів.

ABAQUS написаний на мовах Fortran, C і C ++, що дозволяє використовувати його на більшості стандартних комп'ютерів. Коди підтримують повну подвійну і повну одинарну точність в залежності від типу комп'ютера. ABAQUS / CAE підтримує стандартні графічні дисплеї. ABAQUS немає внутрішніх обмежень за обсягом завдання.

Беручи до уваги доступні ресурси та функціональні можливості розглянутих вище CAD-систем і CAE-програм, для геометричного моделювання обрано програмний комплекс SolidWorks

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕДУКТОРА ГВИНТОКРИЛА

2.1 Моделювання редуктора гвинтокрила

Головний редуктор гвинтокрила призначений для передачі крутного моменту від двигуна до головного гвинта, ескіз його складального креслення показано на рисунку 2.1

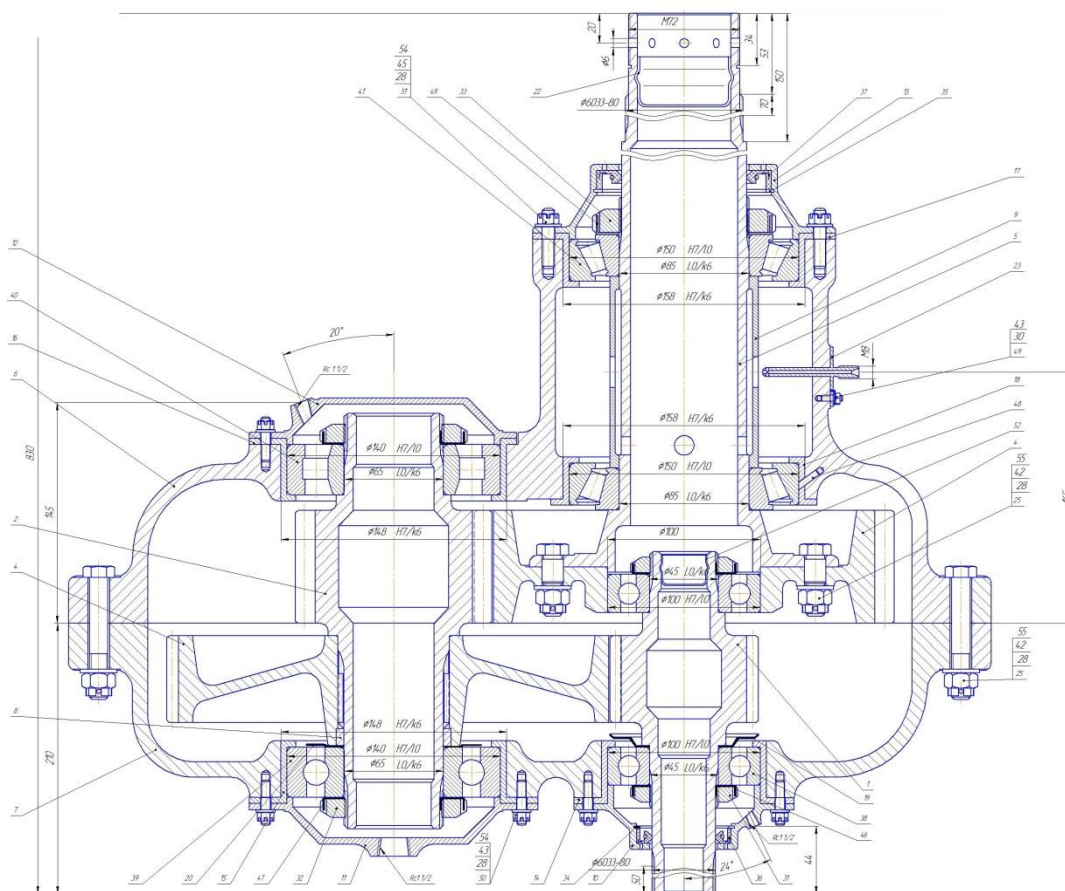


Рисунок 2.1 – Редуктор гвинтокрила

Для подальших досліджень виконано 3-d моделювання в програмі solid work всіх деталей та побудова самого редуктора.



ТАМ

в

Рисунок 2.2 Пустотілий вал

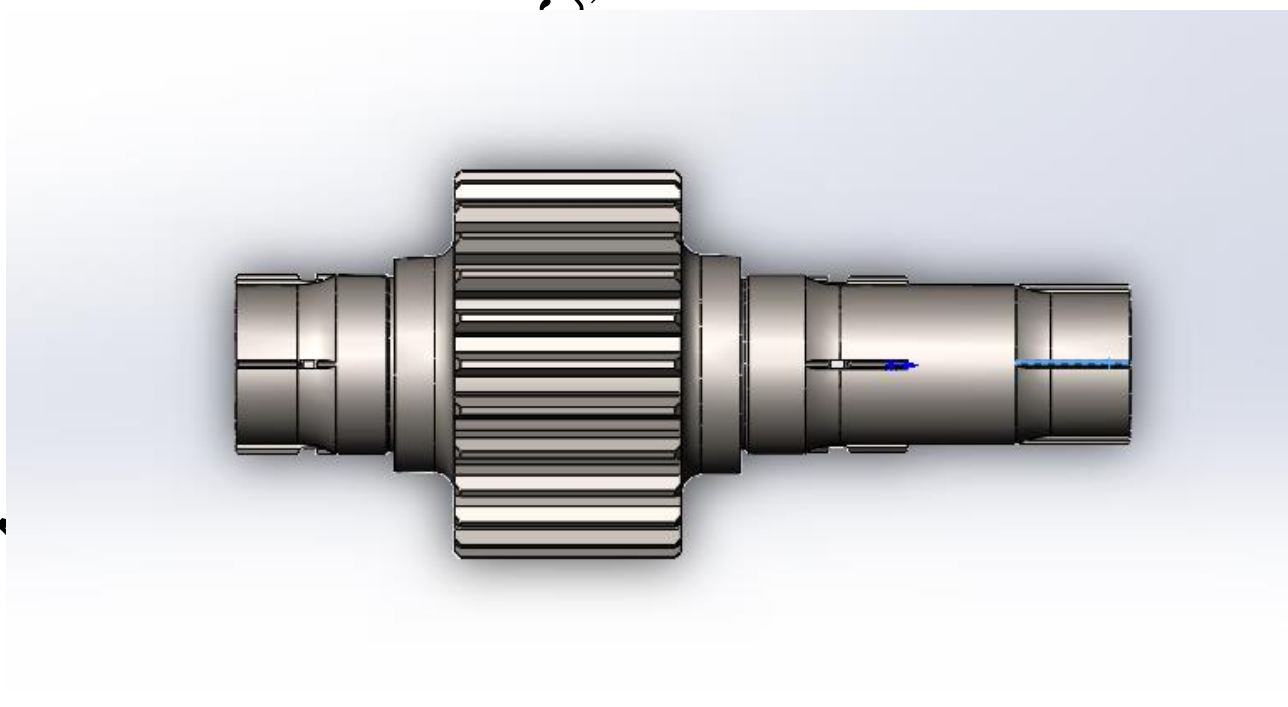


Рисунок 2.3 – Вал-шестерня

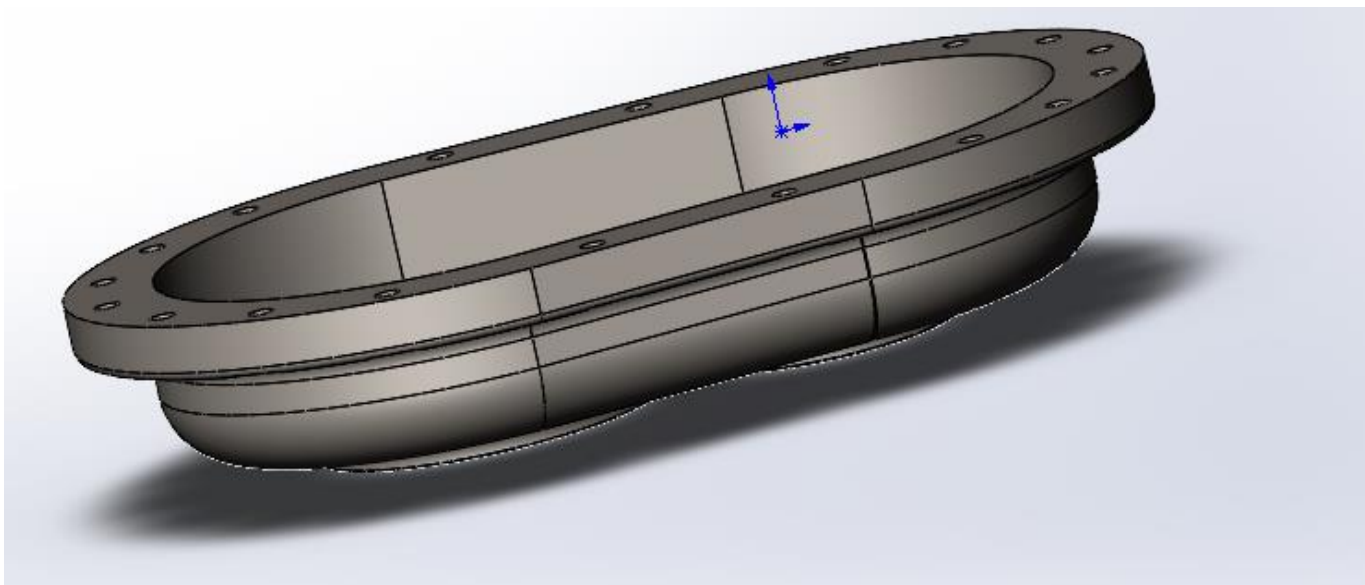


Рисунок 2.4 – Нижня кришка

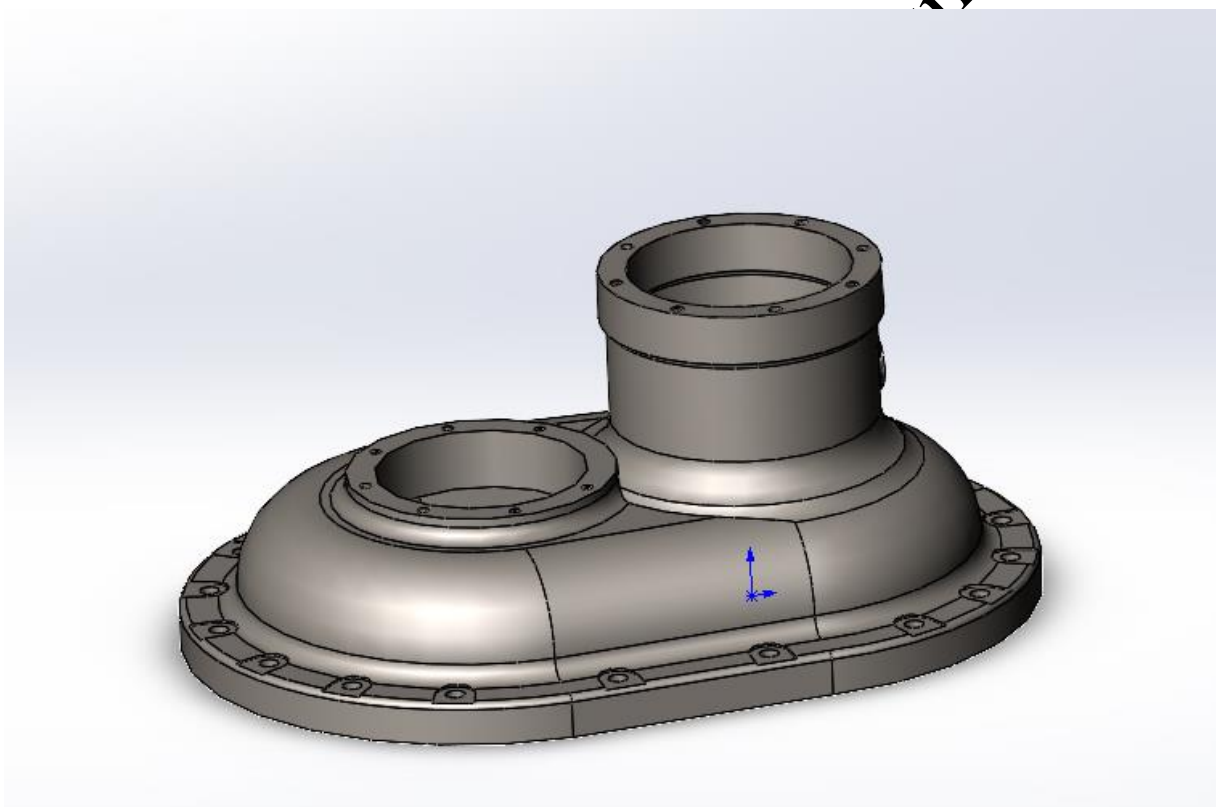


Рисунок 2.5 – Верхня кришка

МК



2



3



4



5



6



7

15 Рисунок 2.6 – Деталі редуктора гвинтокрила

МКР

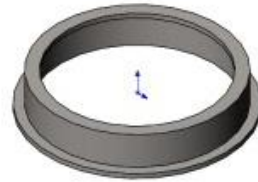


МК

Рисунок 2.7 – Деталі редуктора гвинтокрила



17



18



19



20



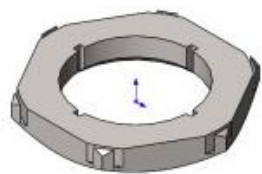
22



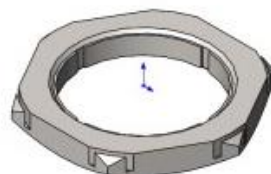
23

Рисунок 2.8 – Деталі редуктора гвинтокрила

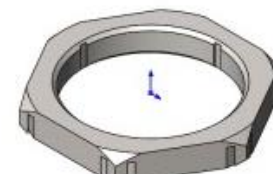
МКР 131



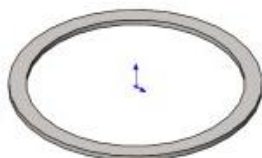
31



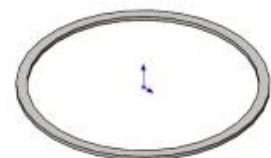
32



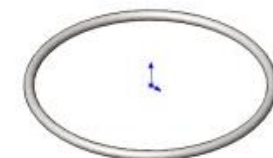
33



34



35



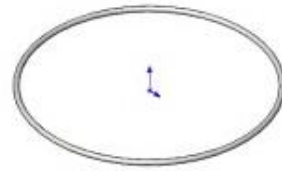
36.1

Рисунок 2.9 – Деталі редуктора гвинтокрила

МКР 131



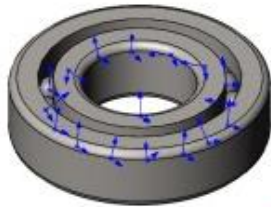
36



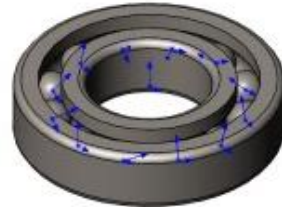
37.1



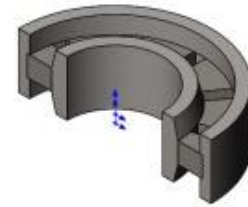
37



38



39



40

Рисунок 2.10 – Деталі редуктора гвинтокрила

МКР
131



Рисунок 2.11 – Деталі редуктора гвинтокрила

МКР 131

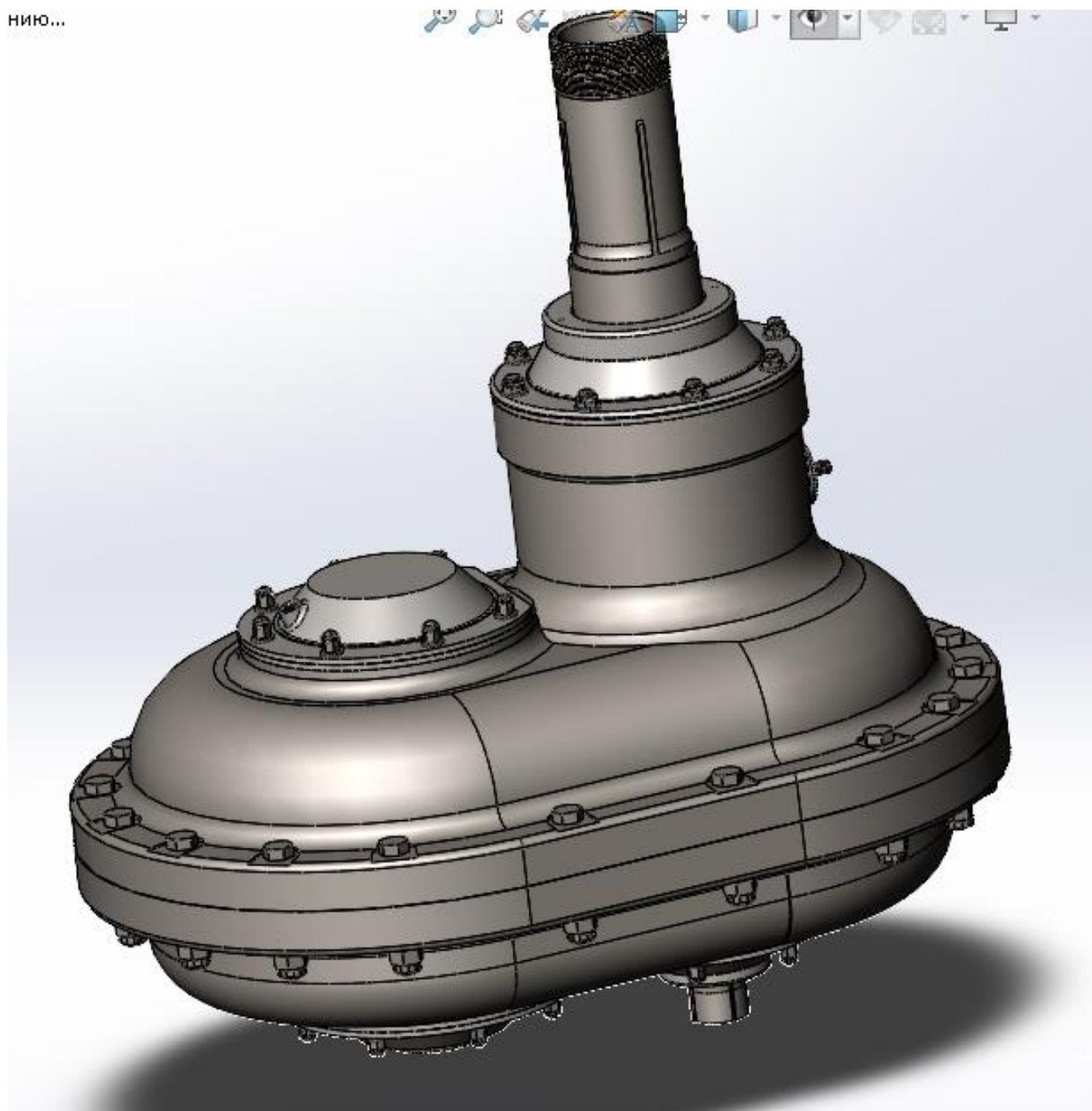


Рисунок 2.12 –Редуктор гвинтокрила

МКР

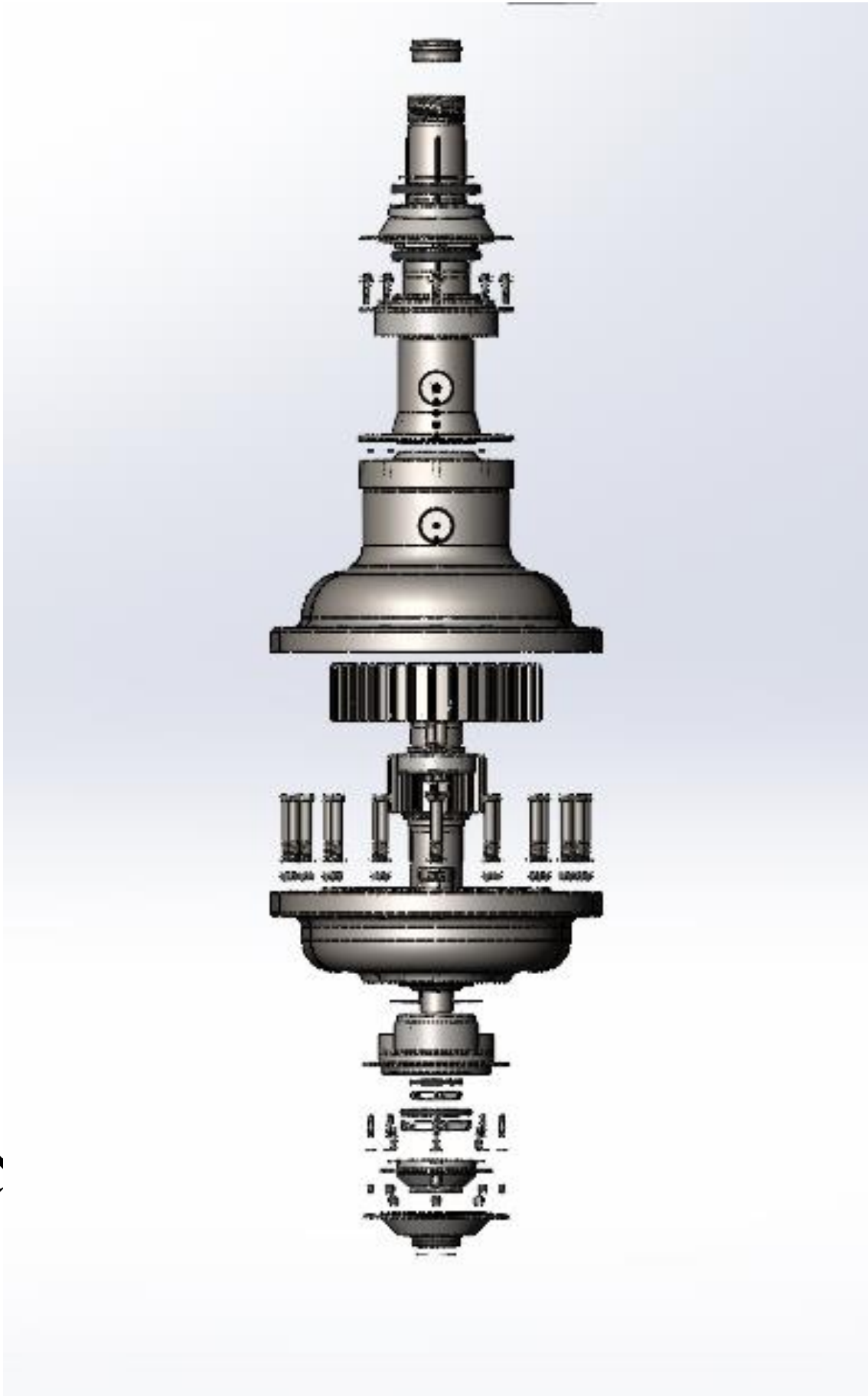


Рисунок 2.13 –Редуктор гвинтокріла

Таким чином отримано складальний вузол редуктора (рисунок 2.12-2.13). Його можна використовувати для подальших досліджень. Але для цього потрібно визначити зусилля, які діють на вихідні ланки.

2.2 Визначення зусиль в зачепленнях

В першій передачі колова сила визначається за формулою:

$$F_t = 2 \cdot T_1 / d_1, [H] \quad (2.1)$$

де T_1 – момент на колесі, $H \times m$;

$$F_t = 2 \cdot 703500 / 91 = 15630 \text{ (кН)}.$$

Радіальна сила:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg}(\alpha), [H] \quad (2.2)$$

для стандартного угла $\alpha = 20^\circ$, $\operatorname{tg}(\alpha) = 0,364$.

$$F_r = 15630 \cdot 0,364 = 5687 \text{ (H)}$$

На другій передачі колова сила:

$$F_t = 2 \cdot T_4 / d_4 d_1, [H] \quad (2.1)$$

де T_4 – момент на колесі, $H \times m$;

$$F_t = 2 \cdot 2443100 / 120 = 40718 \text{ (H)}.$$

Радіальна сила:

$$F_r = 40718 \cdot 0$$

$$364 = 14821 \text{ (H)}$$

2.3 Визначення реакцій в опорах валів

Спрощено представимо вал в вигляді балки навантаженої осьовими, коловими і радіальними силами. Розрахунок ведеться виходячи з рівняння рівноваги балки.

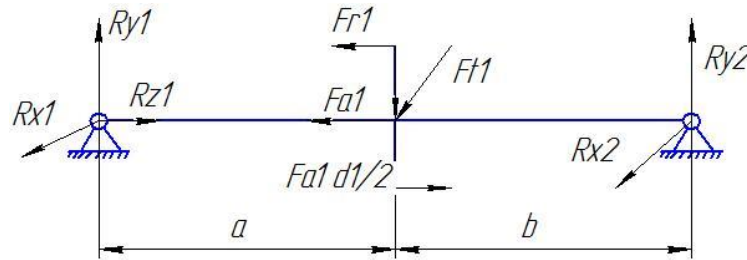


Рисунок 2.14 – Розрахункова схема вхідного валу

Рівняння рівноваги балки:

$$\begin{aligned} \sum_X = 0 \quad R_{x_1} + R_{x_2} + Ft_1 &= 0 \\ \sum_Y = 0 \quad R_{y_1} + R_{y_2} - Fr_1 &= 0 \\ \sum_Z = 0 \quad R_{z_1} + Fa_1 &= 0 \\ \sum_{M_{x_1}} = 0 \quad -Fr_1 \cdot a + Fa_1 \cdot \frac{d_1}{2} + R_{y_2} (a+b) &= 0 \\ \sum_{M_{y_1}} = 0 \quad Ft_1 \cdot a + R_{x_2} (a+b) &= 0 \end{aligned}$$

Вирішуючи ці рівняння отримаємо:

$$R_{y_2} = \frac{Fr_1 \cdot a - Fa_1 \cdot \frac{d_1}{2}}{a+b}$$

$$R_{x_2} = \frac{Ft_1 \cdot a}{a+b}$$

$$R_{x_1} = -Ft_1 - R_{x_2}$$

$$R_{y_1} = Fr_1 - R_{y_2}$$

$$R_{z_1} = Fa_1$$

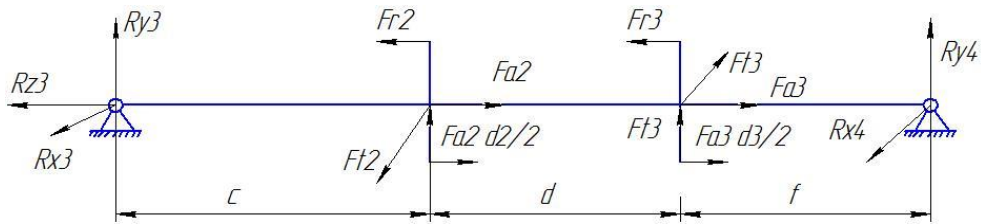


Рисунок 2.15 – Розрахункова схема проміжного валу

Рівняння рівноваги балки:

$$\sum_X = 0 \quad R_{x_3} + R_{x_4} + Ft_2 - Ft_3 = 0$$

$$\sum_Y = 0 \quad R_{y_3} + R_{y_4} + Fr_2 + Fr_3 = 0$$

$$\sum_Z = 0 \quad R_{z_3} - Fa_2 - Fa_3 = 0$$

$$\sum_{My_3} = 0 \quad Fr_2 \cdot c + Ft_2 \cdot \frac{d_2}{2} + Fr_3(c+d) + R_{y_4}(c+d+f) = 0$$

$$\sum_{Mx_3} = 0 \quad Ft_2 \cdot c + Ft_3(c+d) + R_{x_4}(c+d+f) = 0$$

Після рішення рівнянь отримаємо:

$$R_{z_3} = Fa_2 + Fa_3$$

$$R_{x_3} = Ft_3 - Ft_2 - R_{x_4}$$

$$R_{x_4} = \frac{Ft_3(c+d) - Ft_2 \cdot c}{c+d+f}$$

$$R_{y_4} = -\left(\frac{Fa_2 \cdot \frac{d_2}{2} + Fa_3 \cdot \frac{d_3}{2} + Fr_2 \cdot c + Fr_3(c+d)}{c+d+f}\right)$$

$$R_{y_3} = -(Fr_2 + R_{y_4} + Fr_3)$$

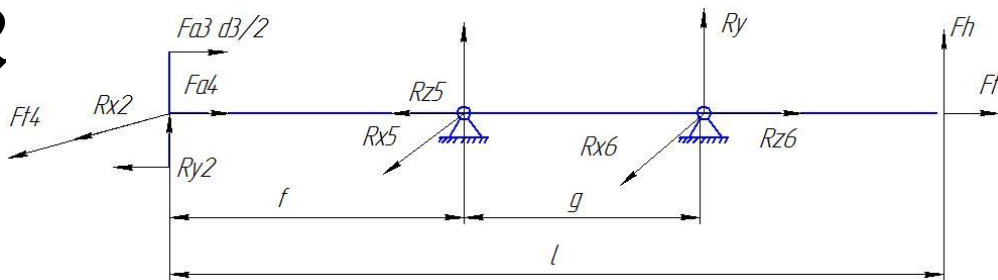


Рисунок 2.16 – Розрахункова схема вихідного валу

Рівняння рівноваги балки :

$$\begin{aligned}\sum_X &= 0 \quad R_{x_5} + R_{x_6} + R_{x_2} + Ft_4 = 0 \\ \sum_Y &= 0 \quad R_{y_6} + R_{y_5} + Fh + R_{y_2} - Fr_4 = 0 \\ \sum_Z &= 0 \quad -R_{z_5} + Fa_4 + Ft = 0 \\ \sum_{M_{x_5}} &= 0 \quad -Fa_4 \cdot \frac{d_4}{2} + R_{y_5} \cdot f + Fh \cdot l + R_{y_6} \cdot g = 0 \\ \sum_{M_{y_5}} &= 0 \quad R_{x_5} \cdot f + R_{x_6} (g + f) = 0\end{aligned}$$

Після рішення рівнянь отримаємо:

$$\begin{aligned}R_{z_5} &= Fa_4 + Ft \\ R_{x_5} &= -\frac{Ft_4 + R_{x_2}}{g + 2 \cdot f} (g + f) \\ R_{x_6} &= \frac{R_{x_5} \cdot f}{g + f} \\ R_{y_5} &= \frac{Fa_4 \cdot \frac{d_4}{2} - Fh \cdot l - (g + f)(Fr_4 - Fh - R_{y_2})}{g + 2 \cdot f} \\ R_{y_6} &= Fr_4 - Fh - R_{y_2} - R_{y_5}\end{aligned}$$

Сумарні реакції:

$$R_{S1} = 8,31 \text{ kH}, R_{S2} = 8,31 \text{ kH}, R_{S3} = 24,169 \text{ kH}, R_{S4} = 33,066 \text{ kH}, R_{S5} = 55,608 \text{ kH}, R_{S6} = 6,964 \text{ kH}.$$

2.4 Дослідження редуктора засобами solid works

Отримавши вихідні дані і створивши модель складальної одиниці., можна виконати дослідження даного редуктора. Для цього заходимо задаємо виконати нове дослідження, обираємо параметри (що не може бути проникнення деталей

одна в одну під час навантаження і роботи вузла – рисунок 2.17) та прикладаємо навантаження.

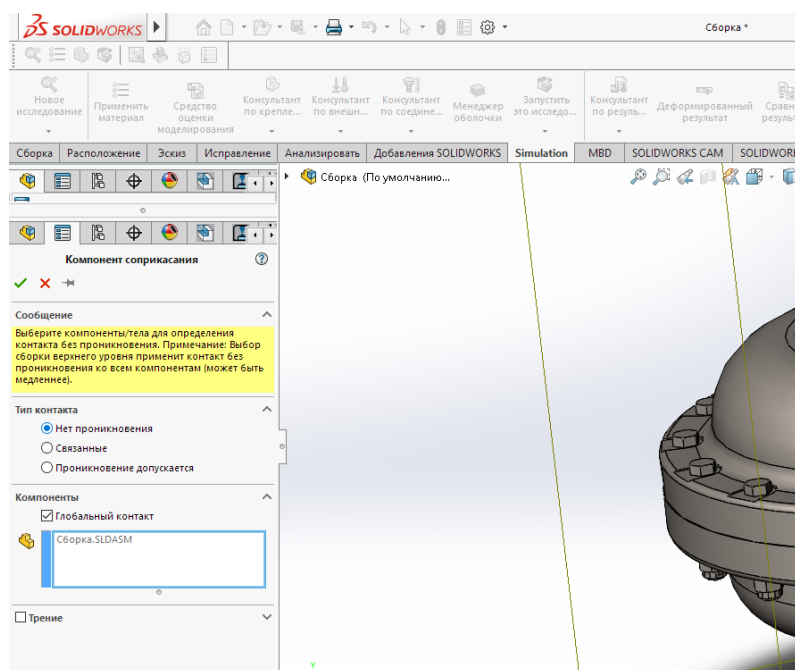


Рисунок 2.17 – Задання параметрів контакту при навантаженні

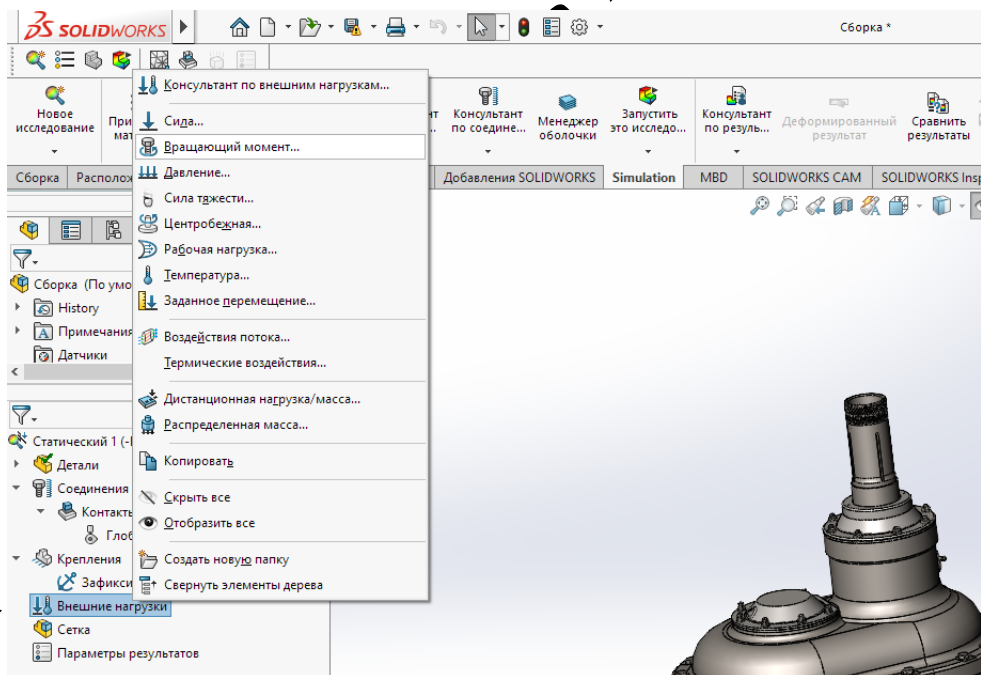


Рисунок 2.18 – Прикладання навантажень (обертового моменту)

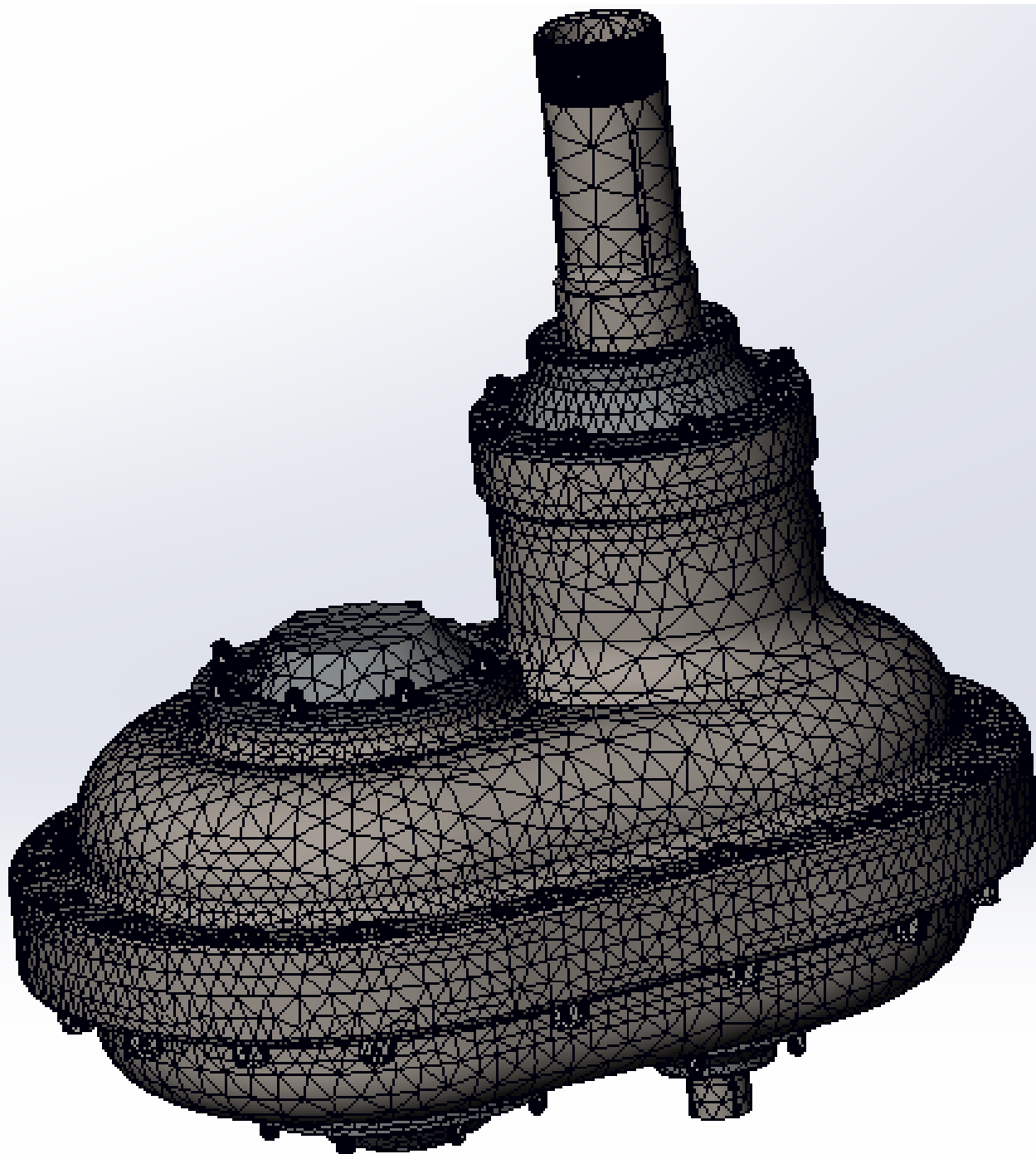
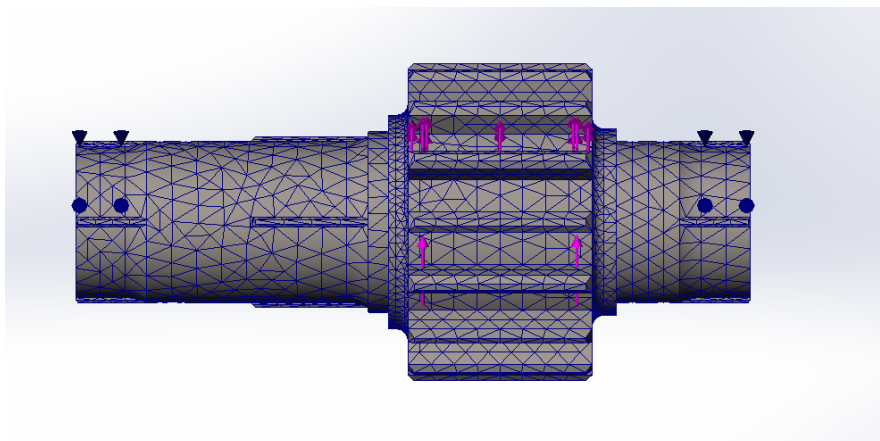
**МКР**

Рисунок 2.19 – Створення сітки перед розрахунком.

Після накладення всіх обмежень та навантажень, створюється сітка і запускається на розрахунок задача. Результати можна переглядати як для всієї моделі так і окремо по деталях. Наприклад для деталі типу вал (рисунок 2.20) можна побачити деталь із сіткою, та у результаті виконаних розрахунків, подивитися напруження що виникають, та виявити найбільш небезпечні місця.

Це дозволило нам рекомендувати термічну обробку для зубчастого вінця і збільшити радіус заокруглення, для того щоб зменшити концентратор напружень що виникав при перепаді діаметрів.



ТАМ

Рисунок 2.20 - Вал

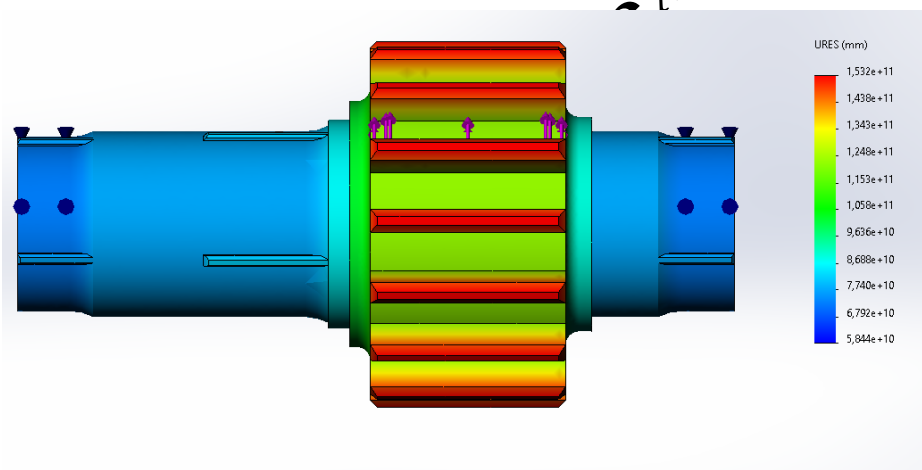


Рисунок 2.21 Напруження при навантаженні на поверхні зубчастого вінця

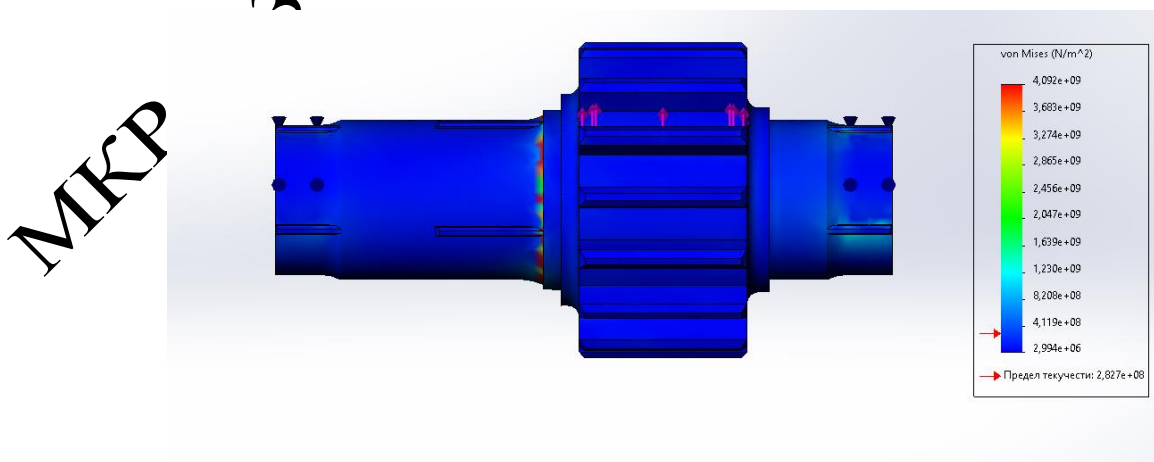


Рисунок 2.22 – Напруження при навантаженні на торцеві валу

Таким чином проаналізувавши модель, та кожну деталь окремо можна надати рекомендації по удосконаленню конструкції деталей та виробу в цілому.

2.5 Числове моделювання лиття під тиском

За допомогою CAD-системи Solidworks була побудована геометрія деталі «Кришка» для подальшого розрахунку деформації в Autodesk Moldflow Synergy.

Оскільки товщина деталі досить невелика, а деталь не сприймає великих навантажень то товщина стінки обирається виходячи із можливостей заповнення форми при литті.

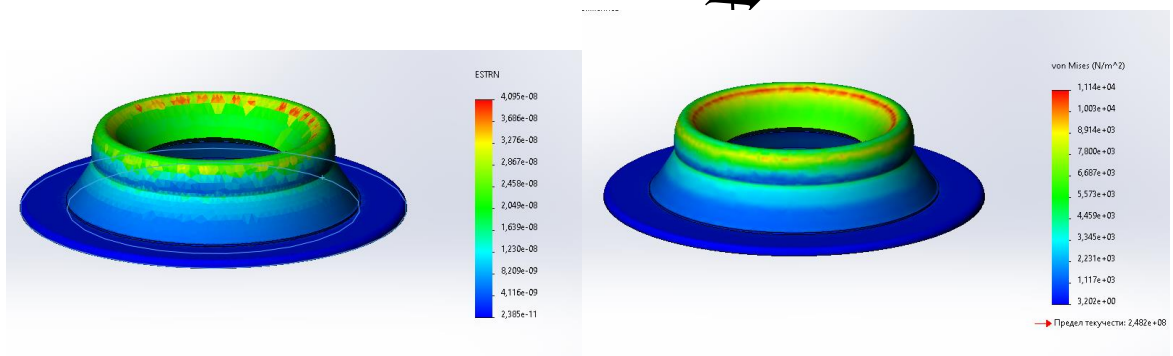


Рисунок 2.23 – Заповнення форми

При цьому видно, що найбільші проблеми (пустоти) виникають у найнижчій частині.

Для встановлення залежності параметрів процесу лиття від температури форми було проведено цикл розрахунків, результати яких наведено на рис.

Збільшення температури форми майже лінійно впливає на збільшення усадки виробу, а збільшення температури форми майже лінійно впливає на зменшення часу заповнення виробу.

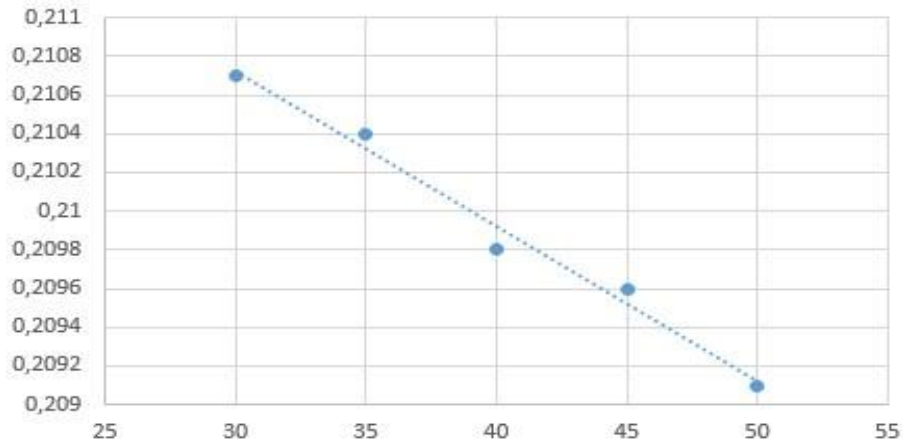


Рисунок 2.24 – Графік залежності часу заповнення форми від температури форми

Тому запропоновано використовувати систему охолодження. Для точності розрахунків охолодження була побудована система охолодження (рис.2.25) із властивостями: швидкість потоку : 10 л/хв; температура 30 °С; охолоджувальна рідина : вода.

При цьому вдалося зменшити товщину стінки, а сильна деформація відсутня, середня займає 3,24% виробу, на 96,8% виробу деформація відсутня.

МКР 131

ТАМ

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КРИШКА В-7

3.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

На основі робочого креслення деталі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (3.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 3.1 – Лінійні і діаметральні розміри

Лінійний розмір	Ø145	Ø126	Ø70	Ø56	Ø45	Ø62	Ø66	Ø70	Ø92	Ø100
Уніфікований розмір	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
Лінійний розмір	12	18	44	13	10	Ø7	1,5	46	65	22
Уніфікований розмір	+	+	-	+	+	+(4 пов)	+	+	-	+
Кількість лінійних розмірів 23					Кількість уніфікованих розмірів 18					

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.2)$$

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні		Кутові			
P_l	$P_{l.y}$	P	P_y	Ш	ШІ
21	16	2	2	5	5
$Q_{ye}=23$ $Q_e=28$				$K_y = \frac{23}{28} = 0.692$	

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (3.3)$$

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

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
8	2	$8 \cdot 2 = 16$
10	3	$10 \cdot 3 = 30$
14	15	$14 \cdot 15 = 210$
Всього	20	256

$$T_{cp} = \frac{256}{20} = 12.8$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12.8} = 0.925$$

3 Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (3.4)$$

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (3.5)$$

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

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	1	4,8
6,3	2	12,6
12,5	15	187,5
$Ш_{ср} = \frac{204,9}{20} = 10,245$		204,9

$$K_T = \frac{1}{10,245} = 0,097$$

Отже виконуються умови:

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

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Деталь містить досить зручні базові поверхні, в якості яких можуть бути використані зовнішні поверхні і отвір та торці. Задана точність поверхонь може бути досягнута на верстатах підвищеної точності. Деталь містить ряд уніфікованих елементів.

Для механічної обробки важкодоступних місць не має, потреби у спеціальних пристосуваннях та вимірювальних інструментах теж немає.

Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

3.2 Вибір способу виготовлення заготовки

Згідно кресленню деталь виготовляється із алюмінієвого сплаву, що визначає метод її виготовлення – лиття, так як матеріал має гарні ливарні властивості, невисоку температуру плавлення.

Деталі із даного матеріалу виготовляються для умовних елементів конструкцій літаків, кузовів автомобілей, труб і т.д., для деталей що працюють при температурах до -230 град.

Враховуючи, що тип виробництва серійний обирати лиття за виплавними моделями недоцільно, оскільки це досить дорогий спосіб отримання заготовки. Оскільки маса деталі складає 0,4 кг, недоцільно обирати лиття в піщано-глинисті форми, оскільки маса деталі мала для даного способу та деталь має складну конфігурацію з тонкими стінками. Тому приймаємо до розгляду лиття в кокіль та в оболонкові форми.

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво серійне і вилівок середньої складності приймаємо точніші значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності вилівка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір вилівка (145 мм), тип матеріалу – кольоровий сплав:

лиття в оболонкові форми: (7-12) 10;

лиття в кокіль : (5-9) 7;

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 145 мм, найменший – 4 мм, отже, відношення – $4/145=0,027$. Відповідно для лиття в кокіль (багаторазові форми) ступінь жолоблення 4-7, приймаємо 5, для лиття в оболонкові форми (разові форми) 6-9, приймаємо 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (145 мм):

лиття в оболонкові форми: (7-13) 10;

лиття в кокіль : (5-10) 7;

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхонь виливка:

лиття в оболонкові форми 16 мкм;

лиття в кокіль: 8 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка: від 0,4 до 4 кг для обох способів і тип матеріалу.

лиття в оболонкові форми: (5т-12) 9т;

лиття в кокіль : (3-10) 7т;

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

лиття в оболонкові форми: (3-6) 4;

лиття в кокіль : (2-5) 3;

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні.

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка лиття в оболонкові форми – 12, лиття лиття в кокіль -6,4

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму (рис.1), розраховується на розмір 42 . Для нього допуск вибираємо враховуючи клас розмірної точності вилівка по номінальному

Таблиця 3.5 – Параметри заготовки при литті в кокіль без піщаних стержнів

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85							Прийнято				
Клас розмірної точності	5-9							7				
Ступінь жолоблення	4-7							5				
Ступінь точності поверхонь вилівка	5-10							7				
Шорсткість повеохонь	Ra = 8 _{ММ}											
Клас точності маси	3-10							7т				
Ряд припусків	2-5							3				
Розрахункові розміри	Ø71	Ø145	Ø100	Ø92	Ø45	Ø62	16	12	42	4	13	
Допуски: Розмірів	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	0,5	0,7	
Форми розміщення та	0,32	0,4	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	
зміщення через перекіс стержня	-	-	-	0,4	0,4	0,4	-	-	-	-	-	
Нерівностей	0,2											
Маси	6,4%											
Загальні допуски	1,2	1,6	1,2	1,4	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1	0,64	0,9	
Припуски: мінімальний	0,3											
Кількість переходів механічної обробки	1	1	4	1	1	1	3	3	1	1	1	
по точності розмірів	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	2	-	-	-	3	3	-	-	-	
Загальний припуск	1,1	1,4	1,9	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	0,8	0,9	

Розміри заготовки	73,2	147,8	103,8	89,2	42,8	59,8	18,8	12	44,2	5,9	13,1
-------------------	------	-------	-------	------	------	------	------	----	------	-----	------

Таблиця 3.6 – Параметри заготовки при литті в оболонкові форми

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7-12	10
Ступінь жолоблення	6-9	7
Ступінь точності поверхонь вилівка	7-13	10
Шорсткість повеохонь	Ra = 16 мкТ	
Клас точності маси	5Т-12	9Т
Ряд припусків	3-6	4

Розрахункові розміри	Ø71	Ø145	Ø100	Ø92	Ø45	Ø62	16	12	42	4	13
Допуски: Розмірів	2,8	3,2	2,8	2,8	2,4	2,4	1,8	1,8	2,4	1,2	1,8
Форми розміщення та	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-
Нерівностей	0,4										
Маси	12%										
Загальні допуски	3,2	3,2	3,2	3,2	2,4	2,4	2,2	2,2	2,4	1,4	2,2
Припуски: мінімальний	0,4										
Кількість переходів механічної обробки	1	1	4	1	1	1	3	3	1	1	1
по точності розмірів	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	1	-	-	-	3	3	-	-	-
Загальний припуск	2,3	2,3	4,1	2,3	1,9	1,9	2,8	2,8	1,9	1,4	1,8

Розміри заготовки	75,6	149,6	108,2	87,4	41,2	58,2	21,6	12	45,8	7,3	13,4
-------------------	------	-------	-------	------	------	------	------	----	------	-----	------

розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 4 мм. Враховуючи, товщину найбільш тонкої стінки (4 мм) і беручи клас розмірної точності на 1 клас точніший отримаємо допуск на зміщення через перекося стержня - 0,4 мм та 1 мм для двох способів лиття.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

лиття в оболонкові форми - 0,4 мм;

лиття в кокіль - 0,3 мм.

Кількість переходів механічної обробки визначаємо в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі.

Кількість переходів для забезпечення:

– точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

лиття в оболонкові форми: для розміру $\varnothing 100h6$ допуск розміру 3,2 мм, допуск розмірів деталі 0,022 мм, співвідношення $0,022/3,2 = 0,0068$, отже, 4 переходи. Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 100 - 0,022/3,2 = 0,0068 \rightarrow 4$ переходи

лиття в кокіль:

$\varnothing 100 - 0,022/1,2 = 0,018 \rightarrow 4$ переходи

– відхилень форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і виливка:

лиття в оболонкові форми

Допуск співвісності 0,06 отворів $\varnothing 100$ та $\varnothing 62$:

$\varnothing 100 - 0,06/0,5 = 0,12 \rightarrow 1$ перехід

Допуск паралельності торців в межах 0,01 мм:

16 – $0,01/0,5=0,02 \rightarrow 3$ переходи

12 – $0,01/0,5=0,02 \rightarrow 3$ переходи

Аналогічно лиття в кокіль:

Ø100 – $0,06/0,32=0,18 \rightarrow 2$ переходи

16 – $0,01/0,32=0,031 \rightarrow 3$ переходи

12 – $0,01/0,32=0,031 \rightarrow 3$ переходи

Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Мінімально допустиму товщину стінки вибирають в залежності від матеріалу вилівка, його механічних та технологічних властивостей, способу лиття, конструкції, розмірів та призначення вилівка. Необхідно прагнути до мінімальної товщини стінки.

Для Д16АТ мінімальна товщина стінки може бути прийнята 4 мм.

Після формування контуру вилівка в місцях переходу від одного елемента до другого призначають радіуси заокруглень, які значною мірою визначають якість литої заготовки.

Враховуючи матеріал (алюмінієві сплави) і товщину спряжуваних стінок (не більше 4 мм) радіуси заокруглення прийняті 5 мм.

Формувальні нахили назначають на вертикальні стінки вилівка з метою покращення виймання моделі із форми та стержня із стержньового ящика. Нахили встановлюються згідно з ГОСТ 3212-80 в залежності від розмірів, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття та виду модельного комплексу

Враховуючи, що висота основної формоутворюючої поверхні 15 мм, та використовуються металеві форми формувальний нахил складає $1^{\circ}16'$

Мінімальний діаметр отворів, що виготовляються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегріву та пригорання стержня до стінок отвору. Отже отвори $\varnothing 7$ та $\varnothing 2$ не можуть біти отримані в заготовці і підлягають в подальшому механічній обробці, а всі інші отвор виливаються.

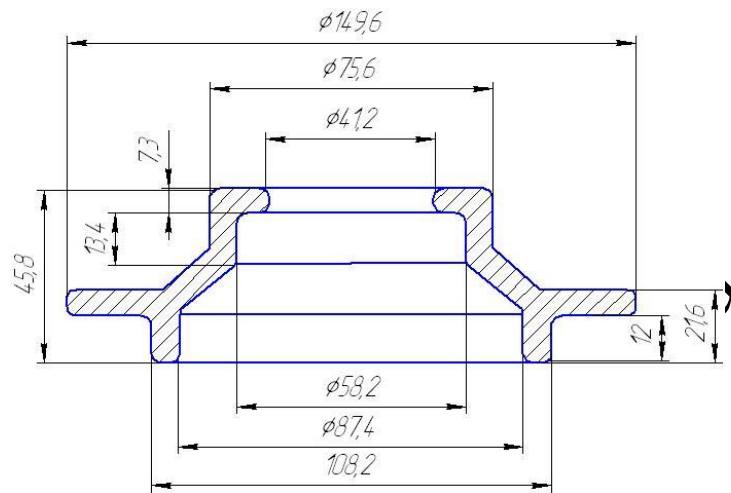


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовки при литті в оболонковій формі

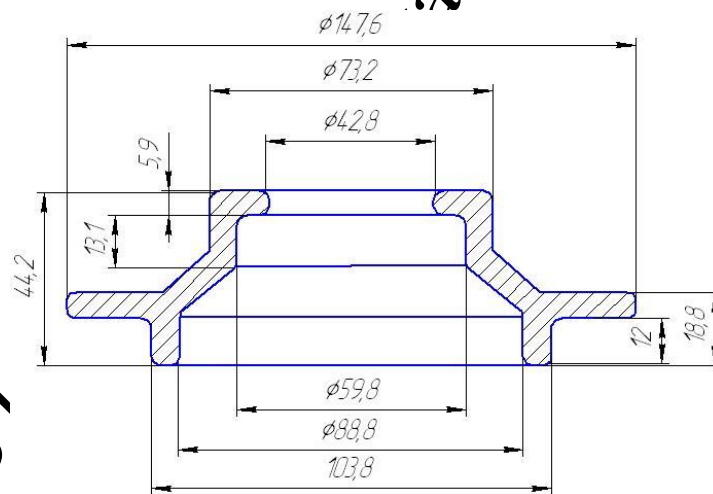


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки при литті в кокіль

Масу заготовок визначаємо за допомогою програми КОМПАС, відповідно з наведеними рисунками 4 та 5 вона складає 0,6 кг при литті в оболонковій формі та 0,44 при литті в кокіль

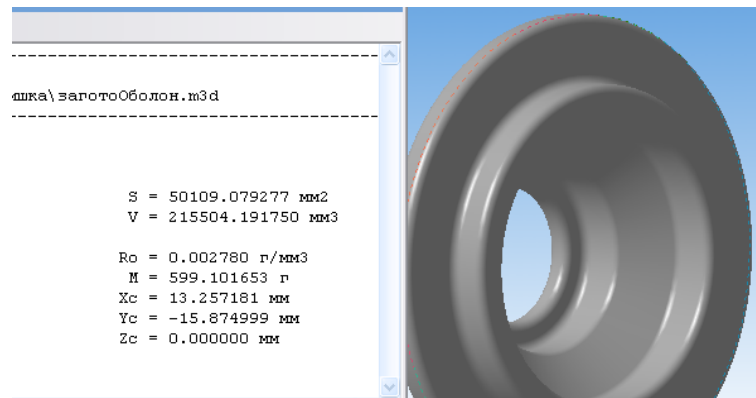


Рисунок 3.3 – Маса заготовки при литті в оболонкові форми

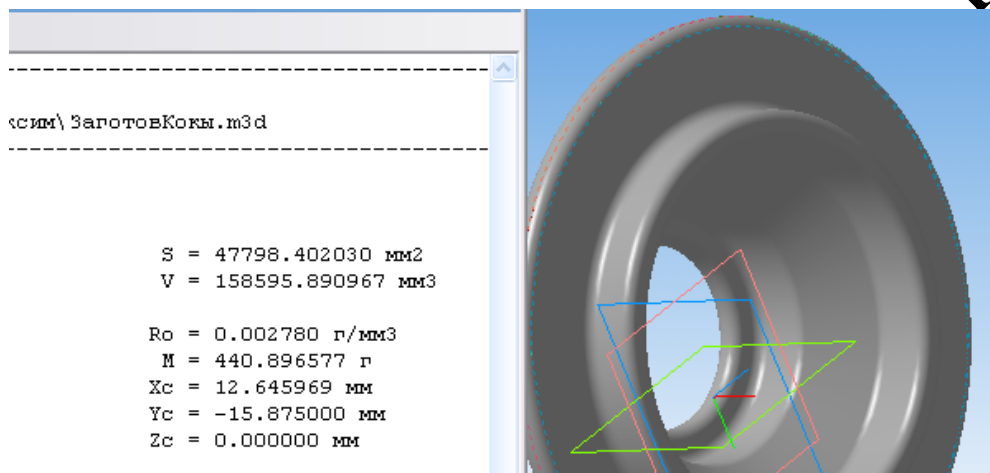


Рисунок 3.4 – Маса заготовки при литті в кокіль

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$K_{TM} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі, кг (приймається згідно з кресленням деталі);

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг.

Для лиття в оболонкові форми та кокіль відповідно:

$$K_{TM} = 0,4/0,6=0,67$$

$$K_{TM} = 0,4/0,44=0,9$$

Собівартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{загл.лит} = \frac{(Q_{заг} \cdot C_{Л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{П})}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дем}) \cdot C_{відх}}{1000}, \quad (3.6)$$

де $C_{Л}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{П}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

Таблиця 3.7– Коефіцієнти для розрахунку собівартості заготовки

Коефіцієнти	Лиття в оболонкові форми	Лиття в кокіль
$C_{Л}$	24400	19200
K_T	1,0	1,0
K_M	1,0	4,23
K_C	1	1,0
K_B	1,08	1,02
$K_{П}$	1,15	1,15

Відповідно собівартість заготовки при литті в кокіль складає:

$$C_{загл.лит} = \frac{(0.44 \cdot 19200 \cdot 1.0 \cdot 4.23 \cdot 1.0 \cdot 1.02 \cdot 1.15)}{1000} - \frac{(0.44 - 0.4) \cdot 1560}{1000} = 419,11 \text{ (грн)}$$

А при литті в оболонкові форми:

$$C_{загл.лит} = \frac{(0.6 \cdot 24400 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.08 \cdot 1.15)}{1000} - \frac{(0.6 - 0.4) \cdot 1560}{1000} = 181,52 \text{ (грн)}$$

Отже собівартість лиття в оболонкові форми менша, а оскільки кількість переходів механічної обробки менша при литті в оболонкові форми, то відповідно економічно доцільніше використовувати лиття в оболонкові форми.

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

Деталі типу „Кришка” широко використовуються в якості опорних елементів у виробках машинобудівного виробництва. Ці деталі мають велику різноманітність за конструкцією яка залежить від типу виробництва, умов експлуатації, конструкційних особливостей агрегату до якого кріпиться даний виріб та складових частин які кріпляться в самій „Кришці”.

„Кришка ” відноситься до деталей конструкції середньої складності, які мають дві або три основних базові поверхні, частіш за все це: циліндрична поверхня для базування ущільнень та зв’язана з нею площина кріплення самого „Кришки” до агрегатів чи станини. Кріпильна площина або площини як правило розташовуються паралельно до вісі основного базового отвору. В залежності від цього будуть формуватися особливості конструкції виробу та вимоги до допусків форми та розміщення.

В якості основних технологічних баз використовуються конструкторські бази. За рахунок цього в процесі обробки відбувається забезпечення принципу зв’язку обробленої поверхні з необробленою, а у випадку диференціації операцій принцип постійності баз, що дає можливість мінімізувати похибку базування. При механічній обробці не використовуються штучні технологічні бази, що дозволяє зменшити час обробки деталі і її собівартість.

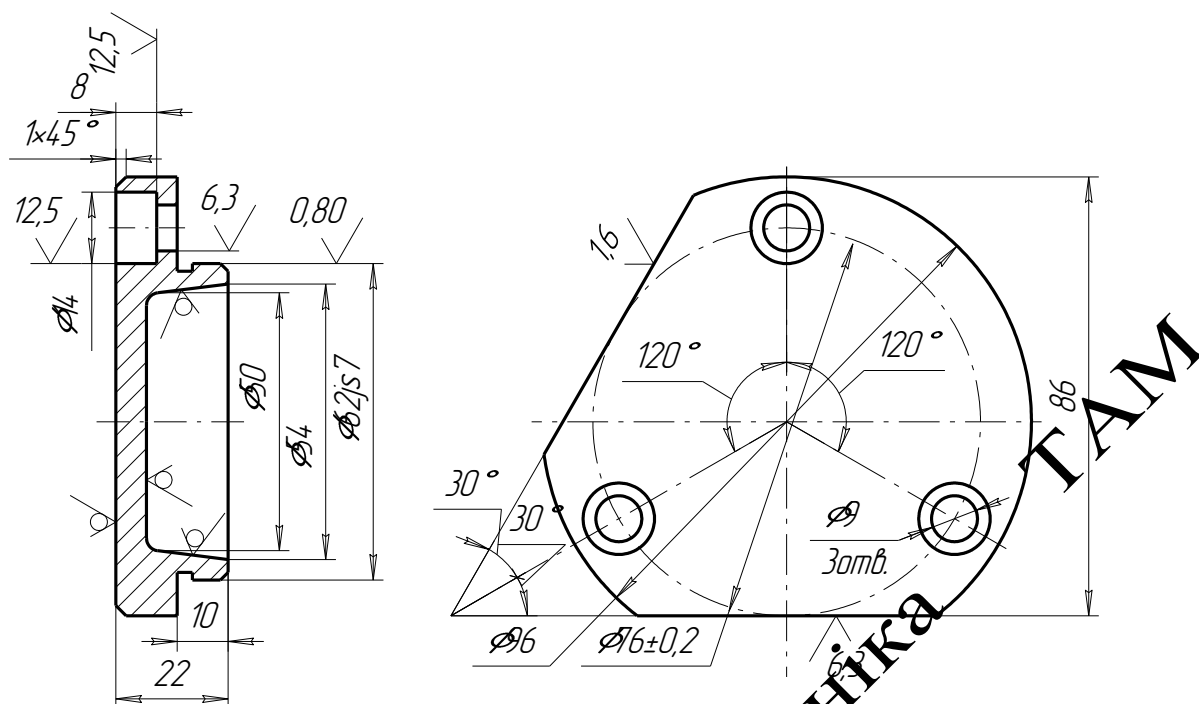


Рисунок 3.5 – Ескіз маршруту механічної обробки стакана кришки

Таблиця 3.8 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки кришки

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок обладнання	Оснащення
005	Лиття	—	—
010	Обробка та очищення виливка	—	—
015	Малярна	—	—
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	Трикулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Дана деталь має один кріпильний диск, який розміщені перпендикулярно до вісі центрального отвору, на яких розміщені кріпильні отвори. Центральний отвір являє собою внутрішню ступінчасту поверхню. В якості аналогів розглянемо типові технологічні маршрути механічної обробки фланця та стакану. Ці аналоги характеризуються наявністю у їх конструкції елементів подібних за розміщенням та обробкою до деталі на яку проектується технологічний маршрут механічної обробки.

Відповідно до вибраного типу серійності необхідно визначити за вимогами до використовуваного обладнання його тип. Враховуючи вимоги точність розмірів, допуски форми та розміщення, параметри шорсткості, необхідно запропонувати, у випадку необхідності, відповідну систему програмного числового керування. Для даного типу виробництва рекомендується використовувати металорізальні верстати з системами числового програмного забезпечення на відповідних операціях, обладнання для фіксації та затиску деталі використовувати стандартизоване. Інструмент та пристосування для його використання також повинно бути стандартизованим. Це дозволить скоротити

час на проектування технологічного маршруту механічної обробки „Кришки”; на закріплення, заміну, переточування інструменту; на установку та закріплення деталі у пристосуванні. Використання даного обладнання та пристосувань за даних умов виробництва відповідно до рекомендацій являється найбільш ефективним та забезпечує необхідну продуктивність та якість.

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

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, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

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

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (3.7)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d – допуск деталі.

T_3 – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю

поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. 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

Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 100h6$, враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки складає 2.2:

$$\varepsilon = 2.2 / 0,022 = 100$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 5,5 \\ \varepsilon_2 &= 4,5 \\ \varepsilon_3 &= 3 \end{aligned}$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_4 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3$$

Тобто:

$$\varepsilon_4 = 100 / 5,5 \cdot 4,5 \cdot 3 = 1,35$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 2.2 / 5,5 = 0,4 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,4 / 4,5 = 0,089 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,089 / 3 = 0,029 \text{ (мм)}$$

Остаточо приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (12 квалітет точності); точіння попереднє (9

квалітет точності); точіння остаточне (7 квалітет точності); шліфування або тонке точіння (6 квалітет точності)

3.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в трикулачковий патрон.

На операції 015 схема базування не змінюється, при цьому лише свердлиться отвір і нарізається в ньому різь. Ці операції виконуються мірним інструментом і похибка базування на отримувані розміри відсутня.

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в трикулачковому патроні. Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із торця і циліндричної поверхні, які використовуються в якості технологічних баз.

МКР 131

Прикладна механіка

ТАМ

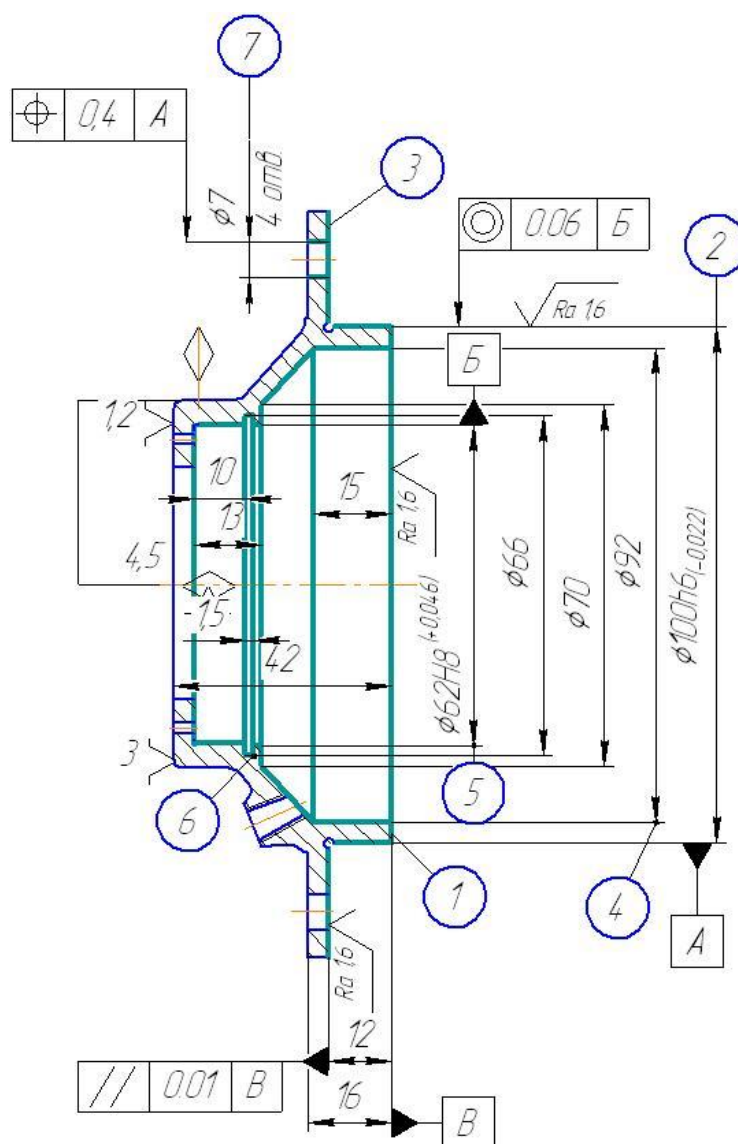


Рисунок 3.6 – Схема базування на операції 010

Таблиця 3.9 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
1	2	3	4
Багатоцільова	Ø7	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø100h6	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø92	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø670	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø66	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø62H8	відсутня	Діаметральний розмір

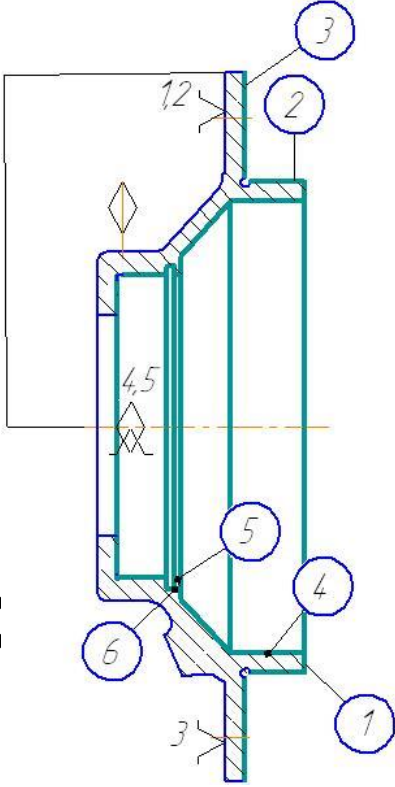
Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4
	42	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	10	відсутня	Обробка з одного установа
	13	відсутня	Обробка з одного установа
	15	відсутня	Обробка з одного установа
	1.5	відсутня	Обробка з одного установа
	12	відсутня	Обробка з одного установа
	Допуск паралельності торця і бази В	відсутня	Обробка з одного установа
	Допуск співвісності отвора Ø100 і бази Б	відсутня	Обробка з одного установа
	Допуск позиціонування отворів Ø7 відносно бази А	відсутня	Обробка з одного установа

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

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

Таблиця 3.11 - Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема установки	Верстат
1	2	3	4
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити 2 Точити торець 1, поверхню 2 та торець 3 попередньо 3 Точити торець 1 остаточно, поверхню 2 попередньо та торець 3 остаточно 4 Точити поверхню 2 остаточно 5 Точити поверхню 2 тонко 6 Розточити отвір одноразово, отвір 5 попередньо 7 Розточити отвір 5 попередньо 8 Розточити канавку 6 9 Розточити отвір 5 остаточно 10 Зняти заготовку</p>		<p>ТАМ</p> <p>Багатоцілевий токарний напівавтомат ІП420КФ30</p>

МКР 131

010	<p><u>Комбінована</u></p> <p>1 Встановити і закріпити 2 точити торець 3 і поверхню 1 попередньо 3 Розточити попередньо отвір 2 4 Точити остаточно поверхню 1 5 Розточити остаточно отвір 2 6 Свердлити 2 отвора 4 7 Центрувати 4 отвори 5 8 Свердлити 4 отвори 5 9 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний 1П420ПФ40
-----	--	--	--------------------------------

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
015	<p><u>Вертикально-свердлильна</u></p> <p>1 Встановити і закріпити 2 Фрезерувати площину 1 3 Центрувати отвір 2 4 Свердлити отвір 2 5 Нарізати різь в отворі 2 6 Зняти заготовку</p>		Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2

3.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

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

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних

верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету.

Таблиця 3.12 - Попередні значення допусків

Розміри заготовки	31	32	33
Попередні значення допусків	0.39	0.84	0.43

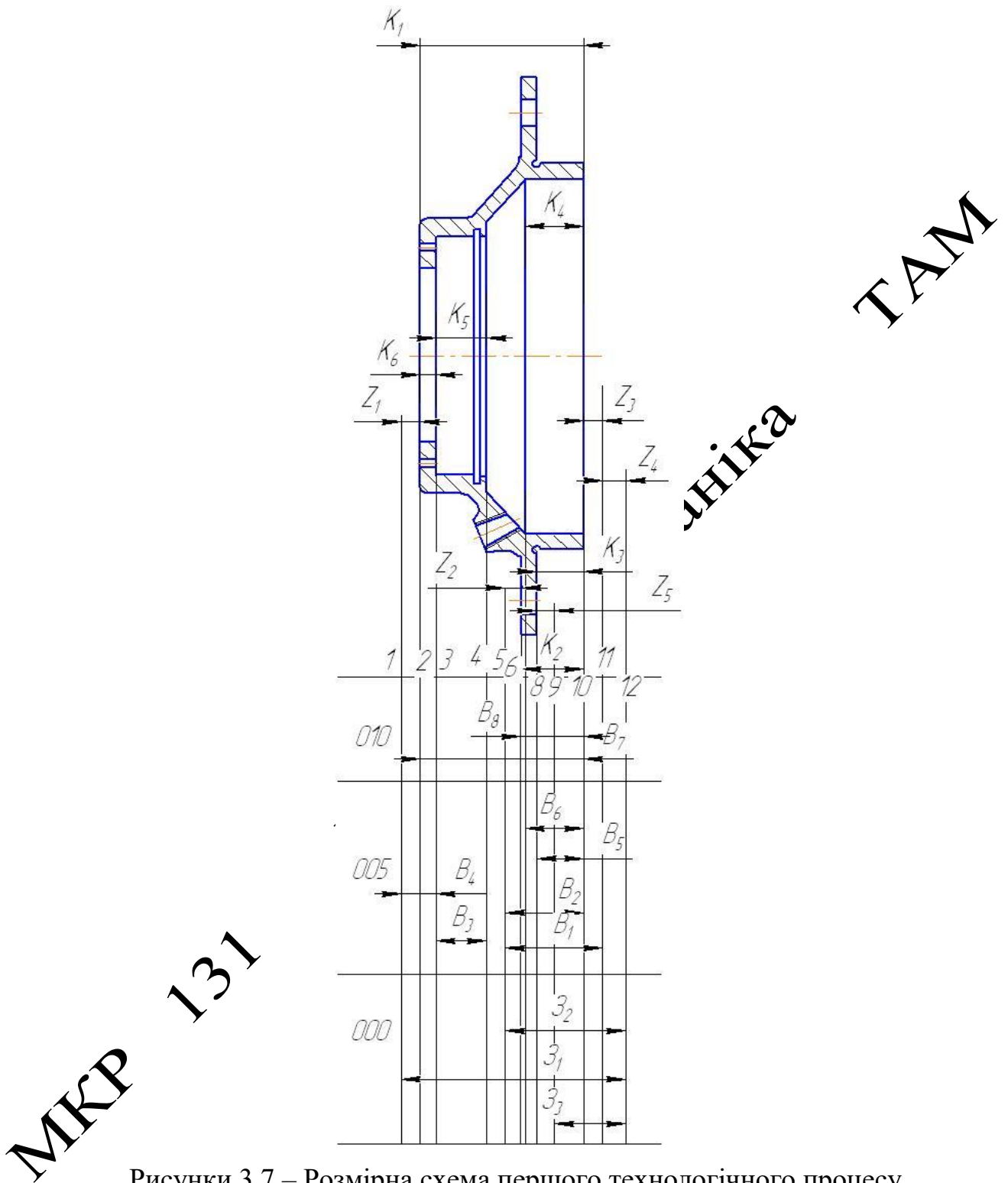
ТАМ

Таблиця 3.13 – Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Попередні значення допусків	0.52	0.33	0.18	0.18	0.18	0.21	0.25	0.21

Іркладна механіка

МКР 131



Рисунки 3.7 – Розмірна схема першого технологічного процесу

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

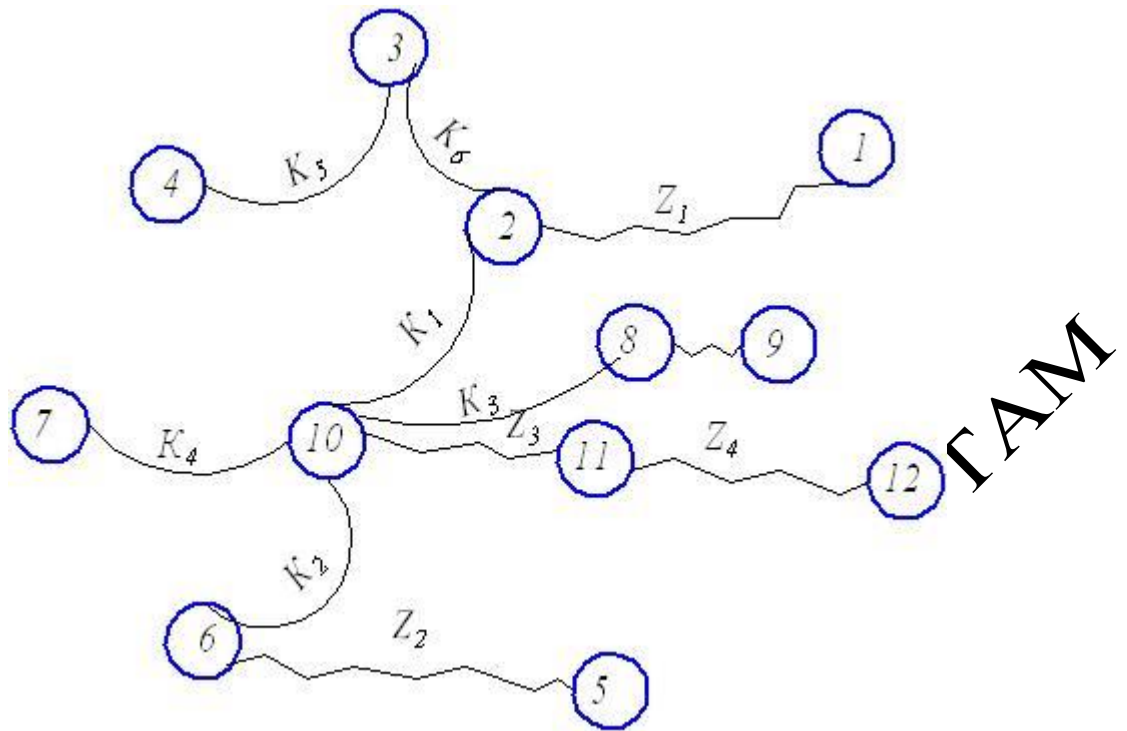


Рисунок 3.8 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів V_1, V_2, \dots і розмірів заготовки Z_1, Z_2, \dots називається похідним графом.

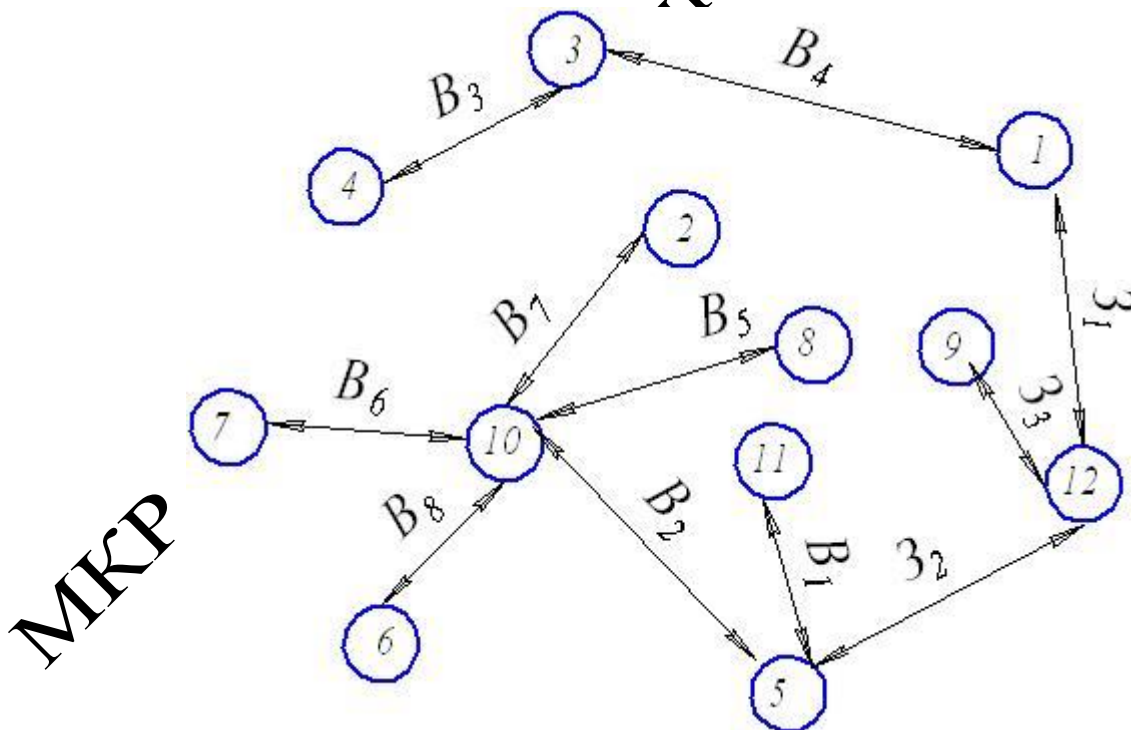


Рисунок 3.9 – Похідний граф-дерево

Сумщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

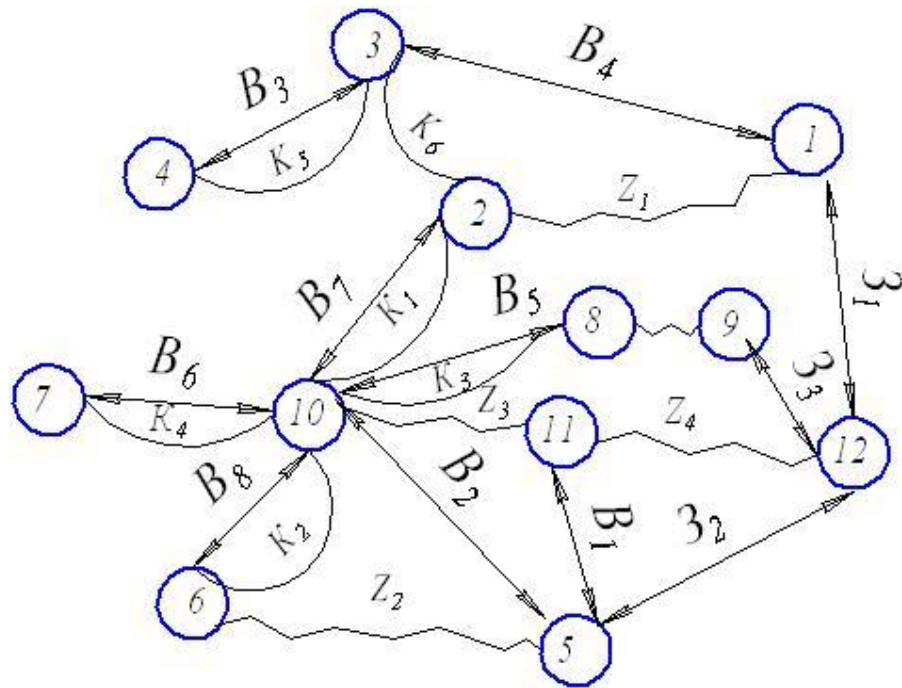


Рисунок 3.10 – Сумщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 3.14.

Таблиця 3.14 – Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_{\min}	0,8	0,8	0,3	0,5	0,8

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.7

Таблиця 3.15 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	2	3	4
1	$B_3 - K_5 = 0$	$B_3 = K_5$	B_3
2	$B_7 - K_1 = 0$	$B_7 = K_1$	B_7

Провження таблиці 3.15

1	2	3	4
3	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
4	$B_8 - K_2 = 0$	$B_8 = K_2$	B_8
4	$B_5 - K_3 = 0$	$B_5 = K_3$	B_5
5	$Z_1 + K_6 - B_4 = 0$	$Z_1 = B_4 - K_6$	B_4
5	$Z_2 + K_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_2 - K_2$	B_2
6	$Z_3 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
7	$Z_4 + B_1 - 3_2 = 0$	$Z_4 = 3_2 - B_1$	3_2
11	$Z_3 - 3_1 + Z_4 + K_1 + Z_1 = 0$	$Z_3 = 3_1 - Z_4 - K_1 - Z_1$	3_1
12	$Z_5 + 3_3 - 3_2 + B_2 - K_3 = 0$	$Z_5 = 3_3 + 3_2 - B_2 + K_3$	3_3

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

$$1. B_3 = K_5 = 13 \pm 0.09;$$

$$2 B_7 = K_1 = 44_{-0.25}$$

$$3 B_6 = K_4 = 15_{-0.21}$$

$$4 B_8 = K_2 = 18_{-0.21}$$

$$5 B_5 = K_3 = 12_{-0.18}$$

$$6. Z_{1 \min} = B_{4 \min} - K_{6 \max};$$

$$B_{4 \min} = 0.8_{+0.14} = 4.8 \text{ мм};$$

$$B_{4 \max} = B_{4 \min} + T(B_4) = 4.8 + 0.18 = 4.98 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 4.98_{-0.18} \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = B_{4 \max} - K_{6 \min} = 4.98 - 3.88 = 1.1$$

$$7. Z_{2 \min} = B_{2 \min} - K_{2 \max};$$

$$B_{2 \min} = 0.8 + 18 = 18.8 \text{ (мм)};$$

$$B_{2 \max} = 18.8 + 0.33 = 19.13 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 19.13_{-0.33} \text{ (мм)}.$$

$$Z_{2 \max} = B_{2 \max} - K_{2 \min} = 19.13 - 17.79 = 1.34$$

$$8. Z_{3 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max}$$

$$B_{1 \min} = 0.3 + 19.13 = 19.43 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = 19.43 + 0.52 = 19.95 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 19.95_{-0.52} \text{ (мм)}.$$

$$Z_{3 \max} = 19.95 - 18.8 = 1.15$$

$$9. Z_{4 \min} = Z_{2 \min} - B_{1 \max}$$

$$Z_{2 \min} = 0.5 + 19.95 = 20.45 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2 \max} = 20.45 + 0.84 = 21.29 \text{ (мм)};$$

$$Z_2 = 21.29_{-0.84}.$$

$$Z_{4 \max} = Z_{1 \max} - B_{1 \min} = 21.29 - 19.43 = 1.86 \text{ (мм)};$$

$$10. Z_{3 \min} = Z_{1 \min} - Z_{4 \max} - K_{1 \max} - Z_{1 \max}$$

$$Z_{1 \min} = 0.3 + 1.86 + 44 + 1.1 = 47.26 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = 47.26 + 0.39 = 47.65 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 47.65_{-0.39}.$$

$$11. Z_{5 \min} = -Z_{3 \max} + Z_{2 \min} - B_{2 \max} + K_{2 \min}$$

$$Z_{3 \max} = 20.45 - 19.13 + 11.82 - 0.8 = 12.34 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3 \min} = 12.34 - 0.43 = 11.91 \text{ (мм)};$$

$$Z_3 = 12.34_{-0.43}.$$

$$Z_{5 \max} = 21.29 - 11.91 - 18.8 + 12 = 2.58 \text{ (мм)}$$

Таблиця 3.16 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру у	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₁	47,26	47,65	0,39	47,65		47,65 _{-0,39}
Z ₂	20,45	21,29	0,84	21,29		21,29 _{-0,84}
Z ₃	11,91	12,34	0,43	12,34		12,34 _{-0,43}
B ₁	19,43	19,95	0,52	19,95	19,95 _{-0,52}	
B ₂	18,8	19,13	0,33	19,13	19,13 _{-0,33}	
B ₃	12,91	13,09	0,18	13	13 _{±0,09}	
B ₄	3,86	4	0,14	4	4 _{-0,14}	
B ₅	11,82	12	0,18	12	12 _{-0,18}	

B ₆	14,79	15	0,21	15	15 _{-0,21}	
B ₇	43,75	44	0,25	44	44 _{-0,25}	

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

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень R_Z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні R_Z=200мкм T=300 мкм. При попередньому точінні приймаємо R_Z=T=50 мкм, а на наступному переході відповідно 30 мкм, при чистовому точінні – R_Z=20 мкм, T=25 мкм, при шліфуванні - R_Z=10 мкм, T=15 мкм.

Жолоблення слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot l)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad [\text{мм}] \quad (3.8)$$

де Δ_k - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 \cdot 100)^2 + (0.7 \cdot 12)^2} = 70,5 \text{ (мм)};$$

$\rho_{\text{зм}}$ відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру Ø71 (0,3).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{70.5^2 + 30^2} = 76,6 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мм]} \quad (3.9)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 76,6 = 4,6 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 4,6 = 0,18 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мм]} \quad (3.10)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві; ε_3 – похибка закріплення, що при установці в трикулачковий патрон складає 300 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 300 \text{ (мкм)}$$

При повторному попередньому точінні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ (мкм)}$$

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

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \text{ [мм]}$$

Мінімальний припуск під точіння:

$$2Z_{1\min}=2(150+200+1837)=2\cdot 2187 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{1\min}=2(100+100+110)=2\cdot 310 \text{ мкм(мкм)}$$

$$2Z_{2\min}=2(50+50+5,5)=2\cdot 105,5 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{2\min}=2(30+30+0,22)=2\cdot 60,22 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{2\min}=2(10+20)=2\cdot 30 \text{ (мкм)}$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=69,9935 \text{ (мм)}$$

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

$$d_1=69,9935+2\cdot 0,03=70,0535 \text{ (мм)}$$

$$d_2=70,0535+2\cdot 0,06022=70,17394 \text{ (мм)}$$

$$d_3=70,17394+2\cdot 0,1055=70,38494 \text{ (мм)}$$

$$d_4=70,38494+2\cdot 0,31=71,00494 \text{ (мм)}$$

$$d_5=71,00494+2\cdot 2,187=75,37894 \text{ (мм)}$$

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

Для шліфування остаточного допуск складає 13 мкм, відповідно для 5 квалітету; для остаточного шліфування допуск рівен – 19 мкм (6 квалітет), для чистового точіння, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 30 мкм, для попереднього точіння для 10 і 13 квалітетів допуск відповідно рівний – 120 і 460 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 740 мкм.

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

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$69,9935+0,013=70,0065(\text{мм})$$

$$70,054+0,019=70,073(\text{мм})$$

$$70,17+0,03=70,2(\text{мм})$$

$$70,38+0,12=70,5(\text{мм})$$

$$71+0,46=71,46 (\text{мм})$$

$$75,38+0,74=76,12 (\text{мм})$$

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

$$2Z_{\min 5}=69,9935-70,054=0,0605(\text{мм})$$

$$2Z_{\max 5}=70,0065-70,073=0,0665(\text{мм})$$

$$2Z_{\min 4}=70,17-70,054=0,116(\text{мм})$$

$$2Z_{\max 4}=70,2-70,073=0,127(\text{мм})$$

$$2Z_{\min 3}=70,38-70,17=0,21 (\text{мм})$$

$$2Z_{\max 3}=70,5-70,2=0,3 (\text{мм})$$

$$2Z_{\min 2}=71-70,38=0,62 (\text{мм})$$

$$2Z_{\max 2}=71,46-70,5=0,96 (\text{мм})$$

$$2Z_{\min 1}=75,38-71=4,38 (\text{мм})$$

$$2Z_{\max 1}=76,12-71,46=4,66 (\text{мм})$$

Загальні припуски визначаємо сумуючи проміжні значення припусків:

$$2Z_{0\min} = 4380 + 620 + 210 + 116 + 60,5 = 5386,5 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{0\max} = 4660 + 960 + 300 + 127 + 66,5 = 6113,5 \text{ (мкм)}$$

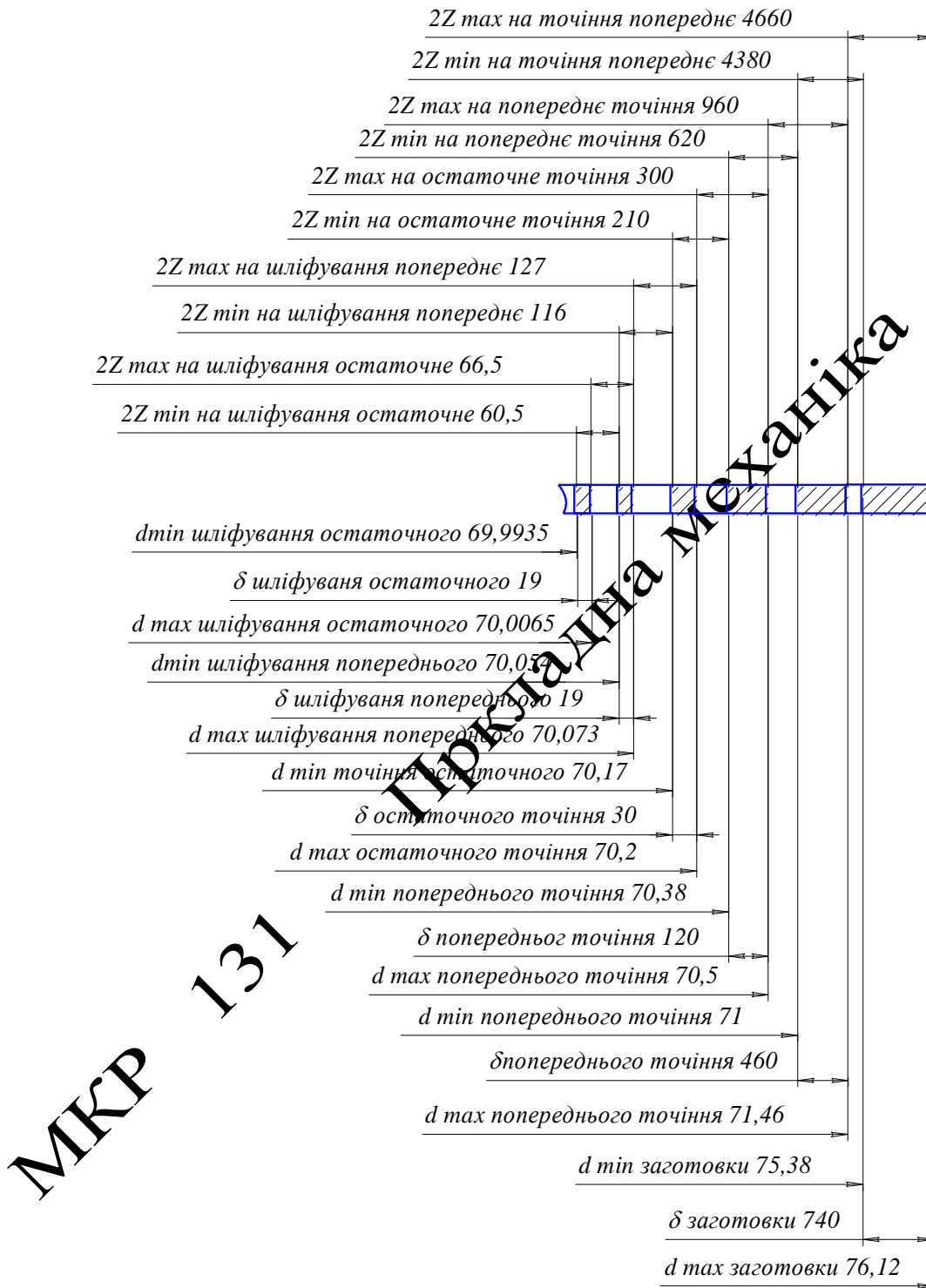


Рисунок 3.11 - Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 70$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 5} - 2Z_{\min 5} = 4660 - 4380 = 280 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 740 - 460 = 280 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 960 - 620 = 340 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 460 - 120 = 340 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 300 - 210 = 90 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 120 - 30 = 90 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 127 - 116 = 11 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 30 - 19 = 11 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 66,5 - 60,5 = 6 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_5 - \delta_6 = 19 - 13 = 6 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

Таблиця 3.16- Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків		
	R	z	ε				2Z _{min}	d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Ø70											
Загострення	150	200	1837		75,3789	740	75,38	76,12			
Точіння попереднє	50	50	5,5	2·310	70,38494	120	70,38	70,5	620	620	960
Точіння попереднє	30	30	0,22	2·105	70,17394	30	70,17	70,2	210	210	300
Точіння остаточне	10	20	1837	2·60	70,0535	19	70,05	70,073	116	116	127

Точіння тонке	5	15	110	2·30	69,9935	13	69,99	70,006	60,5	60,5	66,5
Загальний припуск										5386,5	6113,5

3.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

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

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

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

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання 2 переходу операції 040.

На даній операції виконується розточування отвору 1. При цьому допускаються припуск 0,5 мм.

При цьому згідно [23] рекомендована подача для точіння торців складає:

$$S_{or1}=0,5 \text{ (мм/об.)}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо

комплекс коефіцієнтів:

- 1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1,15$;
- 2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1,1$;
- 3 Коефіцієнт, що залежить від виду інструмент $K_{SG}=0,95$;
- 4 Коефіцієнт, що залежить від міцності ріжучої частини інструменту, а саме від його товщини, що згідно рекомендацій прийнята рівною 4 мм $K_{sh}=1$;
- 5 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=0,9$;
- 6 Коефіцієнт, що враховує схему установки (в трьохкулачковому самоцентруючому патроні) $K_{sy}=1,2$;
- 7 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{st}=1$;
- 8 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри інструменту $K_{S\phi}=1$;
- 9 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{sj}=0,75$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1,1 \cdot 1,15 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75=0,84337$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,5 \cdot 0,84337=0,421 \text{ (мм/об);}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового розточування:

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=0,95$;

Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення);

$K_{SP}=1,3$ Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$K_{sm}=1,24$ Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні:

$K_{SP}=0,855$ Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця:

$K_{S\varphi}=1,6$ Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,95$.

Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі $K_{SD}=0,8$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,2 = 0,767$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o3}=0,74 \cdot 0,77 = 0,567 \text{ (мм/об)};$$

$$S_{oT4} = 0,55 \cdot 0,767 = 0,421 \text{ (мм/об)}$$

Для чистового розточування поправочні коефіцієнти складають:

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1$;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$;

Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця $K_{sr}=0,8$;

Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані $K_{S\varphi K}=0,95$;

Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,9$.

Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі $K_{SK}=1$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,8208$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{05}=0,4 \cdot 0,8208=0,328 \text{ (мм/об);}$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{різ1}}=108 \text{ (м/хв);}$$

$$V_{\text{різ2}}=108 \text{ (м/хв);}$$

$$V_{\text{різ3}}=138 \text{ (м/хв);}$$

$$V_{\text{різ4}}=148 \text{ (м/хв);}$$

$$V_{\text{різ5}}=415 \text{ (м/хв);}$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=5 \text{ (кВт);}$$

$$P_2=5 \text{ (кВт);}$$

$$P_3=3,7 \text{ (кВт);}$$

$$P_4=3,4 \text{ (кВт);}$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, від інструменту і стан деталі введемо поправочні коефіцієнти:

1 Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту $K_{vi}=1$;

2 Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу $K_{vc}=1$;

3 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{vj}=0,75$;

4 коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу

$$K_{vm}=1,3;$$

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{v\phi}=0,95$;

6 Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{vt}=1,1$;

7 Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{vj}=0,75$

8 Коефіцієнт, що враховує вид обробки:

$$\text{для підрізання торцю: } K_{vo}=1;$$

$$\text{для розточування отвору: } K_{vo}=1,2.$$

Загальний коефіцієнт складає:

$$K_1=1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,7641$$

$$K_2=1 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,917$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз1}}=108 \cdot 0,7641=82,5 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз2}}=108 \cdot 0,7641=82,5 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз3}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз4}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз5}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв)};$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]} \quad (3.11)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_1=1000 \cdot 82,5 / 3,14 \cdot 190=138,28 \text{ (об/хв)};$$

$$n_2=1000 \cdot 82,5 / 3,14 \cdot 190=138,28 \text{ (об/хв)};$$

$$n_3=1000 \cdot 105,5 / 3,14 \cdot 190=176,84 \text{ (об/хв)};$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1 / 3,14 \cdot 190=189,6 \text{ (об/хв)};$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555 / 3,14 \cdot 190=637,87 \text{ (об/хв)};$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання:

$$n_1=138 \text{ (об/хв)};$$

$$n_2=138 \text{ (об/хв)};$$

$$n_3=176 \text{ (об/хв)};$$

$$n_4=189 \text{ (об/хв)};$$

$$n_5=637 \text{ (об/хв)};$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_m = n \cdot S_o \text{ [мм/хв]} \quad (3.12)$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{m1} = 138 \cdot 1,067 = 147,246 \text{ (мм/хв);}$$

$$S_{m2} = 138 \cdot 1,067 = 147,246 \text{ (мм/хв);}$$

$$S_{m3} = 176 \cdot 0,567 = 99,792 \text{ (мм/хв);}$$

$$S_{m4} = 189 \cdot 0,421 = 79,569 \text{ (мм/хв);}$$

$$S_{m5} = 637 \cdot 0,328 = 208,936 \text{ (мм/хв);}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для другого переходу операції 005.

Отримані результати заносимо до таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 - Режими різання на операції 010

Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання, м/хв	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання	Хвилинна подача
1 Точіння поперечне	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
2 Точіння остаточне	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
3 Розточування отвору поперечне	2,2	0,74	0,567	138	105,5	176	3,7	99,79
4 Розточування отвору поперечне	1,1	0,55	0,421	148	113,1	189	3,4	79,57

5 Свердління отворів Ø11	5,5	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675
6 Центрування отворів	2,5	0,13	0,13	27,5	23,375	39	0,2	509
7 Свердління отворів Ø11	5,5	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675

3.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

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

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

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв] \quad (3.13)$$

де $T_{ц.а.}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{ц.а.} = T_0 + T_{мд} [хв] \quad (3.14)$$

T_0 – основний час роботи верстата за програмою, $T_{мд}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_0 = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_M \text{ [хв]}, \quad (3.15)$$

де l_0 - довжина оброблюваної поверхні; l_1 - довжина підводу; l_2 - довжина врізання; l_3 - довжина перебігу; S_M - хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів $\varnothing 7$ наведено в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 - Основний час автоматичної роботи верстату для обробки отворів $\varnothing 7$

Перехід механічної обробки	Довжина оброблюваної поверхні, мм	Довжина підводу інструменту, мм	Довжина врізання інструменту, мм	Довжина перебігу інструменту, мм	Хвилинна подача, мм/хв	Основний час, хв
Центрування отворів $\varnothing 5$	5	5	3	-	439,4	0,05
Свердління отворів $\varnothing 7$	6	5	7,5	-	135,25	0,16
Всього						0,21

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів - 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{МВХ1}}=(2 \cdot 100+84)/6000=0,05 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 005 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}}=(0,05+0,06+0,21+0,11)+(0,01+0,01+0,01+0,01)=0,47 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час $T_{\text{в}}$ складається із:

$$T_{\text{в}}=T_{\text{вуст}}+T_{\text{воп}}+T_{\text{ввим}} \text{ [хв]} \quad (3.16)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,03хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,02 хв;
- перевірку проходу інструмента в задану точку після обробки – 0,012 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,02+0,012=0,032 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}}=0,023 \cdot 2=0,046 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_B = 0,03 + 0,032 + 0,046 = 0,1 \text{ (хв.)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (3.17)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (0,47 + 0,1)(1 + 9/100) = 0,61 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	2,25	2,93
010	0,471	0,61
015	0,18	0,24

3.11 Проектування дільниці механічної обробки

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

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.13)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (3.14)$$

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

Для деталі корпус 1 отримаємо:

$$K_{11} = 3 \sqrt{\frac{0.4}{0.4}} = 0.9148$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (5.3)$$

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:

$$K_{21} = \left(\frac{3500}{4500}\right)^{0.15} = 0,961$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}} \right)^{\alpha_2} \quad (3.15)$$

\bar{K}_{Ti} , $\bar{K}_{T.пр.}$ - середнє значення точності деталі і представника;

\bar{R}_{ai} , $\bar{R}_{a.пр.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{12,2}{12,8} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{11}{10,245} \right)^{\alpha_2} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,94 \cdot 0,9148 \cdot 0,961 = 0,828$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 3.18 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Кришка	0,4	3500	1	1	1	1	3500
Кришка 1	0,35	4500	0,91	0,94	0,963	0,828	3727
Кришка 2	0,38	5600	0,966	0,891	0,931	0,802	4494
Кришка 3	0,36	6500	0,932	0,9	0,911	0,764	4970

Кришка 4	0,31	7250	0,84	0,89	0,896	0,673	4881
Кришка 5	0,35	6000	0,914	0,88	0,922	0,742	4455
Кришка а 6	0,3	6400	0,825	0,87	0,913	0,656	4198
Кришка 7	0,28	7200	0,788	0,8	0,897	0,566	4075
Кришка 8	0,3	6500	0,825	0,92	0,911	0,692	4499
Всього							38799

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} \cdot \Phi_d \cdot m \quad (3.16)$$

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

Φ_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:

$$T_{пр} = \frac{2.93 \cdot 38799}{60} = 1894 \text{ год}$$

Для операції 010 трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{0.61 \cdot 38799}{60} = 394 \text{ год}$$

Для операції 015:

$$T_{\text{пр}} = \frac{0.24 \cdot 38799}{60} = 155 \text{ год}$$

Отже кількість верстатів 1П420ПФ30 складає:

$$C_p = \frac{1894}{2040} = 0,928$$

Верстатів 1П420ПФ40:

$$C_p = \frac{394}{2040} = 0.193$$

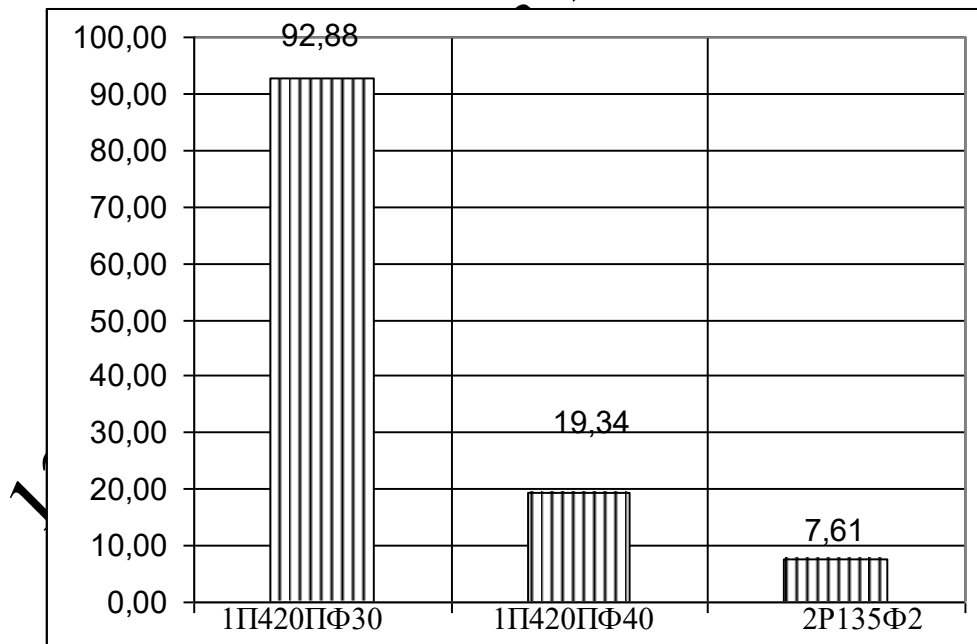


Рисунок 3.12 – Графік завантаження обладнання

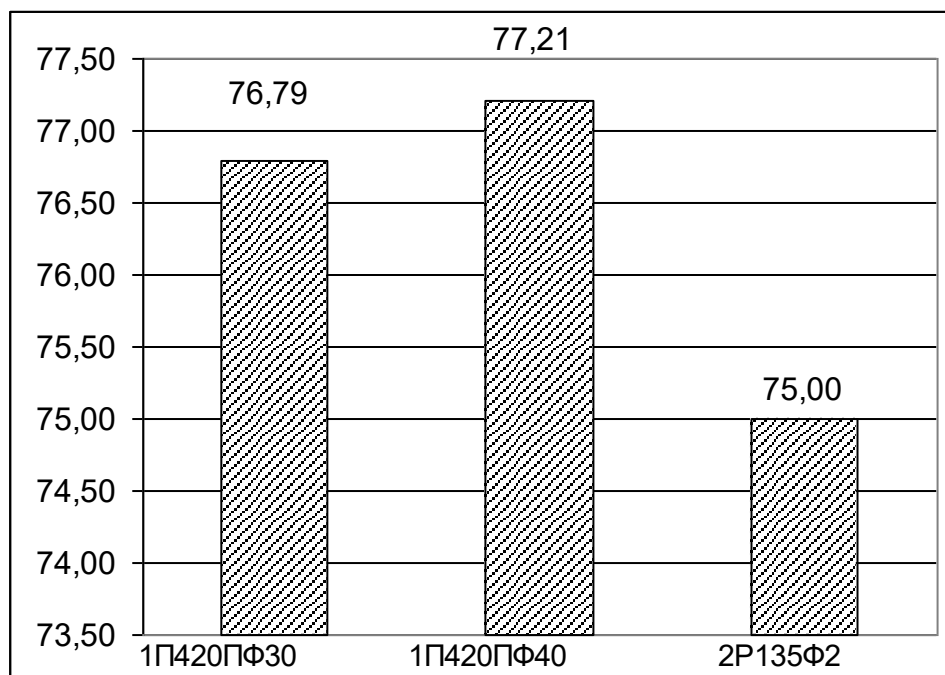


Рисунок 3.13 – Графік використання обладнання за основним часом

Верстатів 2Р135Ф2:

$$C_p = \frac{155}{2040} = 0,076$$

Отримані результати занесемо до таблиці 3.19. Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці.

Таблиця 3.19 - Розрахунок кількості обладнання.

№оп	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Багатоцільова	0,928	1	0,928	0,3994	0,7679
010	Багатоцільова	0,193	1	0,193		0,7721
015	Свердлильна	0,076	1	0,076		0,75

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

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (3.17)$$

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

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

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,928 / 1 \cdot 1840 = 0,99$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

Таблиця 3.20 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{\text{пр}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	$K_{\text{з}}$	$K_{\text{м}}$	P , чол	$P_{\text{пр}}$, чол
Багатоцільовий	1	1840	0,928	1	0,99	1
Багатоцільовий	1		0,193	1	0,21	1
Свердлильний	1		0,076	1	0,08	1

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

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -3 чол.

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

$$P_{др}=(0,2\dots0,25)\cdot3=0,6\dots0,75$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

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

$$P_{ІТР}=(0,15\dots0,21)\cdot3=0,54\dots0,72$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

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

$$P_{СКП}=0,022\cdot3=0,066$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{МОП}=0,02\cdot(3+1+1+1)=0,12$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 3.21 - Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		3
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	15...21%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 6 металорізальних верстатів, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

МКР 131

Пркладна механіка

ТАМ

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

В магістерській роботі розглядається процес обкочування поверхні. Це дозволяє збільшити твердість, зменшити шорсткість отриманої поверхні.

Ступень новизни науково-дослідної роботи складає 30 балів, оскільки робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження, розроблено більш простий спосіб – обкочування тороїдальним роликком для забезпечення потрібної твердості.

Показник рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи складає 20, оскільки робота містить практичні рекомендації для окремого випадку обкочування конкретної деталі.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

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

Показник, який характеризує науковий ефект:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 30 + 0,4 \cdot 20 = 26$$

Отже досягнутий достатній рівень показника наукового ефекту. Це досягнуто за рахунок розробки нової конструкції інструменту для обкочування, що забезпечує кращі параметри процесу.

4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
	1	2	3
1. Технічна здійсненність концепції	2	2	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	2	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)		2	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	4	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	1	1
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	2	2	2
Сума балів	СБ 1=32	СБ2 =31	СБ 3=32
Середньоарифметична сума балів $\bar{СБ}$	$= (32+31+32)/3=32$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної

в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

4.3.1 Витрати на оплату праці

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

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

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

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну плату розробників

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

Основна заробітна плата робітників, розраховується за формулою 4.2.

$$Z_o = \sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ [грн]} \quad (4.2)$$

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

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

$$C_i = \frac{M_m K_i K_c}{T_p t_{зм}} [\text{грн/год}]$$

де M_m — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), 6700 грн;

K_i , — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду, 1,7 – 5 розряд

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

T_p — середня кількість робочих днів в місяці, приблизно 22 дні

$t_{зм}$ — тривалість зміни, год.

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

$$C_5 = 24 \cdot 1,7 \cdot 1,8 / 22 \cdot 8 = 43,14 \text{ (грн./год.)}$$

Таблиця 4.8- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Бігатоцільова з	0,2745	5	43,14	10,83
Звердлильна з ЧПК	0,0027	5	43,14	0,11
Всього				10,94

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

$$Z_p = 10,94 \cdot 6624 = 72468,32 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників розраховується як (10...12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

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

$$Z_d = 0,12 \cdot (72468,32 + 24545,45) = 11641,65 \text{ (грн.)}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

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

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (24545,45 + 72468,32 + 11641,65) \cdot 0,22 = 23904,19 \text{ (грн.)}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

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

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (4.8)$$

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

Таблиця 4.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
АЛ9	12	3,12	0,18	4	40,46

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

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

А для всієї партії:

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

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі виріб, які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.3)$$

де H_j — кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j — покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

Ку — коефіцієнт транспортних витрат, 1.1

Оскільки проектується і досліджується технологічний процес, то комплектуючими є ріжучий інструмент.

Таблиця 4.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт	Ціна за шт, грн	Сума, грн
Різці токарні	24	140	3360
Свердла	6	180	1080
Фрези	12	450	5400
Вимірювальний інструмент	10	800	8000
Ролики обкатні	2	650	1300
Всього			19140

4.3.5 Спецустаткування для наукових робіт

В якості спецустаткування використовується пристосування для обкочування деталей вартістю 12000 грн.

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових робіт.

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

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{Ц_{\sigma} t_{вук}}{T_{\sigma} 12}$$

де C_6 – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$t_{\text{вик}}$ – строк корисного використання обладнання,

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

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

Таблиця 4.9 – Амортизаційні відрахування

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

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

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

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

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

K_{eni} - коефіцієнт, що враховує використання потужності,

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

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

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

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

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

$$C_e = (1150,40 + 293,93 + 3513,57) \cdot (1 + 0,2) / 10^3 = 5,95 \text{ (грн)}$$

Таблиця 4.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи	Сума, грн
Багатоцільовий	10	0,2745	18,37
Фрезерний з ЧПК	10	0,0027	0,18
Всього			18,55

Для всієї партії:

$$18,55 \cdot 6624 = 122\,898,1 \text{ (грн.)}$$

4.3.9 Службові відрядження

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

$$V_{CB}=0,22 (24545,45+72468,32)=21343,03$$

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

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

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуються як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{CP}=0,3 (24545,45+72468,32)= 29104,13 \text{ (грн)}$$

4.3.11 Інші витрати

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

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

$$I_B=0,5 (24545,45+72468,32)= 48506,88 \text{ (грн)}$$

4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

- До статті «Накладні (загальноавиробничі) витрати» належать:

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

$$V_{\text{нзв}}=1,1 (24545,45+72468,32)= 106715,15 \text{ (грн)}$$

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

$$V_{\text{зар}}=24545,45+72468,32+11641,65+23904,19+268033,38+1914+12000+28140 \\ 5+ \\ +122895,1+21343,03+29104,13+48506,88+106715,15=1041705,42 \text{ (грн)}$$

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

$$ЗВ=1041705,42/0,5=2083410,84 \text{ (грн)}$$

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

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p=(5^3 \cdot 3 \cdot 4)/(1041,70542 \cdot 1)=0,18$$

Тобто робота є відносно ефективною.

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

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 2624 шт; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 4000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 5150 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу – 50 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2023 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2023-го, 2024-го, 2025-го та 2026-го років.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - 9/100) \quad (5.13)$$

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

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_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;

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

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

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (250 \cdot 6624 + 5400 \cdot 2624) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 25911369,67 \text{ (грн.)}$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta \Pi_i}{(1 + \tau)^i} \quad (4.15)$$

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

τ – 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%);

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

$$III = \frac{25911369,67}{(1+0.1)^2} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^3} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^4} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^5} = 7467539,26 \text{ (грн.)}$$

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

$$PV = 2 \cdot 2083410,84 = 4166821,67 \text{ грн}$$

$$E_{abc} = 7467539,26 - 4166821,67 = 3300717,58 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$$E_B = \sqrt[T_j]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (4.16)$$

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

T_j – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[13]{1 + 3300717,58 / 4166821,67} - 1 = 0,34 = 34\%$$

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

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

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,1 \dots 0,12)$;

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

$$\tau \text{ мін} = 0,11 + 0,10 = 0,21 \text{ або } \tau \text{ мін} = 21\%$$

Оскільки величина $E_B = 34\% > \tau \text{ мін} = 21\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,34 = 2,95$$

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 (2,95 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розробка удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Кришка В-7» відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження. [31]

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання робочого місця

Рационально організоване робоче місце забезпечує умови праці і правильну побудову робочого процесу. Кожне робоче місце має свої специфічні особливості, пов'язані з особливостями організації виробничого процесу, різноманіттям форм конкретної праці.

Планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого

простору.

Висота робочої поверхні столу для ПК має бути в межах 680 - 800 мм, а ширина - забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота - 725 мм, ширина - 600 - 1400 мм, глибина - 800 - 1000 мм.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги – не менше 650 мм.

Робочий стіл для ПК, як правило, має бути обладнаним підставкою для ніг шириною не менше 300 мм та глибиною не менше 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні - в межах 20 град. Підставка повинна мати рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, є обов'язковим.

Основні вимоги щодо роботи на ПК:

- не залишати працюючі ПК і їхні пристрої без нагляду;
- підключати і відключати роз'єми кабелів пристроїв ПК тільки при відключеній напрузі;
- подавати напругу на пристрої і окремі блоки ПК тільки після ретельної перевірки надійності кріплення провідників заземлення, справності кабелів і роз'ємів мережі електроживлення;
- при виявленні запаху горілого в пристроях ПК необхідно вимкнути апаратуру, повторно не включати і звернутися до спеціаліста з технічного обслуговування ПК;
- для профілактики порушень і підтримання працездатності оператора ПК власником повинні бути введені додаткові регламентовані перерви для відпочинку;
- у період роботи за дисплеєм необхідно передбачити через кожні 40 – 45 хв три-п'ятихвилинні перерви для відпочинку. Середня сумарна тривалість

роботи за монітором за день не повинна перевищувати 4 год, а за тиждень 20 год [4].

В приміщенні, де проводилася розробка удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Кришка В-7» використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом. Величина напруги цієї мережі становить 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки [35].

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення із використанням природних заземлювачів;
- 3) систематичне проведення інструктажу з електробезпеки;
- 4) суворе дотримання правил електробезпеки на робочому місці.

Таким чином, рівень організації та обслуговування робочих місць значно впливає на ступінь важкості, утомливості й привабливості праці. Чим раціональніше організоване робоче місце, чим воно зручніше, чим краще забезпечене всім необхідним для безперебійної та ритмічної роботи, тим менш утомливою буде праця, тим більша її привабливість, тим вищі працездатність працівника і рівень продуктивності його праці.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Виробниче приміщення – замкнутий простір в спеціально призначених будинках та спорудах, в яких постійно (по змінах) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей.

Мікрокліматичні умови на робочому місці, у виробничих приміщеннях – найважливіший санітарно-гігієнічний фактор, від якого багато в чому

залежить стан здоров'я та працездатність людини. Визначається він поєднанням таких показників або параметрів, як температура повітря і поверхонь, відносна вологість, швидкість руху (рухливість) повітря, теплове випромінювання.

У санітарних нормах ДСН 3.3.6.042-99 [36] встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні тепловиділення).

Робота розробника за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [37]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні використовується централізована парова система опалення (для підтримання температури в холодний період року) та система кондиціонування (для підтримання температури в теплий період року), а також систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Чистота повітря виробничого середовища є важливим фактором підтримання стабільної працездатності працівників, формування у них позитивного ставлення до роботи, підвищення продуктивності праці. Багатьма дослідженнями доведено, що система дихання людини найменш пристосована

до забрудненої атмосфери. Слизові оболонки, легеневий апарат піддаються більшому впливу забрудненого повітря, ніж очі та шкіряний покрив. Разом з тим велика кількість виробничих процесів супроводжується утворенням дрібних часточок твердих або рідких речовин, які утримуються в повітрі. Кількість домішок – газів, парів, пилу, які містяться в одному літрі або одному кубічному метрі повітря у грамах, характеризує ступінь забруднення виробничого середовища.

В приміщенні, де виконується розробка, можливими шкідливими речовинами у повітрі є фенол, пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні, через вікна, двері та заноситься співробітниками.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально дозволена концентрація	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Максимально необхідні	50000	50000
-----------------------	-------	-------

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання.

5.2.3. Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 [38] в приміщенні, де здійснюється розробка удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Кришка В-7» за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для роботи зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Систематична заміна перегорілих ламп.

5.2.4. Виробничий шум

Шкідливий та небезпечний вплив шуму на організм людини

встановлено з повною достовірністю. Ступінь такого впливу, переважно, залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати на більшість органів та систем організму людини. Так, дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо.

Джерелом шуму під час розробки є працююча офісна техніка, а також – рух автотранспорту біля будинку. У табл. 2.4 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності згідно ДСН 3.3.6.037-99 [39].

Таблиця 5.5 – Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях.

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами.

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

5.2.5. Виробничі випромінювання

Розробка удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Кришка В-7» відбувалася за допомогою ПК, відповідно існує ймовірність впливу ЕМП на працівника.

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму. У результаті дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму.

Ці порушення виникають в результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, в також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи. У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл.2.5.

Таблиця 5.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Заходи щодо зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання: оптимальна організація робочого місця, доцільне розміщення технологічного устаткування, дотримання гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

5.3. Пожежна безпека

Пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людину її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій.

В приміщенні, де проводилася розробка, використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д» [30]. За вогнестійкістю приміщення відноситься до третьої категорії [31].

5.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні, де виконувалася робота такі:

- несправна електропроводка (іскріння, перегрів провідників, пересихання електроізоляційних матеріалів);
- використання електро побутових пристроїв (електрочайники, обігрівачі); попадання вологи на працююче електрообладнання;
- залишення без нагляду увімкннутих комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання виникнення пожежі доцільні такі заходи:

- проведення навчань з питань пожежної безпеки (інструктажі та пожежно-технічні мінімуми);
- суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівлі, технічне переобладнання електромережі, опалення, вентиляції, освітлення тощо;

- заборона паління та застосування відкритого вогню у приміщенні;
- своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів обчислювальної техніки та допоміжного устаткування.

5.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних чинників пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї. Протипожежний захист підприємства здійснюється за такими чотирма напрямками.

1. Обмеження розмірів та поширення пожежі: розміщення будівель та споруд на території об'єкта із дотриманням протипожежних розривів та інших вимог пожежної безпеки; дотримання обмежень стосовно кількості поверхів будівель та площі поверху; правильне планування та розміщення виробничих цехів, приміщень, діляниць у межах будівлі; вибір будівельних конструкцій необхідних ступенів вогнестійкості; встановлювання протипожежних перешкод у будівлях, системах вентиляції; облаштування систем автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння.

2. Обмеження розвитку пожежі: обмеження кількості горючих речовин, що одночасно знаходяться в приміщенні; використання оздоблювальних будівельних та конструкційних матеріалів з нормативними показниками вибухопожежонебезпечності.

3. Забезпечення безпечної евакуації людей та майна: вибір такого об'ємно-планувального та конструктивного виконання будівлі, щоб евакуація людей була завершена до настання гранично допустимих рівнів чинників пожежі; застосування аварійного вимкнення устаткування та комунікацій; облаштування систем протидимового захисту, які запобігають задимленню шляхів евакуації; влаштування необхідних шляхів евакуації (коридорів,

сходових кліток, зовнішніх пожежних драбин), раціональне їх розміщення та належне утримання.

4. Створення умов для успішного гасіння пожежі: встановлення в будівлях та приміщеннях установок пожежної автоматики; забезпечення приміщень нормованою кількістю первинних засобів пожежогасіння.

У приміщенні на випадок виникнення пожежі для обмеження її розповсюдження знаходиться переносний вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-5 [32]. Підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електросхем устаткування вільні.

У коридорі приміщення розташована схема евакуації людей при пожежі. Шляхи евакуації з відділу відповідають правилам пожежної безпеки. У будинку є два виходи, ширина коридору – 2-3 метри, ширина дверей – 0,8 м., двері відкриваються по ходу руху людей у випадку евакуації.

МКР 131

Пркладна механіка

ТАМ

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасних засобів для моделювання складальних одиниць та їх подальшого дослідження.

Для моделювання редуктора гвинтокрила обрано SolidWorks, в якому створено твердотільні моделі понад 50 деталей та виконано складання вузла. За допомогою блоку Simulation досліджено вузол при його роботі. Що дозволило підібрати режими гартування для зубчастого вінця, збільшити діаметр валу в небезпечному перерізі, збільшити радіус заокруглення у місці перепаду діаметрів. Що дозволило уникнути руйнування при тривалій експлуатації, або максимальних навантаженнях.

Для деталі кришка, що є складовою редуктора гвинтокрила, досліджено спосіб отримання заготовки. Для цього за допомогою CAD-системи Solidworks була побудована геометрія деталі «Кришка» для подальшого розрахунку деформації в Autodesk Moldflow Synergy. Дані розрахунки дозволили запропонувати охолодження форми, що дозволяє наповнити її без утворення пустот, при мінімальній товщині стінок, які є вільними поверхнями. Це дозволило оптимізувати конструкцію деталі кришка.

Це враховано при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка». В технологічній частині роботи визначений тип виробництва і форми організації роботи, 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 кокиль, яке дає змогу забезпечити високу точність заготовки та порівняно високу продуктивність в умовах даного типу виробництва. Проведено розрахунки припусків на обробку, здійснений вибір чистових і чорнових технологічних баз, спроектований технологічний процес, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу та проектування ділянки 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. Для контролю якості оброблених поверхонь та деталі в цілому, розроблено схеми контролю та вибрано типи вимірювального інструменту

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,95 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», 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.

МКР 131

Прокладна механіка

ТАМ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.

2. Wikipedia [Електронний ресурс].–Режим доступу **ТАМ**
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF>

3. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу:
https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANgsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUe_nX2QPIMyQUaAjmLEALw_wcB

4. FlowVision [Електронний ресурс].–Режим доступу:
<https://sapr.ru/article/21879>

5. ANSYS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sharcnet.ca/help/index.php/ANSYS>

6. ABAQUS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://tesis.com.ru/cae_brands/abaqus/

7. 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 305-001, South Korea

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

9. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/
 П.П.Мельничук,

10. А.І.Боровик, П.А.Лінчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с
11. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О.
12. Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
13. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Лінчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с
14. 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.
15. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.
16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. І. Козлов, Д. О. Лозінський. –Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.
17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.
18. 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.
19. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : на-вчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с

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

21. 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.

22. 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.

23. 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>

24. 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.

25. 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.

26. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням.

90/270/ЄС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

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

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

29. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпе-

кою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

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

31. 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>

32. 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.

33. 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.

34. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

МКР 131

Прокладна механіка ТАМ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

МКР 131

Прикладна механіка

ТАМ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Кришка В-7".

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 81,7% Схожість 18,3%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

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

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

Автор роботи _____ Олексюк Б.І.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток Б
(обов'язковий)

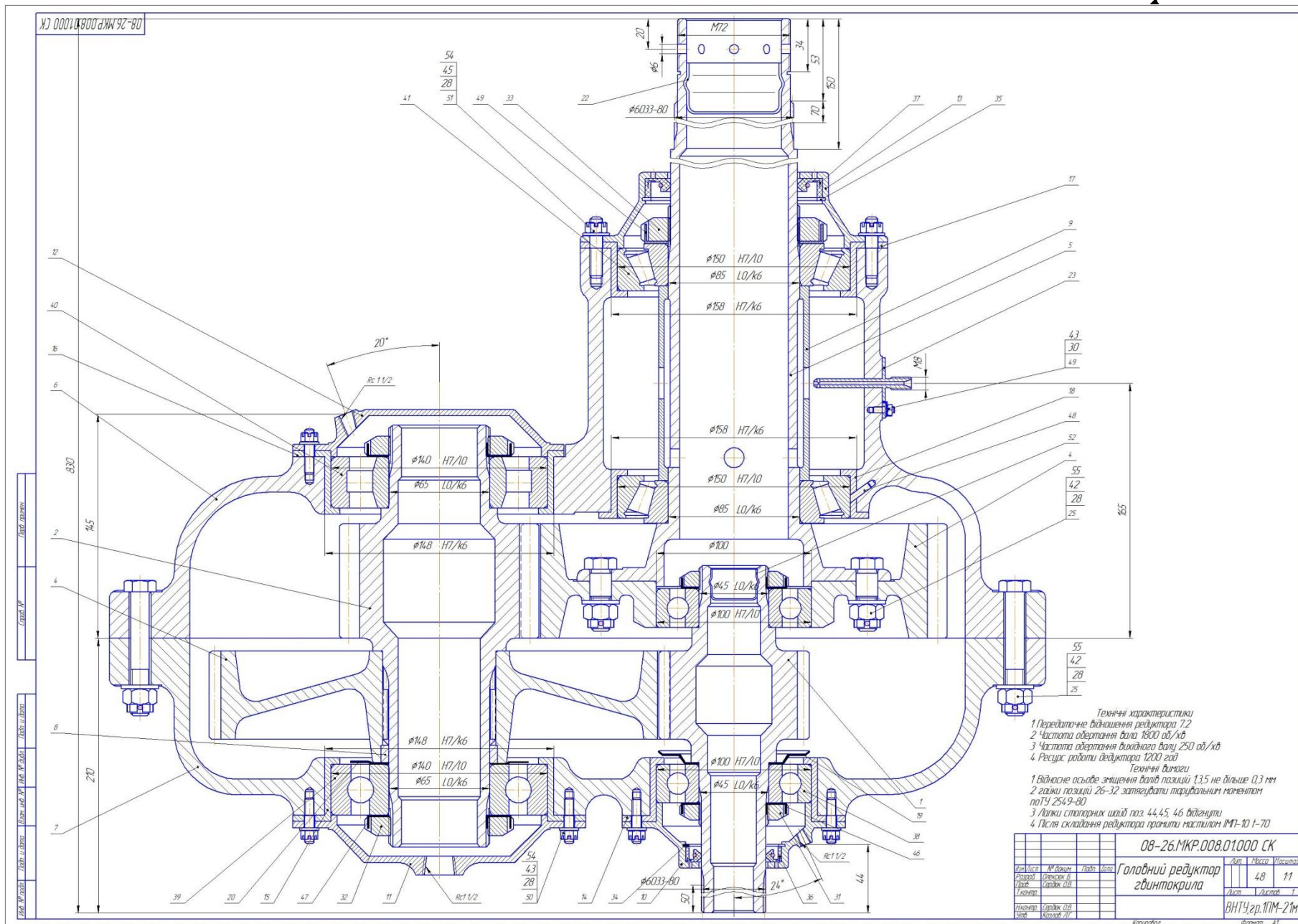
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КРИШКА В-7".

МКР 131

ПРИКЛАДНІ МЕХАНІКА

ТАМ



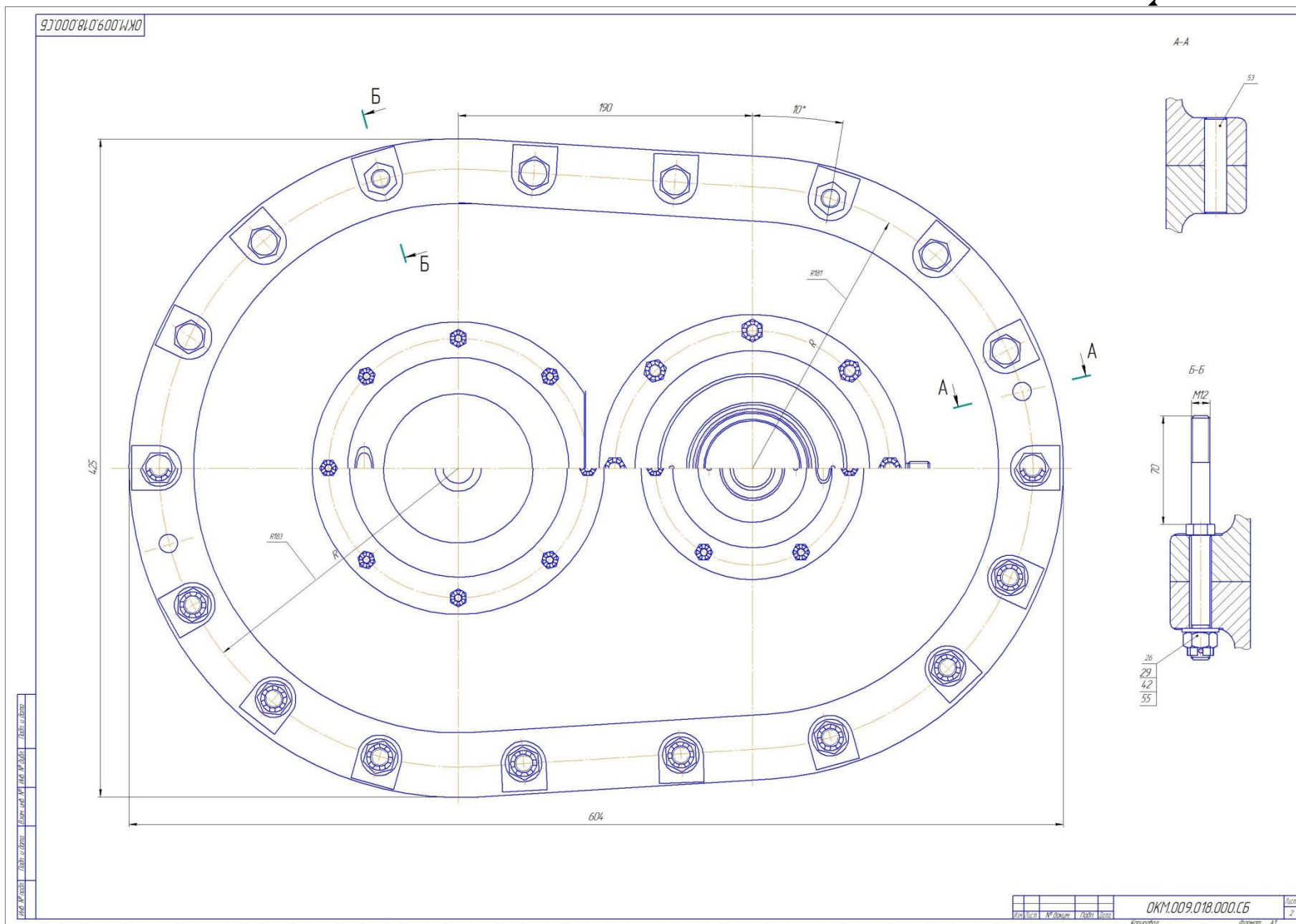
Технічні характеристики

- 1 Передаточне відношення редуктора 7,2
- 2 Частота обертання вала 1800 об/хв
- 3 Частота обертання вихідного вала 250 об/хв
- 4 Ресурс роботи редуктора 1200 год

Технічні виміри

- 1 Відносно осі осере зрізання валів позиції 1,3,5 не більше 0,3 мм
- 2 гайки позиції 26-32 затягувати торцевим моментом по ТУ 2549-80
- 3 Ланги сталевих шайб поз 44,45,46 відгнуті
- 4 Після складання редуктора протити мастилом ІМТ-10 І-70

				08-26.MKP.008.01.000 СК		
Маса	М'якість	Повт.	Вісн.	Діаг.	Вісн.	Масштаб
					4,8	1:1
Головний редуктор гвинтакрила				Дат.	Листов.	
				ВНТУ зр. ПМ-21м	Листов.	
Копія				Формат А1		



OKM.009.018.000.C5

Шкала: 1:1
 Число: 1
 Дата: 10.05.2017
 Автор: А.И.

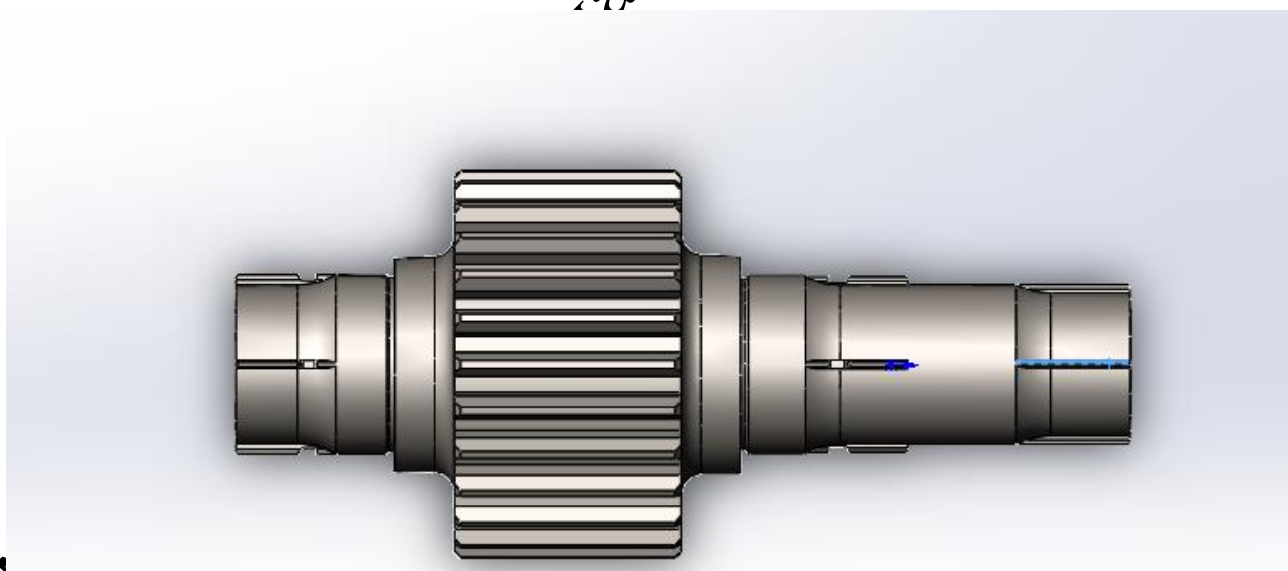
Материал	№ документа	Разработчик	Дата	OKM.009.018.000.C5	Лист
					2



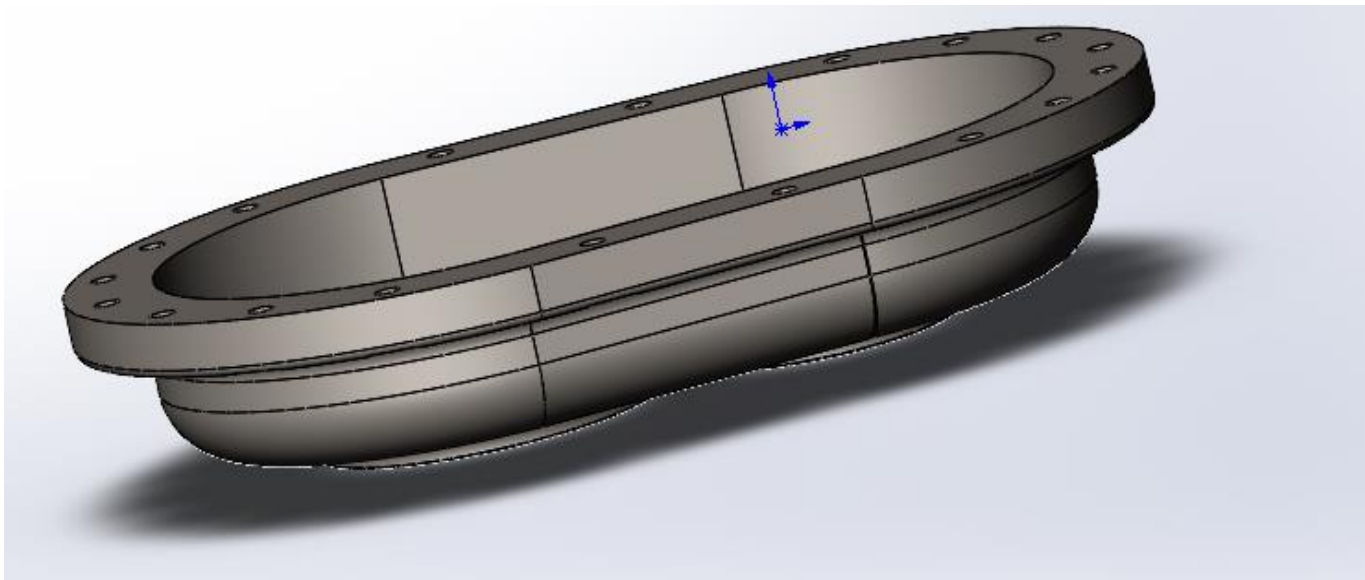
ТАМ

ва

Пустой вал

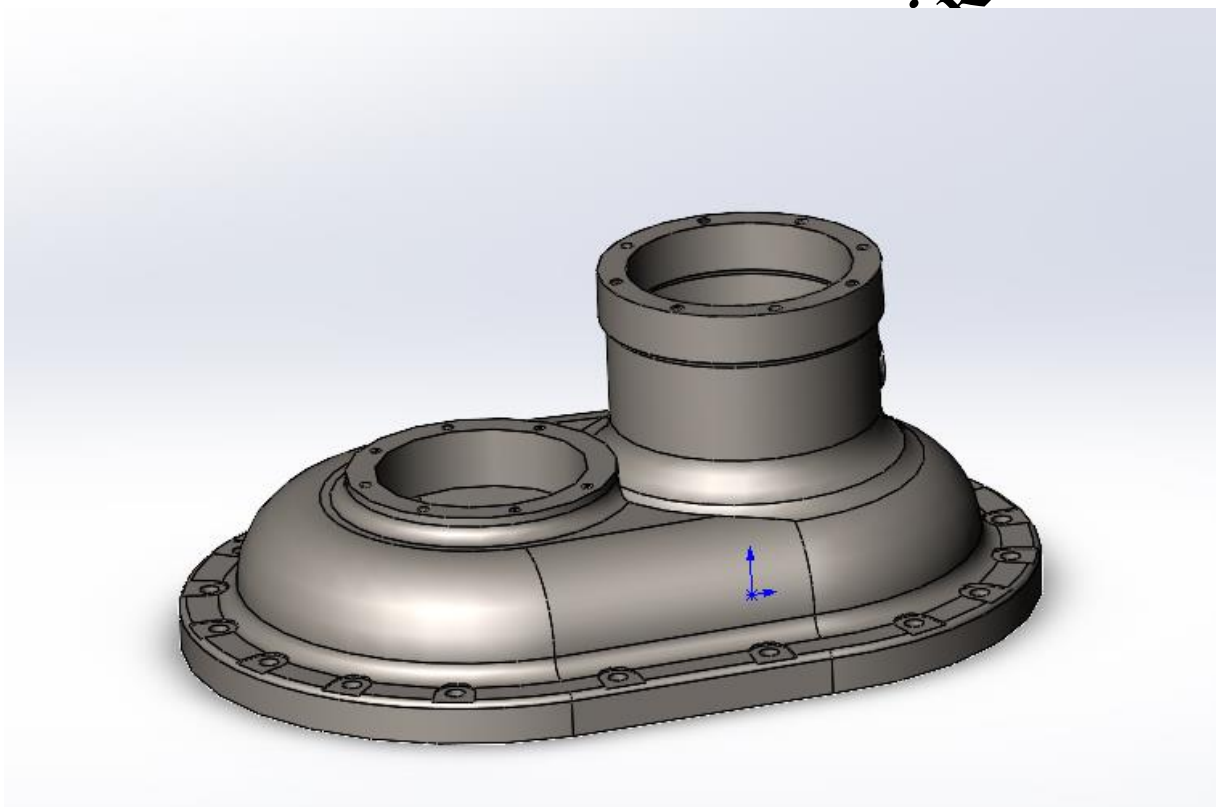


Вал-шестерня



Нижня кришка

ка



Верхня кришка

МКР



2



3



4



5



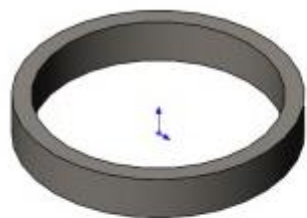
6



7

МКР 13

Деталі редуктора гвинтокрила



8



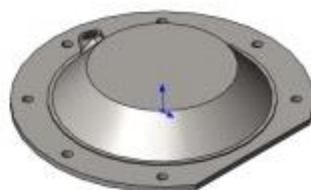
9



10



11



12



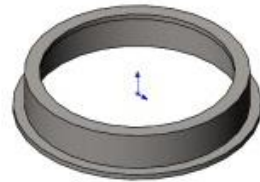
13

**МКІ**

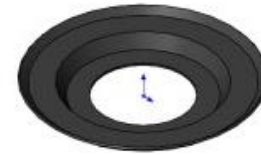
Деталі редуктора гвинтокрила



17



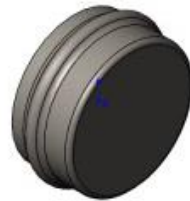
18



19



20



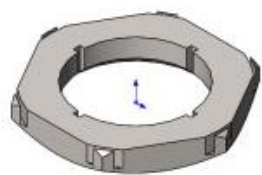
22



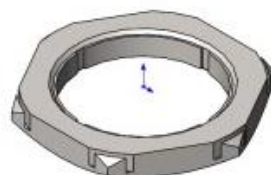
23

Деталі редуктора гвинтокрила

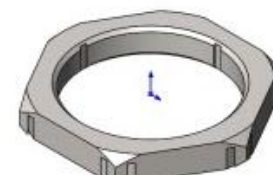
МКР 131



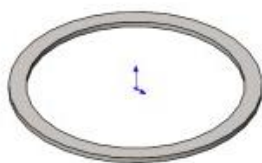
31



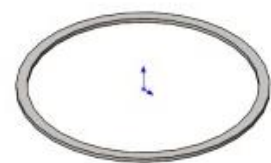
32



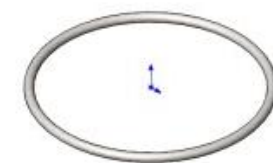
33



34



35



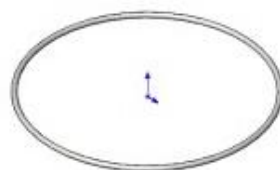
36.1

Деталі редуктора гвинтокрила

МКР 131



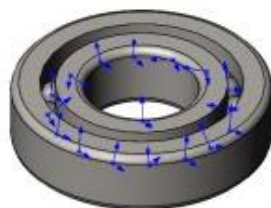
36



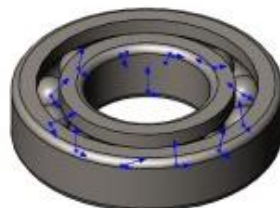
37.1



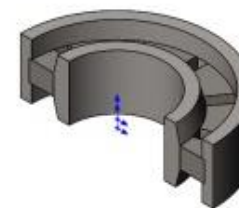
37



38



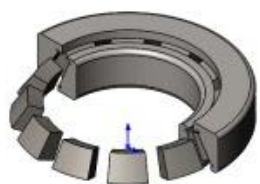
39



40

МКР 131

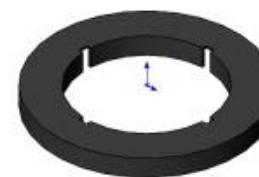
Деталі редуктора гвинтокрила



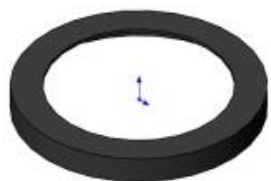
41



46



47



49

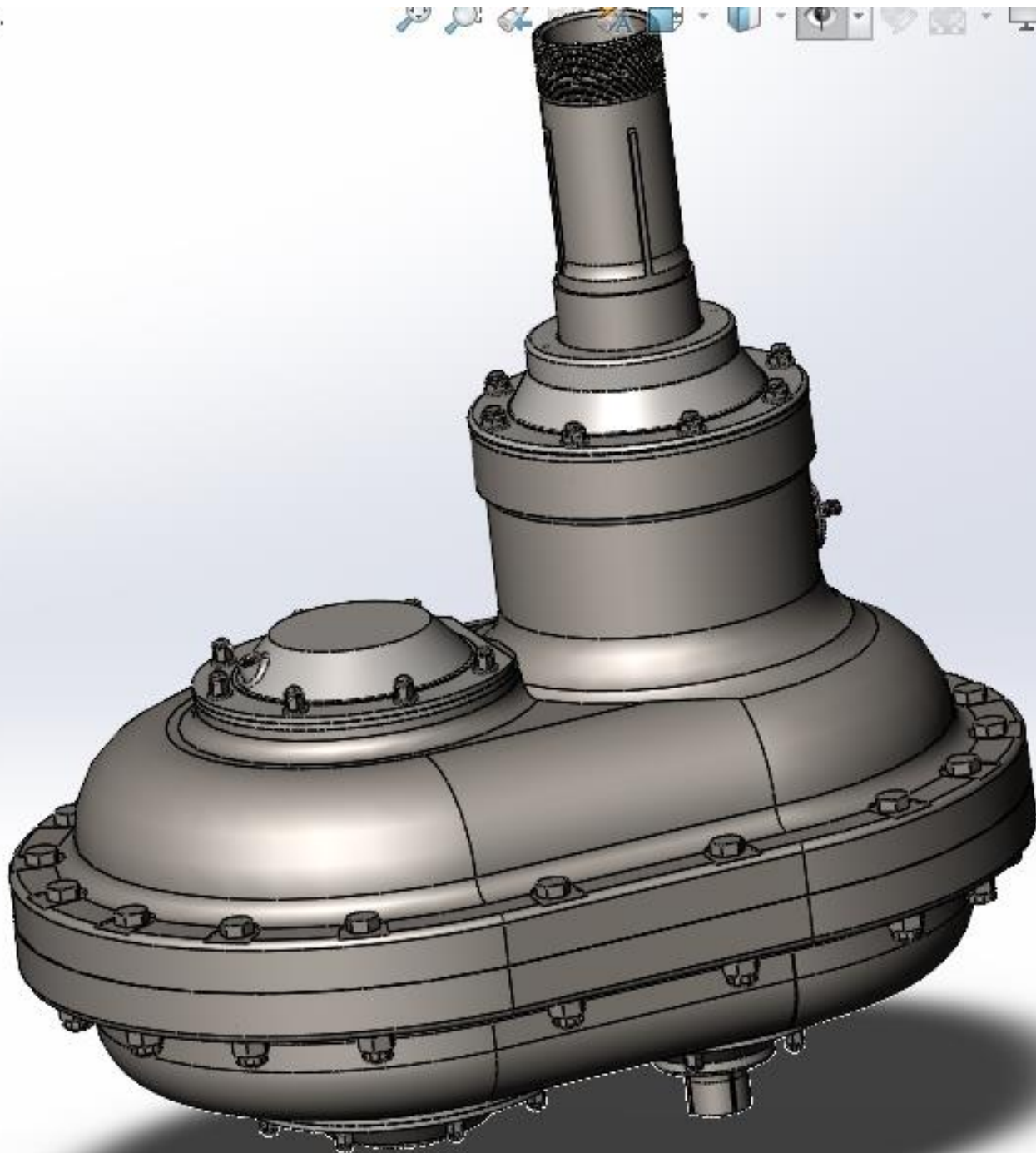


52

Деталі редуктора гвинтокрила

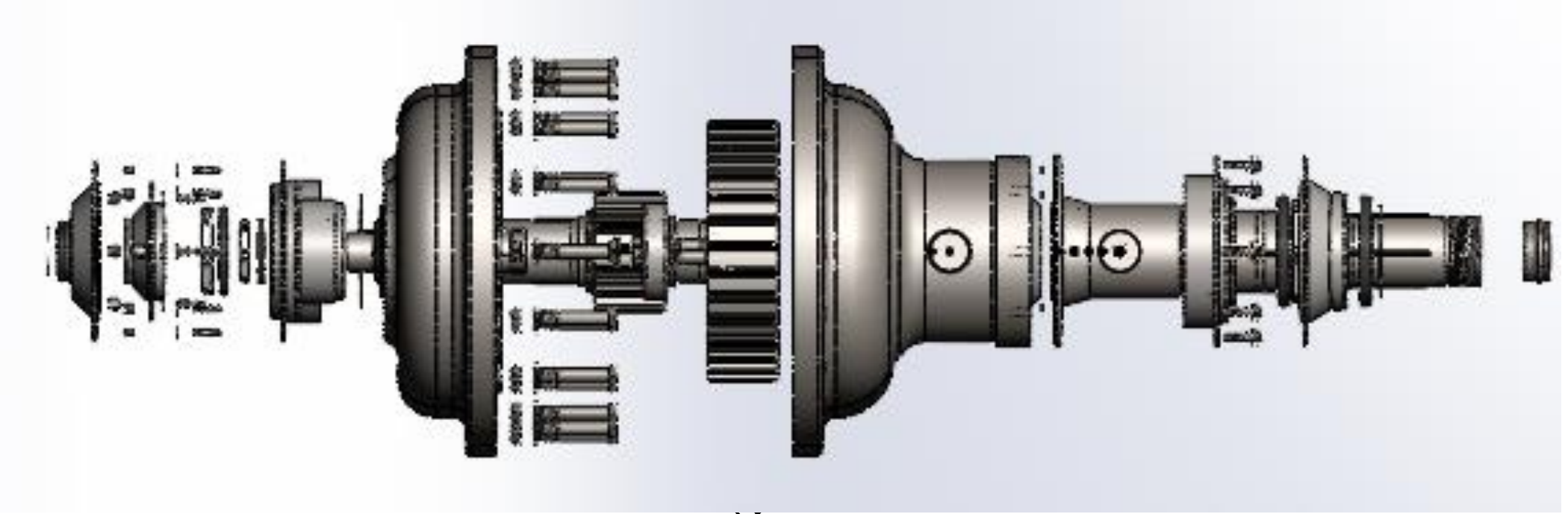
МКР 131

НИЮ...



МШ

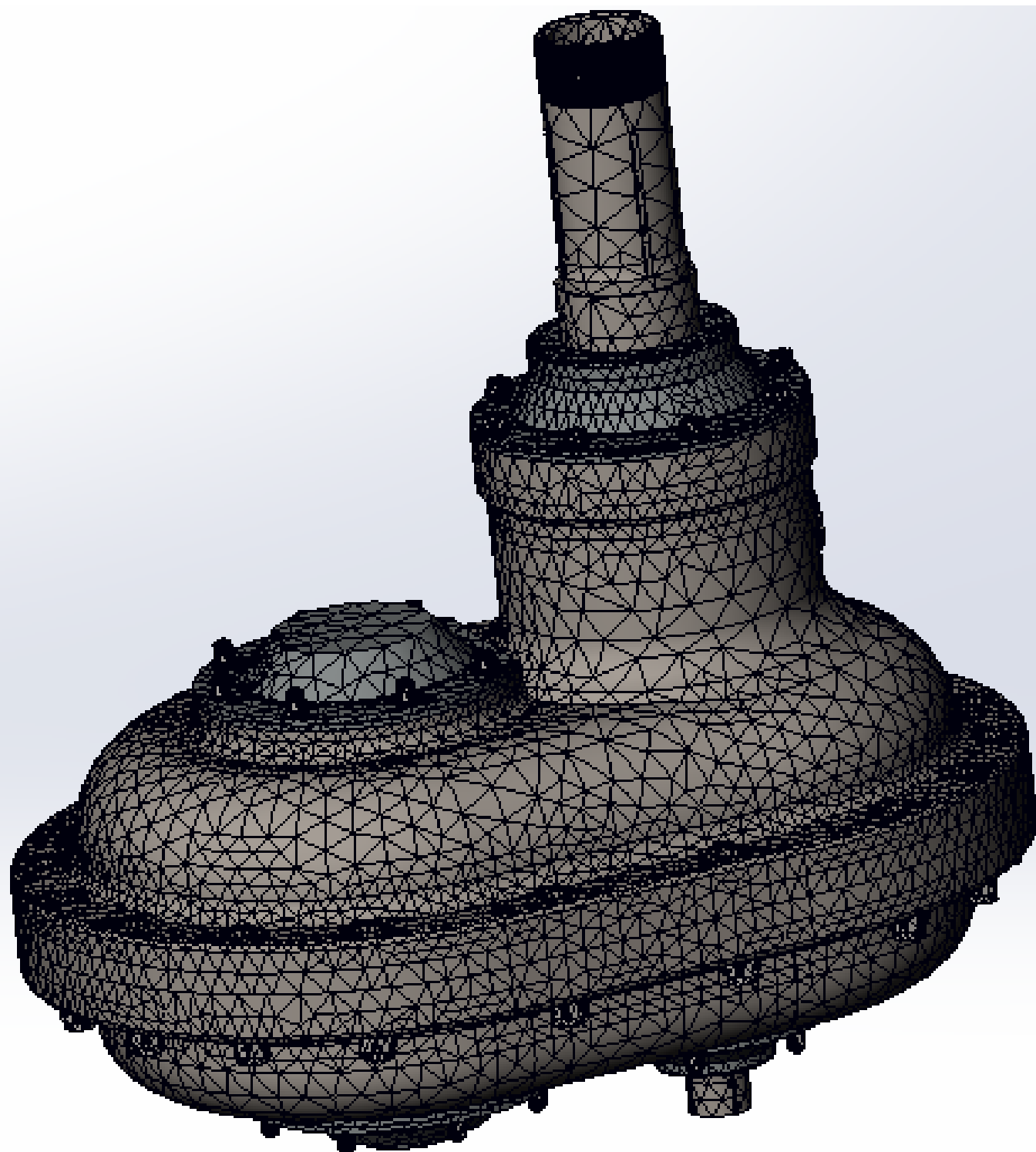
Редуктор гвинтокрила



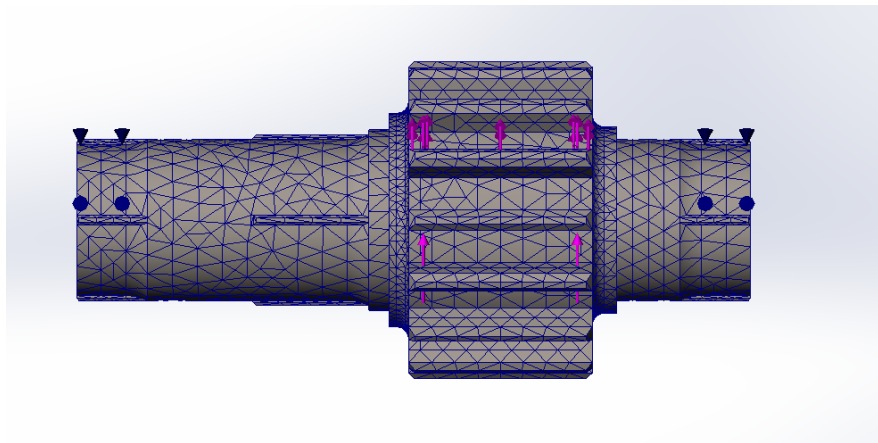
Редуктор гвинтокрила

МКР 131

ШРК

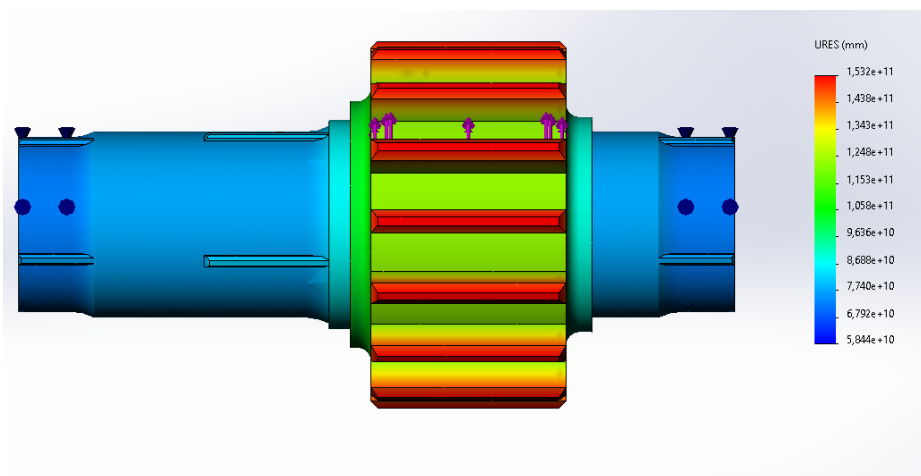
*M*

Створення сітки перед розрахунком.

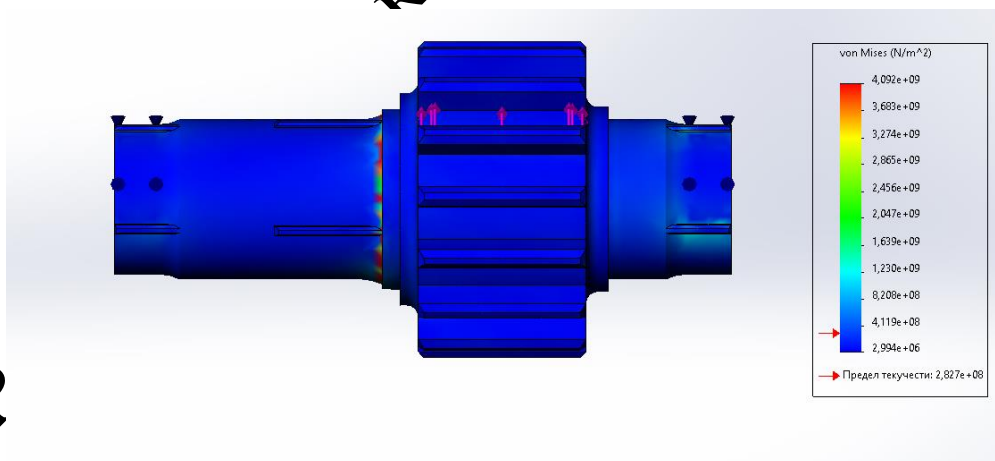


Вал

TAM

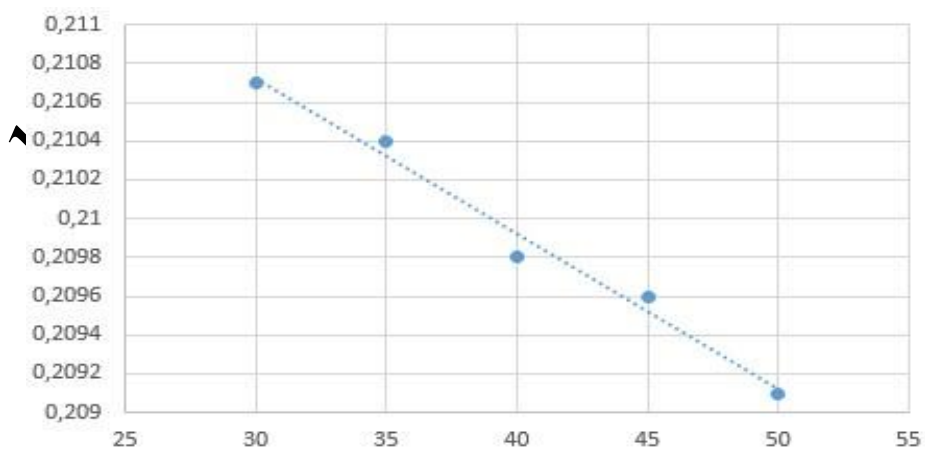
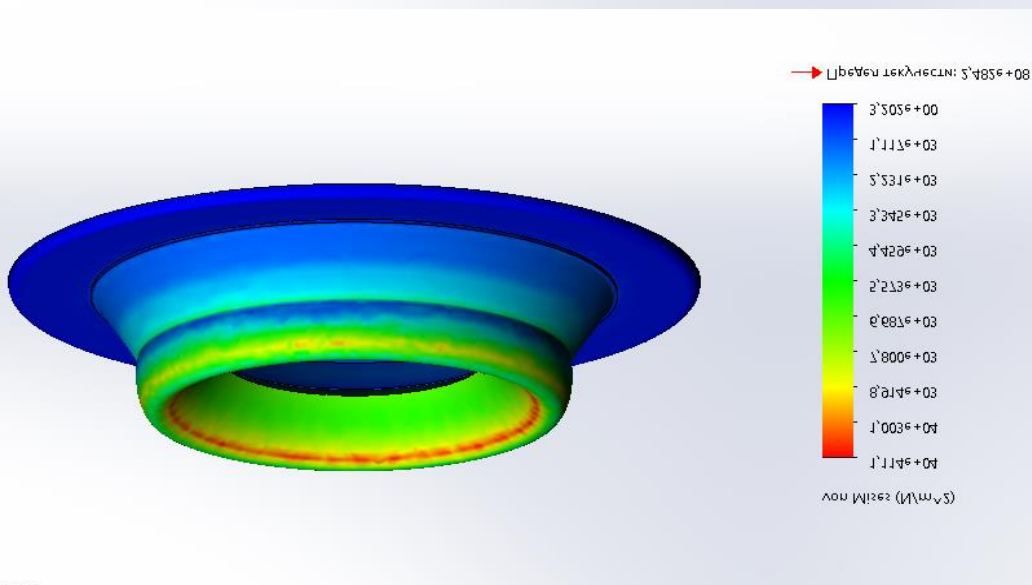
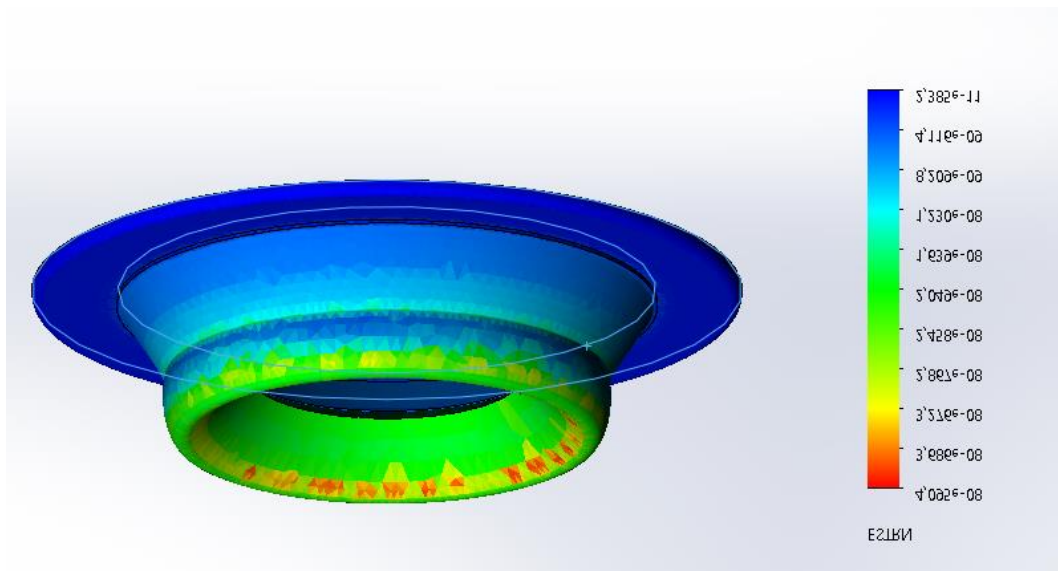


Напруження при навантаженні на поверхні зубчастого вінця



Напруження при навантаженні на торцеві валу

МКР



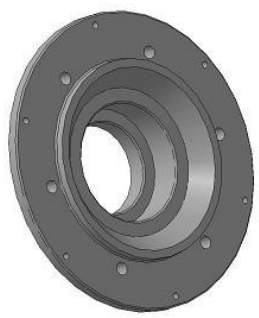
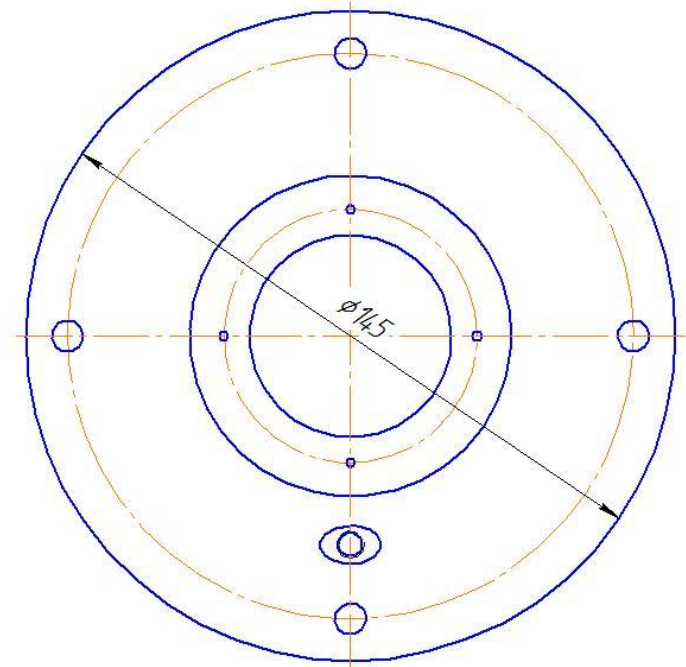
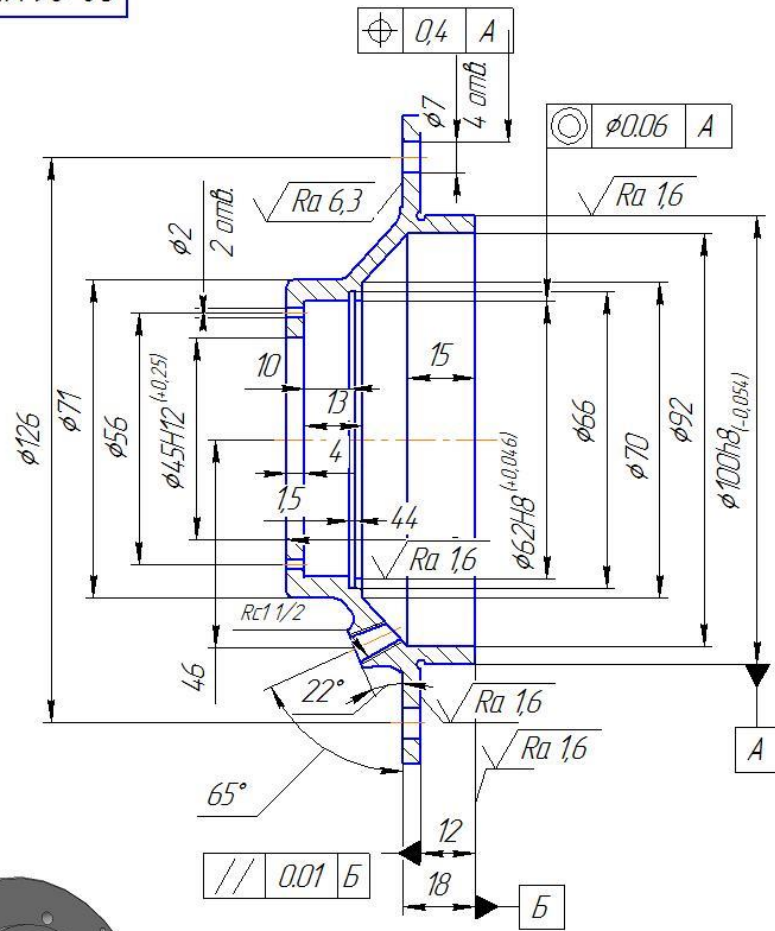
Заповнення форми

Графік залежності часу заповнення форми від температури форми

Мікр

М

08-26.МКР.008.00.001



1. Невказані радіуси 2-5мм
2. Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, отворів H14

Лист № докум.
Сторінка №
Листів у даній
Листів № докум.
Взам. штаб. №
Листів № докум.
Листів у даній
Листів № докум.

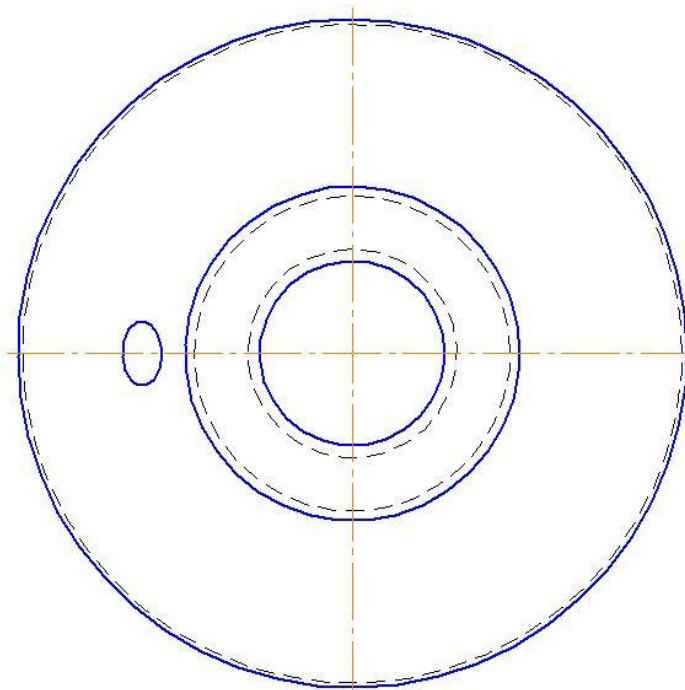
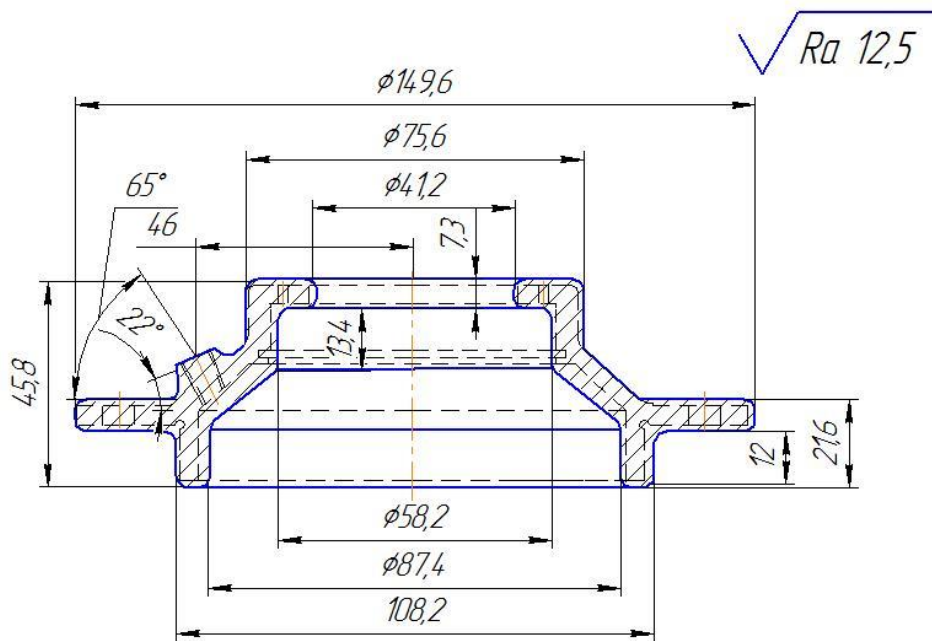
				08-26.МКР.008.00.001			
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
		Олексюк				0.4	1:1
		Сердюк			Лист 3	Листів 6	
		Т.контр.					
		Н.контр.	Сердюк		АЛ9 ГОСТ14.12-79 ВНТУ, зр. 1ПМ-21М		
		Утв.	Козлов Л.Г.				

Кришка В-7

АЛ9 ГОСТ14.12-79

Копіював

Формат А3



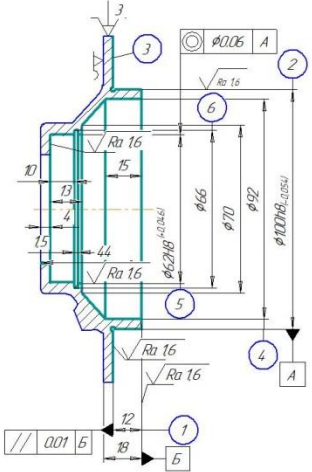
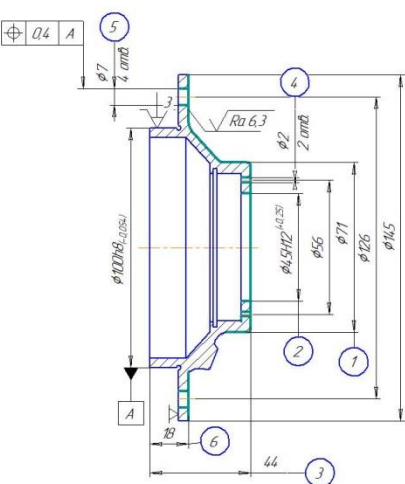
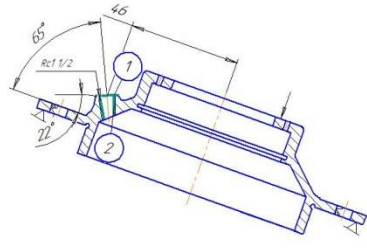
1 Точність виливка 10, 7, 10, 9т 3т, 1,2 ГОСТ 26645-85
 2 Маса 0,4 - 0,19- 0,01- 0,6 ГОСТ 26645-85
 3 Неказані на кресленні радіуси заокруглень 5 мм, формувальні нахили 1°16'

08-26.МКР.008.00.002

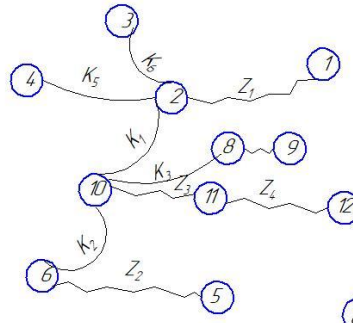
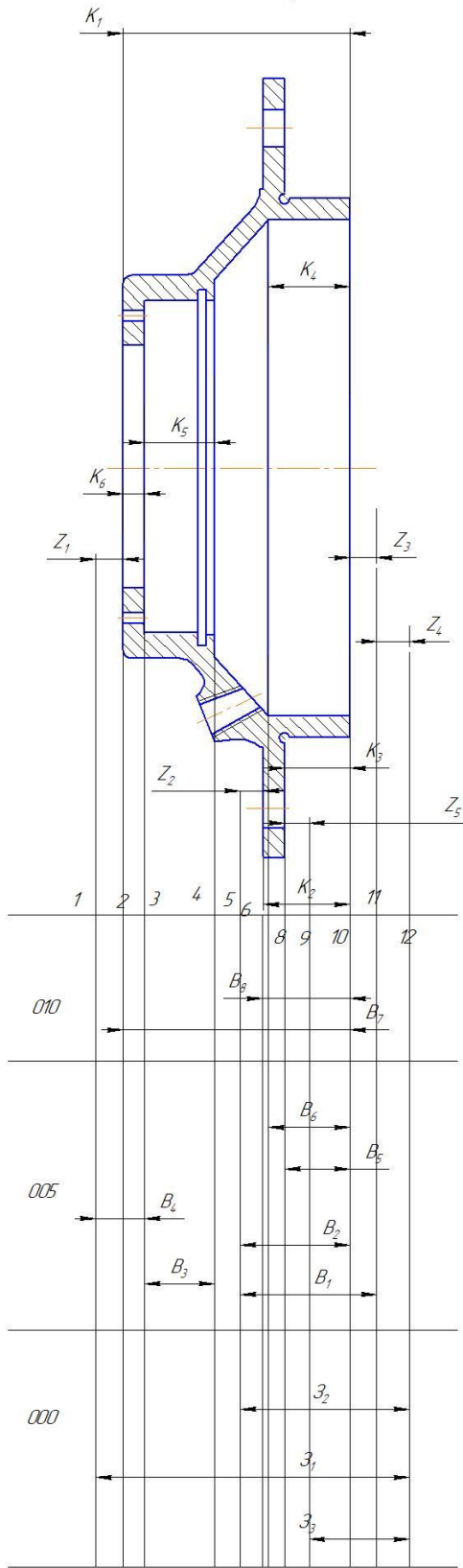
Инд. № лист	Лист	Дата	Инд. № лист	Лист	Дата	Инд. № лист	Лист	Дата	Инд. № лист	Лист	Дата

				08-26.МКР.008.00.002			
Изм	Лист	№ док	Подп	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб		Олексюк				0,6	1:1
Проб		Сердюк					
Т.контр.					Лист 1	Листов 1	
И.контр.		Сердюк			АЛ9 ГОСТ 14 12-79 ВНТУ, зр. 1ПМ-21М		
Утв.		Козлов Л.Г.			Копировал формат А3		

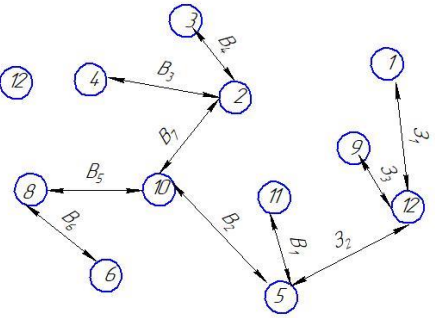
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1 поверхню 2 та торець 3 попередньо в розміри 4,5, 2(-0,32), 100, 4(-0,35), 12, 2(0,11) відповідно 3 Точити торець 1 остаточно, в розмір згідно ескізу поверхню 2 попередньо в розмір 100, 1(-0,22) та торець 3 остаточно в розмір згідно ескізу 4 Точити поверхню 2 остаточно в розмір 100, 05 (-0,087) 5 Точити поверхню 2 тачка в розмір згідно ескізу 6 Розточити отвір 4, одноразово в розмір згідно ескізу, отвір 5 попередньо в розмір 6,2, 2 (+0,3) 7 Розточити отвір 5 попередньо в розмір 6,2, 05(+0,074) 8 Розточити канавку 6 в розмір згідно ескізу 9 Розточити отвір 5 остаточно в розмір згідно ескізу 10 Зняти заготовку</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 125}\ \checkmark$</p>	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверний з ЧПК 1П4.201Ф30</p>
010	<p style="text-align: center;">Комбінована</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 3 в розмір згідно ескізу, та поверхню 1 попередньо в розмір 71, 2(-0,32) 3 Точити поверхню 1 остаточно в розмір згідно ескізу 4 Розточити отвір 2 попередньо в розмір 4,5, 2 (+0,3) 5 Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу 6 Свердлити 2 отвори 4 витримуючи розміри вказані на ескізі 7 Центрувати 4 отвори 5 8 Свердлити 4 отвори 5 витримуючи розміри вказані на ескізі 9 Зняти заготовку</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 125}\ \checkmark$</p>	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверний з ЧПК 1П4.201Ф40</p>
015	<p style="text-align: center;">Вертикально-свердильна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 витримуючи розміри вказані на ескізі 3 Центрувати отвір 2 4 Свердлити отвір 2 під різь $\phi 10(-0,15)$ 5 Нарізати різь в отворі 2 6 Зняти заготовку</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 125}\ \checkmark$</p>	<p style="text-align: center;">Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2</p>

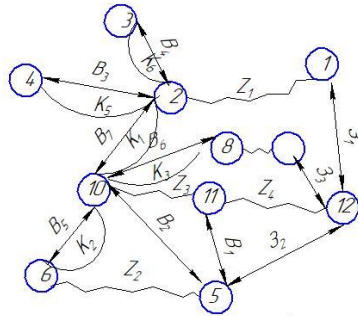
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 2 – Припуски на механічну обробку

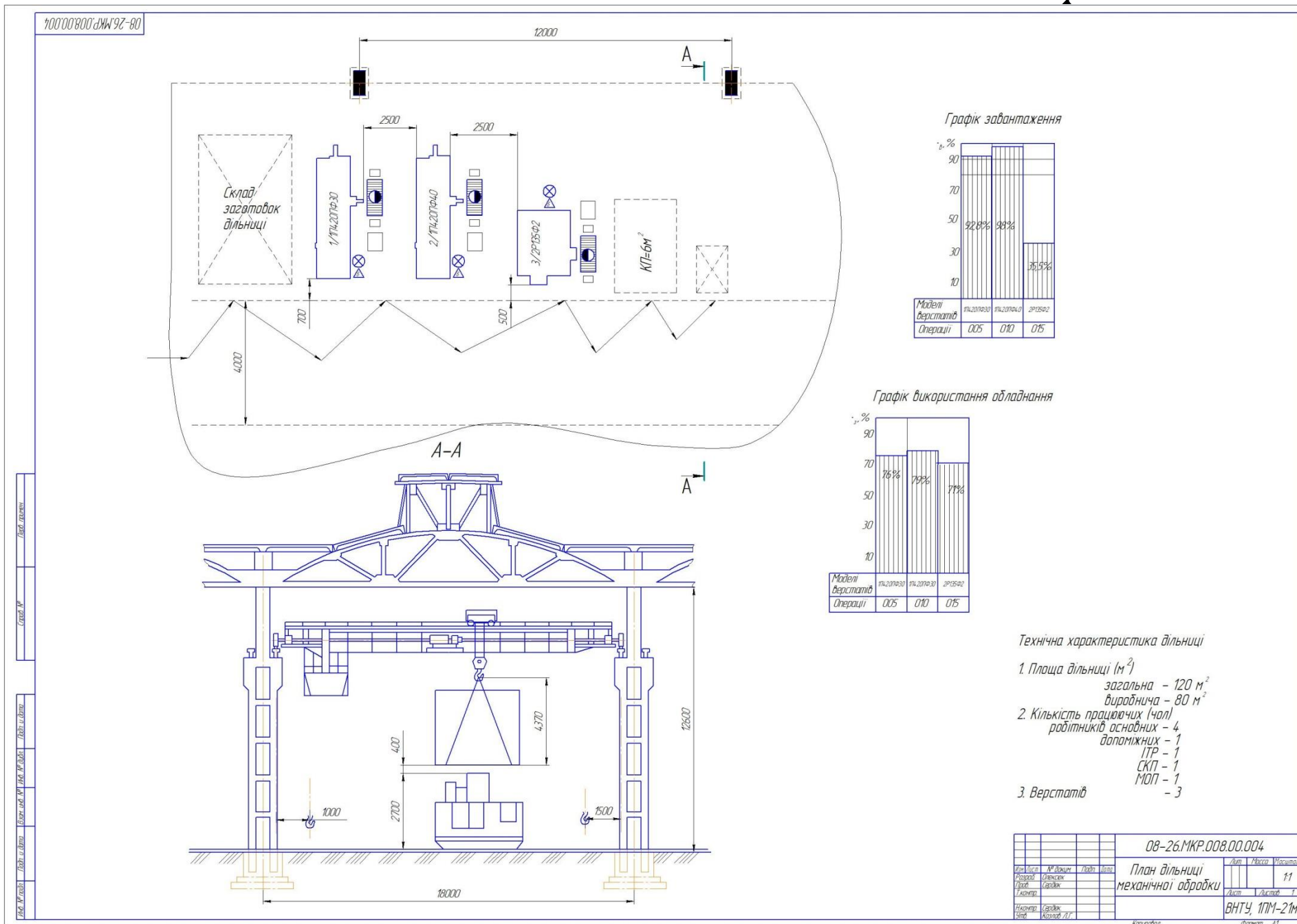
Припуски	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Z _{мін}	0,8	0,8	0,3	0,5	0,8
Z _{мак}	1,72	1,34	1,15	1,86	2,58

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	B ₃ - K ₅ = 0	B ₃ = K ₅	B ₃
2	B ₇ - K ₁ = 0	B ₇ = K ₁	B ₇
3	B ₆ - K ₃ = 0	B ₆ = K ₃	B ₆
4	B ₅ - K ₂ = 0	B ₅ = K ₂	B ₅
5	K ₆ - B ₄ = 0	B ₄ = K ₆	B ₄
6	Z ₂ + B ₅ - B ₂ = 0	Z ₂ = B ₂ - B ₅	B ₂
7	Z ₃ + B ₂ - B ₁ = 0	Z ₃ = B ₁ - B ₂	B ₁
8	Z ₄ + B ₁ - Z ₂ = 0	Z ₄ = Z ₂ - B ₁	Z ₂
9	Z ₁ - Z ₃ + B ₂ - B ₇ - Z ₁ = 0	Z ₁ = Z ₃ - B ₂ + B ₇	Z ₃
10	Z ₅ + Z ₃ - Z ₂ + B ₂ - B ₆ = 0	Z ₅ = Z ₂ - Z ₃ - B ₂ + B ₆	Z ₃

Таблиця 3 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у кресленні технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₁	47,26	47,65	0,39	47,65		47,65 _{-0,39}
Z ₂	20,45	21,29	0,84	21,29		21,29 _{-0,84}
Z ₃	11,91	12,34	0,43	12,34		12,34 _{-0,43}
B ₁	19,43	19,95	0,52	19,95	19,95 _{-0,52}	
B ₂	18,8	19,13	0,33	19,13	19,13 _{-0,33}	
B ₃	12,91	13,09	0,18	13	13 _{±0,09}	
B ₄	3,86	4	0,14	4	4 _{-0,14}	
B ₅	11,82	12	0,18	12	12 _{-0,18}	
B ₆	14,79	15	0,21	15	15 _{-0,21}	
B ₇	43,75	44	0,25	44	44 _{-0,25}	



Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20

08-26.МКР.008.00.004				Лист	Всього	Масштаб
Діаг.	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
Розроб.	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
Проєкт.	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
Корект.	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
Накресл.	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
Зміст	Лист	№	Листів	Лист	Всього	1:1
План дільниці механічної обробки				ВНТУ, 1ПМ-21м		
Корект.				Формат А1		

Додаток В
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Пркладна механіка

ТАМ

МКР 131

Інв. №	№ подл.	Інв. №	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Підп. і дата	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Інв. №	Стор. №	Перв. примеч.					
												Изм.	Лист	Листов		
												Документация				
												08-26.МКР.008.01.000.СК	Главний редуктор			
													гвинтокрила	2		
													Деталі			
													1	08-26.МКР.008.01.001	Вал вхідний	1
													2	08-26.МКР.008.01.002	Вал	1
													3	08-26.МКР.008.01.003	Колесо зубчасте	1
													4	08-26.МКР.008.01.004	Колесо зубчасте	1
													5	08-26.МКР.008.01.005	Вал вихідний	1
													6	08-26.МКР.008.01.006	Корпус верхній	1
													7	08-26.МКР.008.01.007	Корпус нижній	1
													8	08-26.МКР.008.01.008	Втулка	1
													9	08-26.МКР.008.01.009	Втулка	1
													10	08-26.МКР.008.01.010	Кришка підшипника	1
													11	08-26.МКР.008.01.011	Кришка підшипника	1
													12	08-26.МКР.008.01.012	Кришка підшипника	1
													13	08-26.МКР.008.01.013	Кришка підшипника	1
												08-26.МКР.008.01.000 СП				
		Изм. / Лист		№ докум.		Підп.		Дата								
		Разраб.		Олексюк Б.												
		Проб.		Сердюк О.В.												
		Н.контр.		Сердюк О.В.												
		Утв.		Козлов Л.Г.												
										Главний редуктор гвинтокрила						
										Лит. / Лист / Листов / / 1 / 4						
										ВНТУ, зр1ПМ-21м						
										Копировав / Формат А4						

	31	ГайкаМ45		
		ГОСТ2524-70	2	
	32	ГайкаМ65		
		ГОСТ2524-70	2	
	33	ГайкаМ85		
		ГОСТ2524-70	2	
	34	Кільце55		
		ГОСТ139410-80	2	
	35	Кільце85		
		ГОСТ139410-80	2	
	36	Манжета1-45x65		
		ГОСТ8752-79	1	
	37	Манжета1-85x110		
		ГОСТ8752-79	1	
	38	Підшипник шари- ковий N409	2	
	39	Підшипник шари- ковий N413	1	
	40	Підшипник роли- ковий N3262	1	
	41	Підшипник роли- ковий конічний однорядний N27317	2	
	42	Шайба 12		
		ГОСТ11872-80	24	
	43	Шайба 4		
		ГОСТ12565-80	1	
	44	Шайба 6		
		ГОСТ11872-80	21	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инд. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08-26.МКР.008.01.000 СП

Лист

3

Копировал

Формат А4

