

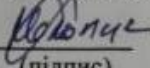
Міністерство освіти і науки України
Державний університет "Житомирська політехніка"
Кафедра механічної інженерії

«На правах рукопису»

УДК 621

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
механічної інженерії


(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище, ініціали)

БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Проектування конструкції та процесу виготовлення
корпусу черв'ячного редуктора»

МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 – ПЗ

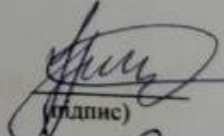
Студент групи

ПМ-139

(шифр групи)

Колебанова Ірина Юріївна

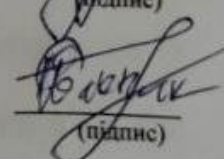
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

к.т.н., доцент Мельник О.Л.

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

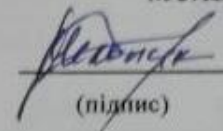
Житомир 2022

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри
механічної інженерії

 Мельник О.Л.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Колебановій Ірині Юріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування конструкції та процесу виготовлення корпусу черв'ячного редуктора»

Керівник роботи: к.т.н., доцент Мельник О.Л. .

Затверджено наказом по університету від “___” _____ 2022 року № 30/с

2. Термін подання студентом роботи – згідно з графіком захисту.

3. Вихідні дані до виконання роботи: креслення типової деталі; матеріали методичних посібників, довідників з машинобудування, наукових статей та тез конференцій, державних стандартів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити): проаналізувати загальні відомості про черв'ячні редуктори та їх класифікації; виконати огляд сучасних підходів до конструювання черв'ячних редукторів; виконати огляд використання САПР у проектуванні редукторів; виконати проєктний розрахунок приводу, передачі, валів черв'ячного редуктора, визначення основних розмірів черв'ячного редуктора; виконати дослідження топології корпусу редуктора та обробити результати дослідження; розробити технологію виготовлення деталі корпус черв'ячного редуктора; здійснити вибір та розрахунок верстатного пристосування.

5. Перелік креслень та плакатів графічної частини роботи (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Креслення деталі «Корпус» - 1 арк. А3. 2. Креслення заготовки деталі -1 арк. А3. 3. Карта наладки на операцію 020 Багатоцільова – 1 арк. А1. 3. Карта наладки на операцію 030 Багатоцільова – 1 арк А1. Складальне креслення пристрій багатоцільовий – 1 арк. А1.

6. Дата видачі завдання 13 січня 2022 року

Студент


(підпис)

Колебанова І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

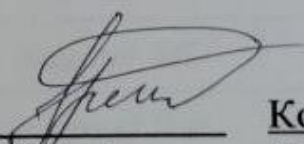
Мельник О.Л.

(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

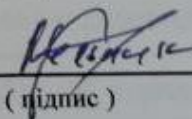
№з/п	Назва етапів атестаційної бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Загально-технічний розділ	18 березня 2022 р.	Виконано
2.	Конструкторський розділ	26 квітня 2022 р.	Виконано
3.	Технологічний розділ	16 травня 2022 р.	Виконано
4.	Спеціальний розділ	20 травня 2022р	Виконано
5.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	15 червня 2022 р.	Виконано
6.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	26 червня 2022 р.	Виконано
7.	Подання атестаційної бакалаврської роботи на кафедру	27 червня 2022 р.	Виконано

Студент


(підпис)

Колебанова І.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище та ініціали)

	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документація		
A4		ПЗ	MI 131.00.2/Б 90/с 009 00	Пояснювальна записка	1	
				Презентація		
A3		КД	MI 133.00.2/Б 91/с 006 00	Креслення корпусу	1	
A3		КЗ	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Креслення заготовка	1	
A1		КН	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Карта наладки на операцію	1	
				015		
A1		КН	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Карта наладки на операцію	1	
				020		
A1		КН	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Карта наладки на операцію	1	
				030		
A4		СП	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Пристрій багатопільовий	1	
A4		Е	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Ескіз операції 010	1	
A4		Е	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Ескіз операції 015	1	
A4		Е	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Ескіз операції 020	1	
A4		Е	MI 133.00.2/Б 90/с 009 00	Технологія виготовлення	2	
				деталі корпус		

MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
Разраб.		Колесанова І.Ю.		
Пров.		Мельник О.Л.		
Н.контр.				
Утв.		Мельник О.Л.		

Відомість роботи

Лист	Лист	Листов
		1
Державний університет «Житомирська політехніка», ПМ-156		

АНОТАЦІЯ

**кваліфікаційної бакалаврської роботи
студента факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки, групи ПМ-139**

Колєбанової Ірини Юріївни

на тему:

**«Проектування конструкції та процесу виготовлення корпусу черв'ячного
редуктора»**

Робота розміщена на 84 аркушах формату А4, використано 26 джерел, ілюстративний матеріал складається з __ слайдів.

У бакалаврській роботі розглянуті питання проектування та виготовлення корпусу редуктора .

Проведений проєктно-технологічний розрахунок черв'ячного редуктора. Виконане дослідження топології деталі «Корпус». Визначені основні параметри оптимізації та створена нова модифікована деталь «Корпус». Здійснене статичне дослідження для порівняння жорсткості вихідної та модифікованої деталі та зроблені висновки про доцільність використання модифікованої деталі.

Розроблений технологічний процес на основі базового з виготовлення корпусної деталі черв'ячного редуктора. Визначений спосіб отримання заготовки. Призначені міжопераційні пропуски, режими різання, загальні припуски та час на обробку. Вибране необхідне верстатне обладнання, ріжучі та контрольні інструменти.

Вибрано та розраховано верстатне пристосування, використані основні поняття про загальні відомості та класифікацію пристосувань. Розроблено та розраховано спеціальне верстатне затискне пристосування для операції 030 Багатоцільова. Розраховане базування та сили затиску.

Зміст

Вступ.....	13
1. Загально-технічний розділ	15
1.1 Загальні відомості про редуктор	15
1.2 Черв'ячні редуктори у машинобудуванні	18
1.3. Огляд сучасних підходів до конструювання черв'ячних редукторів....	18
Висновки до розділу	21
2. Конструкторський розділ	22
2.1. Проектний розрахунок приводу з одноступінчастим черв'ячним редуктором.....	22
2.1.1. Вибір електродвигуна. Кінематичний розрахунок приводу.	22
2.1.2. Розрахунок передачі.	24
2.1.3. Навантаження на вали редуктора. Розрахунок сил зачеплення.....	27
2.1.4. Проектний розрахунок валів.....	28
2.1.5. Конструктивні розміри редуктора.....	31
2.1.6. Тепловий розрахунок редуктора	33
2.1.7. Змащення редуктора	34
2.1.8. Вибір муфти.....	34
2.1.9. Розрахунок шпонкових з'єднань	35
2.2. Перевірочний розрахунок	36
2.2.1. Перевірочний розрахунок на контактну міцність колеса і черв'яка ..	36
2.2.2.Перевірочний розрахунок зубів на колеса на витривалість при згині	37
2.2.3. Перевірка на короткочасне перенавантаження.....	37
2.2.4. Перевірочний розрахунок валів на міцність	37
2.2.5. Призначення посадок і складання редуктора	39
3. Технологічний розділ.....	41
3.1 Технологія виготовлення елементу редуктора «Корпус».....	41
3.1.1 Загальний опис деталі.....	41
3.1.2 Характеристика та механічні властивості матеріалу	42
3.1.3. Визначення типу виробництва та технологічної партії деталей.....	43
3.1.4. Аналіз існуючого технологічного процесу	44
3.1.5. Вибір формоутворення заготовки	45

3.1.6. Призначення загальних припусків.	48
3.1.7 Технологічний маршрут обробки деталі	49
3.1.8 Розрахунок міжопераційних припусків на обробку деталі	52
3.1.9 Вибір режимів різання.....	58
3.1.10 Нормування часу для технологічного процесу виробництва.....	67
3.2 Вибір та розрахунок пристосування	71
3.2.1. Загальні відомості про пристосування та їх види.....	71
3.2.2. Особливості установки пристосувань на верстатах з ЧПК	73
3.2.3 Опис пристосувань для операції 010	74
3.2.4. Розроблення конструкції пристосування для операції 030	74
3.2.5. Розрахункова схема базування для операції 030	75
3.2.6. Розрахункова перевірка різі на міцність.....	77
3.2.7. Економічне обґрунтування спроектованого пристрою	78
4. Спеціальний розділ	81
4.1. Загальні поняття про топологічну оптимізацію	81
4.2. Системи автоматизованого проектування.....	83
4.3 Топологічний аналіз «Корпусу» за допомогою модулів САПР.....	84
4.4. Статичний аналіз для порівняння жорсткості вихідної та модифікованої деталей.....	92
Загальні висновки.....	95
Список використаної літератури	96

Вступ

На сьогодні в Україні поставлено питання виробництва своїх комплектуючих для незалежності від інших країн, тому вже можна спостерігати розвиток машинобудування. Це проявляється в абсолютно різних сферах: від проєктування дронів до тракторів. Щоб стати достойним конкурентом на світовому ринку, необхідно модернізувати продукцію, знаходити нестандартні методи виготовлення та оптимізації пристроїв, технологічних процесів. Перед технологами стоять задачі не лише відповідати стандартам європейського виробництва, а створення абсолютного нового конкуренто спроможного виробництва та продукції.

Розвиток технологій дозволяє глибше проникати в будову елементів, отримувати майже ідеальні або надзвичайно складні форми. Та для отримання таких результатів необхідне якісне матеріальне та технічне базове забезпечення. Фінансування наукових проєктів з боку держави необхідне для розвитку нових ідей.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі корпус редуктора.

Для досягнення поставленої мети сформовані наступні **завдання роботи**:

1. проаналізувати загальні відомості про черв'ячні редуктори;
2. виконати огляд підходів до пошуку дизайну корпусів редукторів за допомогою сучасних САПР;
3. виконати проєктний розрахунок корпусу редуктора;
4. виконати пошук проєктних рішень корпусу редуктора за допомогою САПР;
5. розробити технологічний процес виготовлення корпусу редуктора.

Об'єкт дослідження: черв'ячний редуктор.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження: процес проектування та виготовлення корпусу черв'ячного редуктора.

Апробація роботи публікації. За результатами досліджень у травні 2021 р. були подані та опубліковані тези на Всеукраїнській науково-практичній on-line конференції «Перспективи розвитку машинобудівної інженерії та транспортних технологій» (Житомирська політехніка, м. Житомир).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загально-технічний розділ

1.1 Загальні відомості про редуктор

Редуктор – це механізм, що перетворює кутову швидкість обертання двигуна і крутний момент, використовуючи механічну передачу. Головна особливість перетворення редуктором складових механіки приводу полягає в тому, що редуктор змінює крутний момент, а саме на виході збільшує його, але кутова швидкість, навпаки, зменшує на виході [1].

Класифікація редукторів відповідає зубчастій передачі, яка в цьому редукторі застосовується [1, 2].

У випадку черв'ячних редукторів використовується черв'ячна передача. Передача складається з черв'яка, який має форму гвинта, та черв'ячного колеса, яке виглядає як зубчасте колесо з косими зубцями увігнутої форми. Передавання обертового руху в передачі здійснюється за принципом гвинтової пари, де гвинт – це черв'як, а гайка – колесо. Ведучим є черв'як і передача працює на зменшення частоти обертання веденого валу, однак, в деяких випадках можливе передавання обертання від колеса до черв'яка.

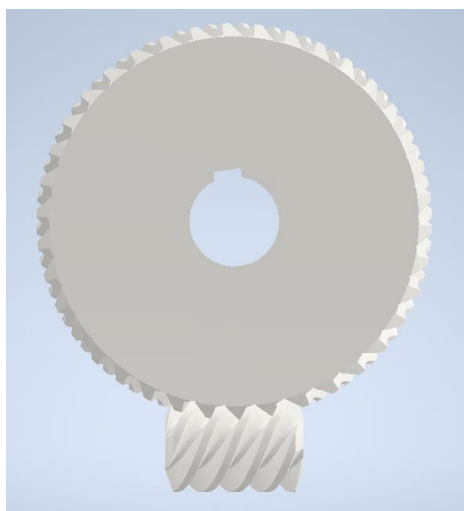


Рис. 1.1 Черв'ячна передача

Перевага їх застосування полягає в :

1. Плавній та безшумній робота при великих швидкостях;

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. Простоті догляду;
3. Малих габаритних розмірах;
4. Самогальмівних властивостях передачі;
5. Великому передаточному числі $u=7...100$ та більше.

Також можна до переваг додати, що в порівнянні зі звичайними косозубими передачами, у черв'ячній контакт ланок відбувається не по точці, а по всій лінії контакту, а кут положення валів колеса може бути різний, але в більшості випадків приймається 90° . Вінець черв'ячного колеса увігнутий, і тому лінія зчеплення збільшується.

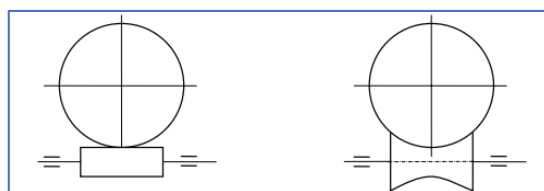
Присутній невеликий ряд недоліків:

1. Зниження ККД (0,70-0,85) через високе тертя гвинтів.
2. Використання для черв'ячного колеса дорогих антифрикційних матеріалів.
3. Обмежена потужність (до 50 кВт, хоча зустрічаються передачі ,що передають до 200 кВт), нерівномірні вихідні навантаження та робочий період приблизно на 10 000 годин.
4. Люфт вхідного валу. Такий люфт присутній в усіх типах редукторів, але в черв'ячному він зустрічається частіше та збільшується з часом експлуатації.
5. Не рекомендується використовувати черв'ячний редуктор, якщо на вихідний вал діють нерівномірні навантаження.

Класифікація передачі та їхніх елементів:

1. службове призначення: кінематичні, силові;
2. за формою початкової поверхні черв'яка (рис.1.2): циліндрична (а); глобоїдна (б);

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

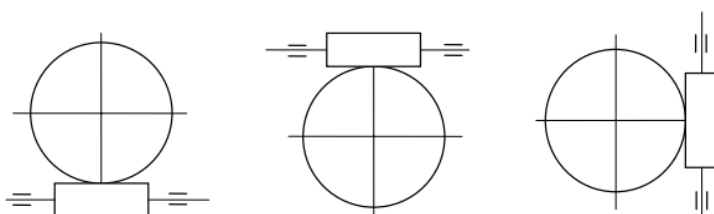


a

б

Рис.1.2. Різновид передачі за поверхнею черв'яка

3. за формою профілю витків черв'яка в торцевій площині: конволітна (черв'як ZN), евольвентна (черв'як ZI); архімедова (черв'як ZA);
4. за розміщенням черв'яка щодо колеса (рис. 1.3): нижнє (а) ; верхнє (б) ; бічне (в) ;



a

б

в

Рис.1.3. Різновид передачі за розміщенням черв'яка по відношенню до колеса

5. за конструктивним оформленням: відкриті, закриті .
6. за кількістю заходів черв'яка: однозахідний, двозахідний, тризахідний, чотиризахідний.

Матеріали з яких виготовляють черв'як і черв'ячне колесо мають бути стійкими до заїдання та мати антифрикційні властивості (їх основна особливість – нездатність до адгезії). Розповсюдженим є використання сталей 40, 45, 50, 40Г2 для черв'яка, а для вінців колеса чавуну або алюмінієвих бронз.

1.2 Черв'ячні редуктори у машинобудуванні

Черв'ячний редуктор зустрічається в багатьох сферах машино- та верстатобудування. Наприклад: конвеєри, насоси, приводи підйомних механізмів, металорізальні верстати. Таке часте застосування в різноманітних сферах ці редуктори знайшли через свої габаритні розміри та низьку вартість. Черв'ячний перетворювач робить роботу мотора абсолютно беззвучною й неквапливою. Завдяки такій властивості редуктори черв'ячні отримали широку популярність у багатьох індустріальних галузях.

При виборі редуктора варто враховувати декілька особливостей. По-перше, у випадку, коли передаточне число необхідне бути більшим 25, то варто застосовувати циліндрично-черв'ячні механізми. Такій вибір ґрунтується на більших показниках ККД, порівняно з іншими варіантами, внаслідок чого знижуються потреби в електроенергії.

По-друге, при високих ударних навантаженнях забороняється використовувати пристрій. Це пов'язано з нагрівом приладу при довгій експлуатації.

1.3. Огляд сучасних підходів до конструювання черв'ячних редукторів

Актуальність проблеми модернізації черв'ячних редукторів зросла з ростом новітніх технологій. Особливо гостро стоять питання підвищення продуктивності й потужності, зменшення часу на обробку, підвищення точності, зменшення ваги, зменшення тертя та багато інших характеристик, що впливають на довговічність. Ще сьогодні ми не можемо знайти відповіді на всі питання та вирішити всі проблеми, але сучасні технології та методи аналізу можуть допомогти.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Так, наприклад, поліпшення базування й позиціонування впливає на підвищення продуктивності та на трудомісткість процесу, тому що при точних базуваннях зменшуються затрати на складання та доводочні роботи [3].

Важливим моментом при дослідженні точності позиціонування базових посадочних з ортогональним розташуванням осей отворів є встановлення диференційованих залежностей, яке фактично досягається точністю відносного кутового розташування осей отворів конічних і черв'ячних редукторів. Відхилення цього кута негативно впливає на функціонування редуктора, провокуючи зміну точки контакту, збільшення вібрацій у корпусі та нерівномірного навантаження по всій лінії контакту.

Зменшення маси й габаритних розмірів. Ця проблема почала турбувати користувачів через тенденції технологій, створення більш легких та твердих матеріалів.

У нашій країні використовуються одно- або двоступеневі мотор-редуктори, тоді як закордоном вже випускають триступеневі мотор-редуктори з більшим у 5-10 разів передатнім числом, але маса такого редуктора мало відрізняється від двоступеневого. Як наслідок, необхідні обертові моменти на виході редуктора можуть бути реалізовані меншими потужностями двигуна. Ще один зі способів проєктування з'єднання двигуна та передачі для зменшення габаритних розмірів є з'єднання «вал у вал» [4]. Це з'єднання створює статично невизначену розрахункову схему з'єднання валів, тому при збільшенні похибок зростають сили в опорах. Тому це з'єднання потребує точного виготовлення, та для обмеження сил в опорах необхідно враховувати зв'язок між реакціями опор та похибками розміщення поверхонь деталей, жорсткістю валів, контактною жорсткістю підшипників, радіальними зазорами в підшипниках.

Одним з основних методів модернізації є удосконалення черв'яка та колеса [5]. Підвищення твердості робочих поверхонь, працездатності. Особливо працездатність залежить від геометрії зачеплення, точності і якості

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

поверхневого шару черв'яка. Різниця між стандартними і модернізованими редукторами, не лише черв'ячними, як у нашому випадку, може бути в конструктивних особливостях зубців. Наприклад, числом заходів черв'яка, числом зубців колеса, розміром і розташуванням початкової плями контакту.

Таким чином працездатність модернізованих редукторів при однакових навантаженнях зростає в 1,6-3 рази [6]. Також можуть бути збільшені навантаження в 1,4 – 2 рази. Такі здатності сприймати більші навантаження допомагають запобігати виникненню аварійних ситуацій.

Сьогодні розповсюджений варіант модернізації черв'ячних редукторів є застосування в передачах тороїдного зачеплення.

Тороїдне зачеплення відноситься до просторових. Зубці одного або обох коліс нарізають на різних частинах поверхні тору. Головна особливість і перевага конічних тороїдних передач – можливість нормальної роботи навіть при безперервній зміні кута між осями.

Таке зачеплення має багато переваг: при однаковому навантаженні збільшується термін роботи редуктора в 1,5 – 2 рази; потужність збільшується у 1,3 – 1,4 рази; ККД підвищується на 10-30 %; покращене змащення в зоні контакту зубців [7].

Також можна зауважити, що сьогодні збільшення навантажень через модернізацію виготовлення коліс з нових матеріалів та застосування різних видів обробки зубчастих пар, вимагає нових характеристик від корпусу, таких як жорсткість, міцність, вібростійкість, герметичність.

Наприклад, жорсткість корпусу діє і на зачеплення черв'ячної пари і на працездатність підшипників. Пружні деформації корпусних деталей можуть впливати на відхилення від паралельності осей валів, що призводить до перекосів і нерівномірному навантаженню на зубчасті вінці. Внаслідок цього довговічність черв'ячної пари падає і виходить з ладу раніше, ніж було попередньо розраховано. А недостатня жорсткість корпусу може

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відобразитись у прогині стінок від зусиль у зачепленні, а це призведе до великих зазорів в підшипниках.

Тому для усунення цих проблем під час проєктування корпусу розглядають нові більш обґрунтовані форми, розміри і розташування елементів. Такі форми мають зберігати достатню жорсткість і міцність, але й знижувати масу. Зниження маси корпусу можна отримати проєктуючи більш досконалі конструкції або також зміну матеріалу. Так у більшості випадків корпуси редукторів отримувалися шляхом лиття з сірого чавуну, що є доволі типовим методом [8]. Але останнім часом широко застосовуються легкі алюмінієві сплави, які мають нижчий модуль пружності, високий коефіцієнт розширення. Отже, вони мають невисоку зносостійкість і твердість, великим температурним видовженням. Через це багато дослідів спрямовані на удосконалення жорсткості і міцності конструкцій з алюмінієвого сплаву.

Висновки до розділу

У цьому розділі була розглянута загальна інформація, стосовно основних характеристик черв'яків та редукторів з черв'ячним зачепленням. Також основні методи конструювання черв'ячних пар за допомогою спеціальних програмних забезпечень. Проблема конструювання редукторів, полягає з необхідною їхньою модифікацією, яка включає в себе зниження ваги. Саме ці проблеми піднімає сучасне машинобудування у своїх дослідях.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Конструкторський розділ

2.1. Проектний розрахунок приводу з одноступінчастим черв'ячним редуктором

2.1.1. Вибір електродвигуна. Кінематичний розрахунок приводу.

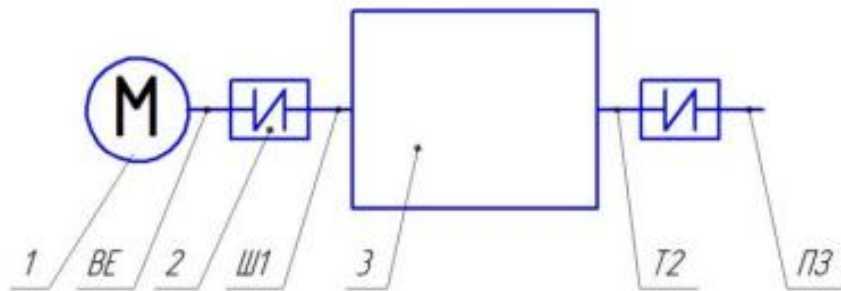


Рис. 2.1. Схема приводу: 1-електродвигун; 2-пружна муфта; 3-одноступінчастий черв'ячний редуктор; BE-вал електродвигуна; Ш1-швидкохідний вал редуктора; Т2- тихохідний вал редуктора; ПЗ- привід машини

У першу чергу обирається електродвигун. Для його вибору необхідно розрахувати загальний ККД (коефіцієнт корисної дії) приводу за формулою :

$$\eta = \eta_m * \eta_{ред} * \eta_m. \quad (2.1)$$

де η_m – ККД муфти, приймаємо – 0,98;

$\eta_{ред}$ – ККД черв'ячного редуктору , приймаємо – 0,8;

$\eta_{лан}$ – ККД закритої червої черв'ячної передачі – 0,98;

Отримаємо:

$$\eta = 0,98 * 0,8 * 0,98 = 0,7;$$

Електродвигун обираємо з серії 4А по ГОСТ 183-74 за номінальними потужностями $P_{дв} \geq P_{пот}$ та синхронною частотою обертання на валу n_c – 1500 (табл.2, ст.83 [10]).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{потр}} = \frac{P_{\text{вих}}}{\eta} = \frac{7,84}{0,7} = 11.2 \text{ кВт}; \quad (2.2)$$

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{дв}} = n_c * \left(1 - \frac{s}{100} \right) = 1500 * \left(1 - \frac{2.3}{100} \right) = 1465.5; \quad (2.3)$$

де s - відносне ковзання, % (табл.2. ст.83 [10]).

Умовне позначення двигуна: 160S4.

$P_{\text{дв}}$ - 15 кВт, s - 2.3%, n_c - 1500 об/хв.

Розрахункове передаточне число приводу:

$$u_{\text{пр.роз}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1465.5}{72.6} = 20.1; \quad (2.4)$$

де $n_{\text{вих}} = \frac{30 * \omega_{\text{вих}}}{\pi} = \frac{30 * 7,6}{\pi} = 72,6$ - частота обертання приводного валу машини.

Виходячи з отриманих даних розраховую кінематичні та силові параметри на валів:

1. Для валу електродвигуна : $n_0 = n_{\text{дв}}; \omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}; P_0 = P_{\text{дв}}; T_0 = \frac{P_0}{\omega_0}$.
 2. Для швидкохідного валу редуктора : $n_1 = n_0; \omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}; P_1 = P_0 * \eta_m; T_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$.
 3. Для тихохідного валу редуктора : $n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{ред}}}; \omega_2 = \frac{\pi n_2}{30}; P_2 = P_1 * \eta_{\text{ред}}; T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$.
 4. Для приводного валу редуктора : $n_3 = n_2; \omega_3 = \frac{\pi n_3}{30}; P_3 = P_2 * \eta_m; T_3 = \frac{P_3}{\omega_3}$.
- $u_{\text{ред}} = 10$ обираєм з таблиці 1 (ст. 83 [10]).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1.

Кінематичні параметри

Номер валу	$n, \text{хв}^{-1}$	$\omega, \text{с}^{-1}$	$P, \text{Вт}$	$T, \text{Нм}$
0	1465,5	153,5	15 000	97,7
1	1465,5	153,5	14 700	95,7
2	146,5	15,3	11 760	768.6
3	146.5	15.3	11 524	753.2

2.1.2. Розрахунок передачі.

Попередньо розраховуємо швидкість ковзання за формулою:

$$V_s = 4.5 * 10^{-4} * n_1 * \sqrt[3]{T_2} = 4.5 * 10^{-4} * 1465.5 * 768.6^{\frac{1}{3}} = 4.6. \quad (2.5)$$

Обираємо матеріал черв'яка і матеріал зубчастого вінця колеса (табл.61-62 [10]).

Вибір матеріалу для черв'яка. Приймаємо сталь 40Х, поверхнєве гартування, твердість 45..55 HRC.

Для вінця черв'ячного колеса приймаємо бронза безолов'яниста БрАЖ9-4Л лиття в кокіль, $\sigma_B = 500 \text{ МПа}$, $\sigma_T = 200 \text{ МПа}$.

Число зубців черв'ячного колеса для $z_1 = 4$ (для передаточного числа) число заходів черв'яка.

Таблиця 2.2.

Вихідні дані для розрахунку редуктора

Назва	Розмірність	Позначення	Величина
Крутний момент на колесі	Н*м	T_2	768.6
Частота обертання колеса	хв^{-1}	n_2	146.5
Тип передачі	Нереверсивна		

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Продовження таблиці 2.2.

Термін служби передачі	год	L_p	20 000
Коефіцієнт використання передачі протягом року		K_p	0,8
Коефіцієнт використання передачі протягом добі		K_d	0,3
Передаточне число		$u_{ред}$	10

Допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = 280 - 25 * 3.2 = 200 \text{ МПа-безоловяниста бронза.}$$

визначаємо загальний час роботи передачі під навантаженням за формулою:

$$t_c = 365 * L_p * K_p * 24 K_d = 365 * 20000 * 0,8 * 24 * 0,3 = 42\,048; \quad (2.6)$$

Дійсне число циклів навантаження, МПа:

$$N = 60 * n_2 * t_c = 60 * 146.5 * 42048\,000 = 3.6 * 10^7; \quad (2.7)$$

Допустиме напруження на згин, МПа:

$$[\sigma_F] = 0.2 * \sigma_T * \sqrt[9]{\frac{10^6}{N}} = 0.2 * 200 * \sqrt[9]{\frac{10^6}{3.6 * 10^7}} = 26.8 \text{ МПа}; \quad (2.8)$$

Критичне допустиме контактне напруження, МПа:

$$[\sigma_{Hmax}] = 2 * \sigma_T = 2 * 200 = 400 \text{ МПа}; \quad (2.9)$$

Критичне допустиме напруження згину, МПа:

$$[\sigma_{Fmax}] = 0.8 * \sigma_T = 0.8 * 200 = 160 \text{ МПа}; \quad (2.10)$$

Міцність контакту

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість зубців :

$$z_2 = u * z_1 = 10 * 4 = 40; \quad (2.11)$$

з таблиці 63 (ст. 115 , [10])обираємо коефіцієнт діаметра черв'яка q - 8

Знаходимо міжосьову відстань, мм:

$$\begin{aligned} a_W &= \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt{T_2 * K_H * \left[\frac{170q}{Z_2 \sigma_H} \right]^2 * 10^3} \\ &= \left(\frac{40}{8} + 1 \right)^3 \sqrt{768.6 * 1.5 * \left[\frac{170 * 12.5}{40 * 200} \right]^2 * 10^3} = 154. \end{aligned}$$

Приймаємо $K_H = 1.5$.

Отримане значення заокруглюємо до найближчого табл.64 (ст.116, [10])

$a_W = 150$ мм.

Модуль колеса, мм:

$$m = \frac{2a_W}{q+z_2} = \frac{2*180}{8+40} = 6.8; \quad (2.12)$$

Округлюємо до найближчого $m = 6.3$.

Уточнюємо значення за таблицею 64. [10].

Розрахунок геометричних параметрів

Коефіцієнт зміщення черв'яка:

$$x = \frac{a_W}{m} - 0.5 * (Z_2 + q) = \frac{180}{6.3} - 0.5(40 + 8) = 0.398; \quad (2.13)$$

$-1 \leq 0.398 \leq 1$ – умова виконана.

Ділильний діаметр черв'яка, мм :

$$d_1 = q * m = 8 * 6.3 = 50,4; \quad (2.14)$$

Ділильний діаметр черв'ячного колеса, мм:

$$d_2 = z_2 * m = 40 * 6.3 = 252;$$

Початковий діаметр черв'ячного колеса, мм:

$$d_{W1} = (q + 2 * x)m = (8 + 2 * 0.398) * 6.3 = 55,4 \text{ мм}; \quad (2.15)$$

Ділильний кут підйому, град:

$$y = \tan^{-1} \left(\frac{z_1}{q} \right) = \tan^{-1} \frac{4}{16} = 26,5; \quad (2.16)$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Початковий кут підйому, град:

$$\gamma_W = \tan^{-1} \left(\frac{z_1 m}{d_{w1}} \right) = \tan^{-1} \frac{4 \cdot 6.3}{55.4} = 24,5; \quad (2.17)$$

Висота витка черв'яка, мм:

$$h_1 = 2.2 \cdot m = 2.2 \cdot 6.3 = 13.8;$$

Діаметр вершин витків черв'яка, мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 50,4 + 2 \cdot 6.3 = 63;$$

Діаметр вершин зубів колеса, мм:

$$d_{a2} = d_2 + 2(1 + x)m = 252 + 2 \cdot (1 + 0.398) \cdot 6.3 = 271.8;$$

Найбільший діаметр черв'ячного колеса, мм :

$$d_{aM2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 63 + \frac{6 \cdot 6.3}{4 + 2} = 69,3;$$

Ширина зубчастого вінця колеса, мм:

$$b_2 \leq 0.67 \cdot 96 = 64.32;$$

Довжина нарізної частини черв'яка, мм:

$$b_1 \geq (8 + 0.09 \cdot 40) = 65;$$

для $x=0$. Отримане значення слід збільшити на 25 мм, отримаємо 90.

2.1.3. Навантаження на вали редуктора. Розрахунок сил зачеплення.

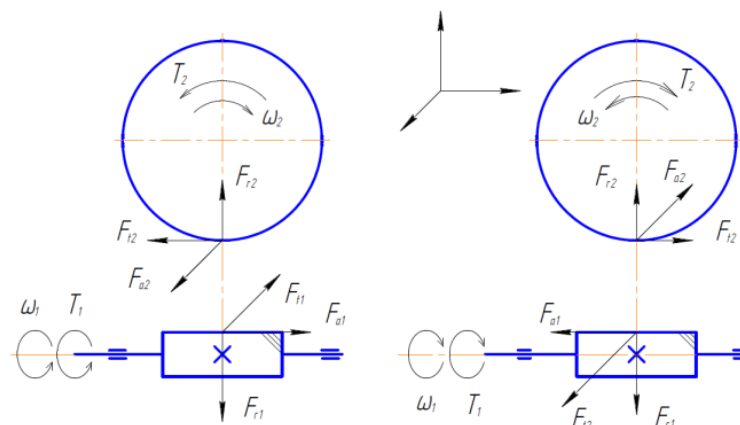


Рис. 2.2 Схема сил в зачепленні черв'ячної передачі при різних напрямках обертання

Колова сила на черв'яку і осьова сила на колесі, Н:

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_1 10^3}{d_1} = \frac{2 * 95,7 * 10^3}{50,4} = 3797;$$

Колова сила на колесі і осьова сила на черв'яку, Н:

$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2T_2 10^3}{d_2} = \frac{2 * 768,6 * 10^3}{252} = 6100;$$

Радіальна сила на колесі і черв'яку, Н:

$$F_{r2} = F_{r1} = F_{t2} * \tan \alpha = 6100 * \tan 20 = 2220;$$

де α кут зачеплення – 20.

Консольне навантаження на вихідному кінці швидкохідного валу від муфти, Н:

$$F_{M1} = (50 \dots 125) \sqrt{T_1} = 125 * \sqrt{95,7} = 978,2.$$

Консольне навантаження на вихідному кінці тихохідного валу від муфти, Н :

$$F_{M2} = 125 \sqrt{T_2} = 125 * \sqrt{768,6} = 3465.$$

2.1.4. Проектний розрахунок валів

Призначаємо матеріал для тихохідного валу редуктора – сталь 40Х, термообробка – поліпшення. Твердість HB 280.

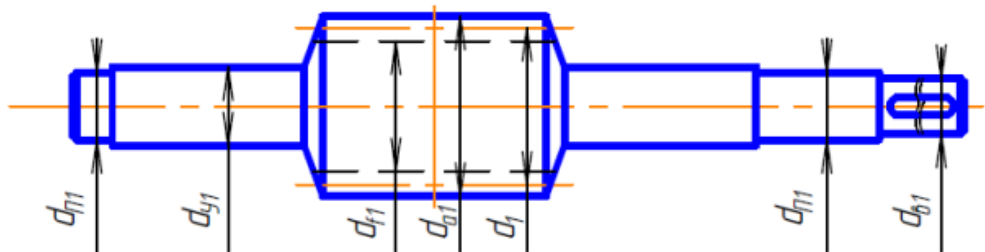


Рис.2.3. Типова конструкція тихохідного вал-черв'як

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

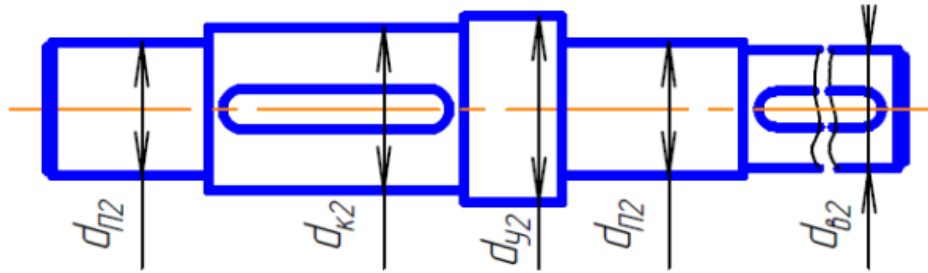


Рис. 2.4. Типова конструкція швидкохідного валу

Розрахунок діаметрів різних ступенів швидкохідного валу.

$$d_{B1} = \sqrt[3]{\frac{T_1 10^3}{0.2[\tau]_k}} - \text{діаметр вихідного кінця, мм.} \quad (2.18)$$

де $[\tau] = 40$ МПа – напруження кручення.

$$d_{B1} = \sqrt[3]{\frac{95.7 \cdot 10^3}{8}} = 24 \text{ мм.}$$

Діаметр для місця під підшипник :

$$d_{п1} = d_{и1} + 2t = 24 + 4 = 28 \text{ мм;}$$

де t_1, t_2 - висота буртика валу.

Значення діаметру округлюємо до кратного 5, отримаємо - 30 мм.

Розміри діаметру упорної ступені валу, мм:

$$d_{y1} = d_{п1} + 2t = 30 + 4 = 34 \text{ мм ;}$$

Визначаємо розміри тихохідного валу редуктора.

Діаметр вихідного кінця, мм:

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{T_2 10^3}{0.2[\tau]_k}} = 48.5 \text{ мм;}$$

Округлюємо стандартного, отже, 50 мм.

Аналогічно проводимо до попередніх розрахунків, швидкохідного валу, для діаметрів під підшипник, колесо та упорну ступень відповідно, мм :

$$d_{п2} = d_{B2} + 2t = 50 + 4 = 54 \text{ мм ;}$$

Отримане значення діаметру від підшипник округлюємо до кратного 5, тоді – 55 мм.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$d_{k2} = d_{п1} + 2t = 55 + 4 = 59 \text{ мм};$$

$$d_{y2} = d_{k2} + 2t = 59 + 4 = 63 \text{ мм.}$$

Діаметр маточини черв'ячного колеса, мм:

$$d_{CT} = (1.6 \dots 1.8)d_{k2} = 1.6 * 59 = 94.4;$$

Довжина маточини черв'ячного колеса, мм :

$$l_{CT} = (1.2 \dots 1.8)d_{k2} = 1.2 * 59 = 70.8.$$

Визначаємо зазори між частинами.

Зазор між торцем маточини черв'ячного колеса і стіною корпусу:

$$\Delta_1 = 1,2\delta = 1,2 * 9,2 = 11,04;$$

$$\text{звідки } \delta = 0,04 * a_w + 2 = 0,04 * 180 + 2 = 9,2 \text{ мм.}$$

Зазор між черв'ячним колесом і внутрішньою стінкою корпусу: $\Delta_2 = \delta = 9,2 \text{ мм.}$

Зазор між черв'яком і дном корпусу: $\Delta_0 \geq 4\delta \rightarrow 4 * 9,2 = 36,8 \text{ мм.}$

Відстань від точки прикладання радіальної реакції підшипника до точки прикладання сил тиску передачі розраховуємо за формулою:

$$l_3 = 1.25d_{п2} + 0,625d_{B2} - T_2 + \frac{B}{2} + \frac{(D+d)e}{6} = 1.25 * 55 + 0.625 * 50 - 23 + \frac{52}{2} + (120 + 55) * \frac{0.95}{6} = 68,8;$$

$$l_0 = 1.25d_{п1} + 0,625d_{B1} - T_2 + \frac{B}{2} + \frac{(D + d)\tan 36}{4} = 60.$$

Обираємо підшипники для роликові черв'яка та кулькові для валу черв'яка колеса.

Роликові конічні однорядні (середня серія): 7306.

Кулькові радіальні однорядні (середня серія): 311.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.3.

Параметри підшипників

Вал	Підшипники					
	Позначення	$d \times D \times B(T)$, мм	C_r , кН	C_0 , кН	α , град	e
Тихохідний Т2	311	55 X 120 X 29	56,0	34,0		0,95
Швидкохідний Ш1 (вал-черв'як)	7306	30 X 72 X 19 (20,75)	63,0	51,0	36	

2.1.5. Конструктивні розміри редуктора

Головна мета конструктивної компоновки полягає в конструктивному оформленні деталей та вузлів редуктора.

Таблиця 2.4.

Конструктивні розміри конічного колеса

Параметр	Формули	Величина, мм
Діаметр маточин сталевих коліс	$d_{ст}$	86.4
Довжина маточини	$l_{ст}$	64.8
Товщина диска	$C = 0.25b_2$	16.08
Радіуси заокруглень і уклони	$R \geq 10 \text{ мм}, \gamma \geq 7^\circ$	10
Діаметр отворів	$d_{отв} = \frac{D_0 - d_{ст}}{4}$	41.4
Діаметр центрального кола	$D_{0ТВ} = 0.5(D_0 + d_{ст})$	159.2

Продовження таблиці 2.4.

Товщина ободу	$\delta_1 = \delta_2 = 2t$	12,6
Фаски	$n = 0.5t$	3,15
Діаметр гвинта	$d_{\text{винт}} = (1.2 \dots 1.4)t$	7,56
Довжина загвинчування	$L_{\text{винт}} = (0.3 \dots 0.4)b_2$	19.3
Ширина ободу	$b_0 = \delta$	12,6
Зміщення	$f = 0.8d_{\text{винт}}$	6.05
Висота буртика	$h = 0.8t$	7.7
Ширина буртика	$t \approx 0.15b_2$	9.6

Таблиця 2.5.

Конструктивні розміри корпусу редуктора

Параметри	Формули	Величина, мм
Товщина стіни корпусу та кришки	$\delta \geq 8 \text{ мм}, \delta_1 \geq 8 \text{ мм}$ $\delta = 0,04a_w + 3;$ $\delta_1 = 0.032 a_w + 2$	$\delta = 9$ $\delta_1 = 6,8$
Товщина верхнього поясу корпусу	$b = 1.5\delta$	13,5
Товщина нижнього поясу кришки корпусу	$b = 1.5\delta_1$	10,2
Товщина нижнього поясу корпусу	$p_1 = 1.5\delta; p_2 = 2.5\delta$	13.5; 22.5

Продовження таблиці 2.5.

Діаметр фундаментних болтів	$d_1 = 0.03a_W + 12$	16.5
Діаметр болтів	$d_2 = 0.7d_1; d_3 = 0.5d_1$	11.5; 8.25
Діаметр отвору гнізда підшипник для валу колеса		120
Діаметр отвору гнізда підшипника для черв'ячного валу		72
Довжина гнізда підшипника для валу колеса	$l_1 = \delta + C_2 + R_2 + 3 \dots 5; R_2 \geq 1.1d_2$	30
Довжина гнізда підшипника для черв'ячного валу	$l_2 = \delta + C_2 + R_2 + 3 \dots 5; R_2 \geq 1.1d_2$	40

2.1.6. Тепловий розрахунок редуктора

Розраховуємо ККД передачі :

$$\eta = (0,95 \dots 0,96) * \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \varphi)}. \quad (2.19)$$

Звідки ϕ , град – кут тертя, обираємо з таблиці 68 [10].

Призначаємо $\phi = 1^\circ 43'$

Наступним етапом ми маємо розрахувати площу поверхні тепловіддачі корпусу редуктора, м²:

$$S = 20a_W^{1.7} = 20 * 180^{1.7}.$$

Температура масла вираховується за формулою:

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$T_M = \frac{T_2 * \pi * n_2 * (1 - \eta)}{30 \eta * K_T * S} + 20^\circ. \quad (2.20)$$

$$\text{де } K_T = 12 \dots 18 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{С}^\circ}.$$

2.1.7. Змащення редуктора

Змащення для колеса і черв'яка редуктора є важливою частиною . Для такого виду зачеплення і при невисоких швидкостях, а саме до 10 м/с, використовують картерне змащення.

Процес змащення відбувається, за рахунок занурення у масло колеса на глибину $h_M = 2,2t \dots 0,25 d_2$, тоді черв'як занурюють на глибину $h = 2,2t \dots 0,5 d_1$. Об'єм масляної ванни приймається в залежності від потужності, приблизно 0,5 л на 1кВт. Сорт масла обираємо з табл. 38.(ст.104, [10]) з урахуванням кінематичної в'язкості - 20 мм²/с: марка індустріального масла И-20А .

Підшипники кочення змащуються розбрискуванням масла.

2.1.8. Вибір муфти

Муфту рекомендується застосовувати пружну втулково-пальцеву. Розмір назначаємо з табл.39 ГОСТ 21424-75 за діаметрами валів з розрахунком обертаючого моменту:

$$T_{\text{роз}} = k * T_1 \leq [T] \rightarrow 1,2 * 95,7 = 114.$$

де T_1 —обертовий момент на валу- черв'яку (швидкохідного) редуктора, Н*м;

k – коефіцієнт умов експлуатації, $k=1,2$.

$$T_{\text{роз}} = k * T_2 \leq [T] \rightarrow 1,2 * 768,6 = 922.$$

T_2 —обертовий момент на валу тихохідного редуктора, Н*м; Сталь муфти – СЧ20.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6

Параметри муфти

[T]	d, d_1	D	L		l		n_{max}	радіальне	кутове
125	25; 28	20	125	89	60	42	4600	0,2	1°30'
1000	50;56	220	226	170	110	82	2850	0,4	1°

2.1.9. Розрахунок шпонкових з'єднань

Використовуються шпонкові з'єднання для швидкохідного валу і тихохідного валу з напівмуфтою і колесом. Шпонки призматичні округлі ГОСТ 23360-78 за табл. 40 [10].

Таблиця 2.7.

Розміри шпонок

Найменування шпонок	Діаметр валу	Переріз шпонки $b \times h$	Вал d , мм	Втулка L_2 , мм	Фаска s , мм
Шпонка 1 8 X 7 X 20 ГОСТ 23360-78	24 мм	8 X 7	4,0	3,3	0,16-0,25
Шпонка 2 14 X 9 X 20 ГОСТ 23360-78	50 мм	14 X 9	5,5	3,8	0,25-0,4
Шпонка 3 16 X 10 X 36 ГОСТ 23360-78	59 мм	18 X 11	7,0	4,4	0,4-0,67,0

2.2. Перевірочний розрахунок

2.2.1. Перевірочний розрахунок на контактну міцність колеса і черв'яка

Колова швидкість черв'яка і черв'ячного колеса, м/с :

$$V_1 = \frac{\pi * n_1 * d_1}{60000} = \frac{(3.14 * 1465.5 * 50,4)}{60000} = 3,9;$$

$$V_2 = \frac{\pi * n_2 * d_2}{60000} = \frac{(3.14 * 146.5 * 252)}{60000} = 1.9.$$

Швидкість ковзання, м/с :

$$V_s = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{3,9^2 + 1.9^2} = 4,3;$$

Контактне напруження перевіряємо за формулою, МПа :

$$\sigma_H = \frac{170q}{z_2} * \sqrt{\frac{T_2 K_H \left(\frac{z_2}{q} + 1\right)^3}{a_w^2}} = \frac{170 * 12.5}{40} * \sqrt{\frac{768.6 * 1.5 \left(\frac{40}{8} + 1\right)^3}{150^2}} \\ = 53.1 * 2.1. = 111.5.$$

звідки K_H сумарний коефіцієнт навантаження.

$$K_H = K_V * K_\beta = 1.06 * 1.4 = 1.5.$$

де коефіцієнт динамічного навантаження обирається з табл. 65 [10]:

$$K_V = 1.4.$$

коефіцієнт концентрації навантаження розраховується за формулою :

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^3 * \frac{1}{x} = 1 + \left(\frac{40}{101}\right)^3 * 1 = 1.06.$$

коефіцієнт деформації черв'яка обирається з табл.66 [10]: $\theta = 101$.

$x=1$ при постійному навантаженні.

Висновок: розрахункове напруження нижче допустимого $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ ($[\sigma_H] = 200\text{МПа}$), що відповідає нормі, тому розрахунки виконані правильно.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.2.2.Перевірочний розрахунок зубів на колеса на витривалість при згині

$$\sigma_F = \frac{(1.4 * T_2 * K_H)}{m * Y * d_2 * b_2} = \frac{1.4 * 768.6 * 1.5}{6.3 * 0.645 * 252 * 64.32} = 2.8 \text{ МПа};$$

де $Y=0.645$ – коефіцієнт форми зуба колеса обирається з табл.67[10].

Та обраховуємо еквівалентне число зубів колеса:

$$z_E = \frac{z_2}{\cos^3 y} = \frac{40}{\cos^3 14} = 43.$$

Висновок, допустиме напруження на згин більше ніж розрахункове.

2.2.3. Перевірка на короткочасне перенавантаження

Максимальне контактне напруження, МПа:

$$\sigma_{Hmax} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_{2max}}{T_2}} = 111.5 * \sqrt{\frac{2000}{768.6}} = 139,3 \text{ МПа};$$

Максимальне напруження при згинах, МПа:

$$\sigma_{Fmax} = \sigma_F * \frac{T_{2max}}{T_2} = 2.8 * \frac{2000}{768.6} = 5.2 \text{ МПа};$$

Висновок: опираючись на отриманні данні, видно, що розрахункові напруження менші за допустимі. Усі напруження допустимі.

2.2.4. Перевірочний розрахунок валів на міцність

Межа міцності для призначених матеріалів.

Витривалість для тихохідного валу і вал-черв'як при сталі 40Х $\sigma_{-1} = 0,35\sigma_b + (75 \dots 120) = 0,35 * 790 + 100 = 376,5 \text{ МПа}$.

Для симетричного циклу межа витривалості визначається, МПа : $\tau_{-1} = 0,58\sigma_{-1} = 0,58 * 376,5 = 218,37 \text{ МПа}$.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова схема для швидкохідного вал. Концентрація напружень виникає через наявність шпонкових канавок.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності по дотичним напруженням, МПа:

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}\varepsilon_{\Pi}}\tau_a + \psi_{\tau}\tau_m} = \frac{218.37}{\frac{1.7}{0.83 * 0.9} * 0.16 + 0.1 * 0.16} = 574.5;$$

де τ_a - амплітуда і τ_m – середнє напруження циклу, МПа:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2} = \frac{T_2}{2W_k} = \frac{768.6}{2 * 2447} = 0.16.$$

$$W_k = \frac{\pi d_{B1}^3}{16} - \frac{bl_1(d_{B1}-t_1)^2}{2d_{B1}} = \frac{\pi 24^3}{16} - \frac{4*8*(24-4)^2}{2*24} = 2447 \quad - \quad \text{момент опору}$$

кручення перерізу валу, мм.

$k_{\tau} = 1.7$ - ефективний коефіцієнт концентрацій напружень в шпонкових пазах(табл.43 [4]);

$\varepsilon_{\tau} = 0.83$ - масштабний фактор (табл. 46 [4]);

$\varepsilon_{\Pi} = 0.9$ – коефіцієнт впливу шорсткості поверхні;

$\psi_{\tau} = 0.1$ – коефіцієнт чутливості матеріалу.

Величина моменту згину від консольного навантаження а перерізі А-А F_B , Н*м:

$$M_{A-A} = \frac{F_B l}{2} = \frac{978.2 * 125}{2} = 61137.5.$$

де l – довжина півмуфти.

Коефіцієнт запасу міцності по нормальним згину, МПа:

$$s_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}\varepsilon_{\Pi}}\sigma_a + \psi_{\sigma}\sigma_m} = \frac{376.5}{\frac{1.8}{0.83 * 0.9} * 56.09 + 0.1 * 13.48} = 2.76;$$

$$\sigma_a = \frac{M_{A-A}}{W_{\text{нетто}}} = \frac{61137.5}{1090} = 56.09 \quad - \quad \text{амплітуда нормальних напружень на згин};$$

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi d_{B1}^3}{32} - \frac{bt_1(d_{B1}-t_1)^2}{2d_{B1}} = \frac{\pi 24^3}{32} - \frac{8*4(24-4)^2}{2*24} = 1090 \quad - \quad \text{момент опору}$$

згину.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_m = \frac{4F_{a1}}{\pi d_{B1}^2} = \frac{4 \cdot 6100}{\pi 24^2} = 13.48 \text{ – середнє нормальне напруження, МПа.}$$

$k_\sigma = 1.8$ - ефективний коефіцієнт концентрацій напружень (табл.43, [10]);

$\varepsilon_\sigma = 0.83$ - масштабний фактор (табл. 46, [10]);

$\psi_\sigma = 0.1$ – коефіцієнт чутливості матеріалу.

Загальний коефіцієнт запасу міцності, МПа:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \leq [s] \rightarrow \frac{2.76 \cdot 574.5}{\sqrt{2.76^2 + 574.5^2}} = 2.7 \leq [3].$$

2.2.5. Призначення посадок і складання редуктора

Корпус редуктора зачищають і покривають маслостійкою фарбою. Далі відбувається безпосереднє складання редуктора.

Кулькові радіально-упорні підшипники нагріваються в маслі до 80...10°С та насаджуються на вал-черв'як (з посадкою відхилення валу к6, а до корпусу зовнішні кільця підшипників мають посадку Н7 відхилення отвору). Зібрану частину вставляють в корпус і встановлюють на нього стакан з посадкою Н7/к6. Колесо кріпиться на тихохідний вал з посадкою Н7/р6 шпонкою (посадка шпонки в валу Р7/н9) та запресовується до упору в буртик, надягають розпірну втулку і встановлюють конічні підшипники, нагріті в маслі. Зібрану конструкцію встановлюють в корпус і закривають кришкою. Поверхні стику кришки та корпусу необхідно покрити спиртовим лаком для зменшення зносу.

Підшипники закривають кришками з металевими прокладками для вільного регулювання. Посадки кришок підшипників Н7/н7.

Щоб мати змогу регулювати черв'ячне зачеплення частину прокладок, переставляють з однієї опори тихохідного валу на іншу до співпадіння середньої площини колеса з віссю черв'яка. Загвинчують пробку масло-

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

зливного отвору і вказівник рівня масла з прокладками. Заливають в корпус
масло і закріплюють кришку оглядового люка з віддушиною.

Готовий редуктор перевіряють на стенді.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічний розділ

3.1 Технологія виготовлення елементу редуктора «Корпус»

3.1.1 Загальний опис деталі

Корпусна деталь – це базова деталь. На неї встановлюються різні деталі та складальні одиниці. Корпусна деталь повинна мати точність, достатню жорсткість і вібростійкість для забезпечення потрібного відносного положення з'єднувальних деталей і вузлів. «Корпус», який ми розглядаємо, має коробчастий тип суцільний.

Матеріал деталі: Сірий чавун СЧ2 ГОСТ 1412-85.

Отвір Ø72H7 призначений для встановлення в ньому пари підшипників, які будуть підтримувати черв'як.

В Отвір Ø120H7 посадкове місце для валу з підшипниками, на якому кріпиться черв'ячне колесо.

Різьбові отвори M10-7H, M12-7H, M30x2-7H, M8-7H.

Отвір Ø280H11 закривається кришкою, що кріпиться вісьмома болтами M12-7H.

Отвір Ø120H7 закривається кришкою, що кріпиться на вісім болтів M10-7H.

Отвір Ø270H11 закривається кришкою, що кріпиться одинадцятьма ботами.

Деталь має вікно, через яке вільний доступ до муфти, що вмонтована в редуктор.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

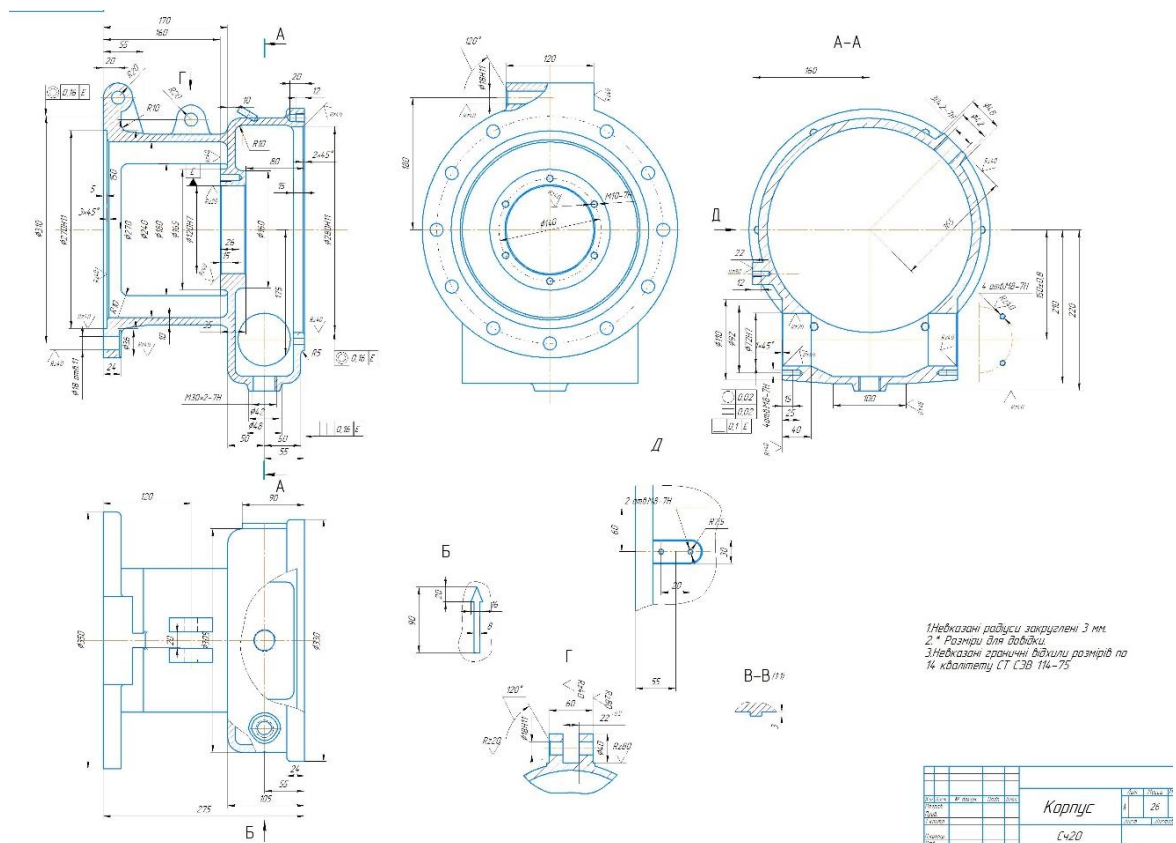


рис. 3.1. Креслення «Корпусу»

3.1.2 Характеристика та механічні властивості матеріалу

Сірий чавун — це вид чавуну, що не містить ледеburиту, у ньому весь вуглець знаходиться у вигляді графіту. Належить до основних видів чавуну. Сірі чавуни є крихкими матеріалами ($5 \leq 0,5\%$) і мають низьку міцність. Цей чавун має хорошу плинність, мало схильний до утворення усадочних дефектів у порівнянні з іншими видами чавунів.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад чавуну СЧ 20 (ГОСТ 1412-85)

Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
3,3÷3,5 %	1,4÷2,2 %	0,7÷1,0 %	Не більше 0,2 %	Не більше 0,15 %

Таблиця 3.2.

Механічні властивості чавуну СЧ 20 (ГОСТ 1412-85)

Показник	Величина
Межа короткочасної міцності σ_s , МПа	200
Густина матеріалу ρ , кг/м ³	7200
Лінійна усадка ε , %	1,2
Модуль пружності при розтягуванні, $E \cdot 10^{-2}$ МПа	850-1100
Питома теплоємність при температурі 20-200 °С, Дж(м·град)	480
Коефіцієнт лінійного розширення при температурі 20-200 °С, $\alpha 1/^\circ \text{C}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$
Теплопровідність при 20 °С, λ , Вт(м·град)	54

3.1.3. Визначення типу виробництва та технологічної партії деталей

Тип виробництва є класифікаційною категорією виробництва, яка визначається шириною номенклатури, стабільністю і об'ємом випуску продукції.

За цими завдання річний об'єм випуску деталей складає $N = 5500$ шт. Цій річній програмі і масі деталі $m = 26$ кг відповідає серійний тип виробництва. Серійне виробництво характеризується обширною номенклатурою виробів, які виготовляються періодично повторюваними партіями і порівняно великим об'ємом випуску, ніж в одиничному типі виробництва. При серійному типі виробництва використовуються універсальні верстати, які оснащені як спеціальними, так і універсальними та універсально-складальними пристосуванням, що дозволяє понизити трудомісткість та собівартість виготовлюваного виробу. Також поряд з універсальними станками при середньо-серійному виробництві

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

використовуються спеціалізовані агрегатні металорізальні верстати, а також верстати з ЧПК.

При цьому типі виробництва технологічний процес виготовлення виробу суттєво диференційований, тобто поділений на окремі самостійні операції, які виконуються на певних верстатах.

Визначаємо партію запуску деталей:

$$n = \frac{N * t}{\Phi} = \frac{5500 * 6}{261} = 126 \text{ шт.}$$

де N – річна програма випуску деталей, 5500 шт.

t — к-сть днів пролежування деталей в цеху (приймаємо – 6);

Φ – к-сть робочих днів у році (при п'ятиденному робочому тижні і тривалості робочої зміни 8 год, з урахуванням офіційних вихідних $\Phi=261$);

n – к-сть деталей у технологічній партії (приймаємо 130шт).

Визначаємо к-сть партії, що запускаються за рік за формулою:

$$K = \frac{N}{n} = \frac{5500}{130} = 42 \text{ шт.}$$

3.1.4. Аналіз існуючого технологічного процесу

Технологічний процес, що розповсюджений на підприємствах, вже достатньо налагоджений та удосконалений для обробки «корпусу». Операції ставляться в тій послідовності, щоб деталь обробилась з меншими затратами часу та робочої сили, але з більшою точністю. Так для початку обробляють базові поверхні з обох сторін, далі внутрішні отвори, канавки та нарізання різьби. Обладнання використовують: токарно-револьверний напівавтомат 1431 для розмітки схеми, токарний одношпиндельний напівавтомат 1163, токарний багатошпиндельний напівавтомат 1262 та 1255. Потрібна шорсткість ($Ra 0.8$, $Ra 1.6$, $Ra 3.2$) досягається чистовим точінням.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Метод виготовлення заготовки – відливка в піщано-глинястих формах з ручним формуванням по дерев'яним моделям .

Для токарної обробки використовують кулачки, як оснащення для закріплення заготовки, чотирьохкулачковий патрон. Для свердлування використовують кондуктори, це досить раціонально для того, щоб забезпечити координати отворів, однак це значно збільшує $T_{\text{доп}}$, для фрезерування використовують цехові притискні елементи (притискні планки).

Як металорізальні інструменти використовують різці, свердла, кінцеві фрези Ø50 та Ø22, зенківка Ø36. Різці для нарізання різьби, зенкери, розвертки, мітчики.

Можна зробити висновки із заводського технологічного процесу, що процес виробництва деталі корпус повністю налагоджений для забезпечення всіх точних обробок поверхонь та забезпечення потрібних шорсткостей. Єдиний недолік цього процесу – розмітка поверхні, адже вона не забезпечує постійного базування, а це може призвести до браку деформації поверхні.

3.1.5. Вибір формоутворення заготовки

Найбільш розповсюджений метод отримання заготовок з сірого чавуну – це лиття.

Є ряд способів отримання виливок: виливання в піщано-глиняні форми з ручним формуванням по дерев'яним моделям; виливання в піщано-глиняні форми з машинним формуванням по металічним моделям; виливання в оболонкові форми по моделям, які виплавляються в металічних формах. Якісніші відливки отримуються при останніх трьох методах, але цей спосіб набагато витратніший по виготовлення допоміжних оснасток для лиття і це більш складніше технологічно. Тому обирається для нашої деталі перші два способи.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення методу лиття спершу визначаємо коефіцієнт використання металу для заготовки-виливки :

$$K_{з.м.} = \frac{M_{д.}}{M_{заг.}} \quad (3.1.)$$

де $M_{д.} = 26$ кг – маса деталі;

$M_{заг.}$ – маса заготовки.

Коефіцієнт для використання металу при заготовці отриманій при литті в піщано-глиняні форми по дерев'яним моделям:

$M_{заг.}=31,96$ кг

$$K_{з.м.} = \frac{M_{д.}}{M_{заг.}} = \frac{26}{31,96} = 0,81;$$

Коефіцієнт для використання металу при заготовці, отриманій при литті в піщано-глиняні форми по металевим моделям:

$M_{заг.}=30,06$ кг

$$K_{з.м.} = \frac{M_{д.}}{M_{заг.}} = \frac{26}{30,06} = 0,86;$$

Економічне обґрунтування методу отримання заготовки.

Данні для обрахунку використанні з економічного відділу підприємства «Прогрес».

Собівартість заготовки при литті в піщано-глиняні форми по металевим моделям визначаємо за формулою:

$$S_{заг.шт.} = \left(\frac{C_i}{1000} * Q * K_r * K_c * K_3 * K_m * K_{п} \right) - (Q - q) * \frac{S_{отх}}{1000}; \quad (3.2)$$

де

C_i -вартість однієї тони литих заготовок, приймаємо 14200грн/т;

$Q=30,06$ кг-маса заготовки;

$S_{отх}=10500$ грн/т – вартість відходів;

$q=26$ – маса готової деталі;

$K_r, K_c, K_3, K_m, K_{п}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки, об'єму виробництва:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_r = 0,9, K_c = 1, K_3 = 1,14, K_m = 1, K_{\Pi} = 1(\text{с.39,40,[19]}).$$

$$S_{\text{заг.шт.}} = \left(\frac{14200}{1000} * 30,06 * 0,9 * 1 * 1,14 * 1 * 1 \right) - (30,06 - 26) * \frac{10500}{1000} = 395.32 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки отриманої при литті в піщано-глиняні форми по дерев'яним моделям за тією ж формулою

де C_i -вартість однієї тони литих заготовок, приймаємо 14000грн/т;

$Q=31,96$ кг-маса заготовки;

$$S_{\text{заг.шт.}} = \left(\frac{14000}{1000} * 31,96 * 0,9 * 1 * 1,14 * 1 * 1 \right) - (31,96 - 26) * \frac{10500}{1000} = 396,49 \text{ грн.}$$

Отже, враховуючи обидва розрахунки, метод отримання заготовки литтям в піщано-глиняні форми по металевим моделям більш економічно вигідний, ніж заготовки отримані при литті в піщано-глиняні форми по дерев'яним моделям (що є заводським методом). Також лиття по металевим формам є раціональнішим методом, тому що коефіцієнт використання металу ($0,86 > 0,81$), це означає, що зменшується кількість чорнових підходів при обробці на верстатах, зменшується і маса заготовки.

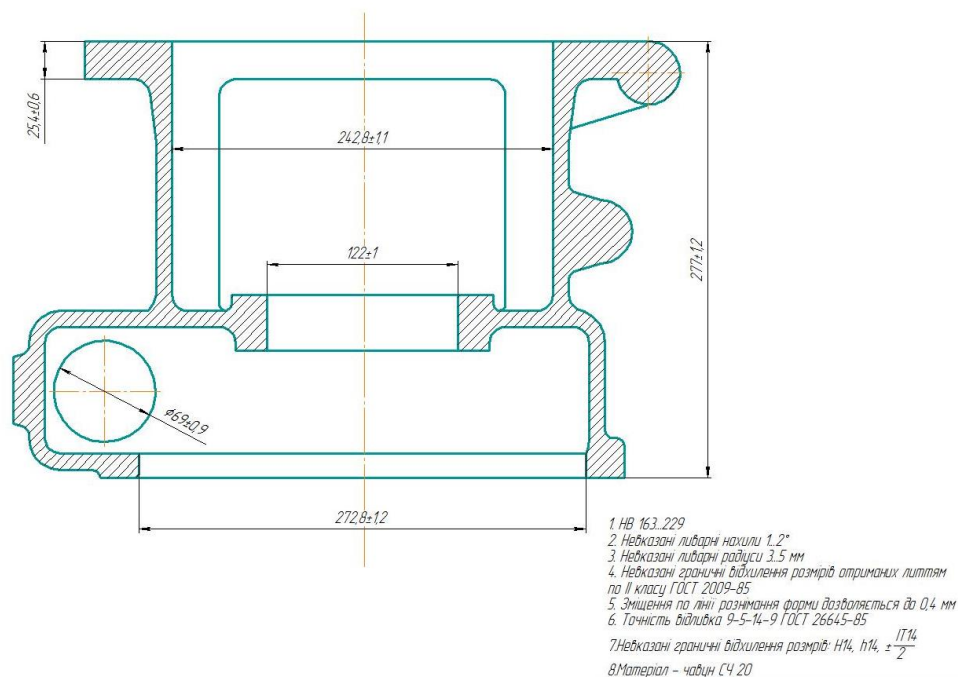


Рис. 3.2 . Заготовка отримана литтям в піщані форми.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3.1.6. Призначення загальних припусків.

ГОСТ 26645-85 встановлюється клас точності розмірів литва та ряд припусків на механічну обробку: точність розмірів – 9т;

ряд припусків 3.

Назначаємо допуски розмірів та припусків і заносимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Загальні допуски та припуски на обробку

Номинальний розмір	Квалітет	Клас точності розмірів відливки	Ряд припусків	Допуски розмірів відливки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір відливки з відхиленням, мм
275	14	9т	3	2,4	2,8	$277,8 \pm 1,2$
240	14			2,2	2,8	$242,8 \pm 1,1$
220	14			2,2	2,8	$222,8 \pm 1,1$
60	14			1,6	1,6	$61,6 \pm 0,8$
160	14			2	2,2	$162,2 \pm 1$
24	14			1,2	1,4	$25,4 \pm 0,6$
105	14			2,0	2	$107 \pm 1,0$
120	14			2,0	2	122 ± 1
35	14			1,8	1,6	$36,6 \pm 0,7$
80	14			1,8	2	$82 \pm 0,9$
Ø120H7	7			2	1,6+1,6	$123,2 \pm 1$
Ø72H7	7			1,8	1,5+1,5	$\text{Ø}69 \pm 0,9$

Продовження таблиці 3.3.

Ø270H11	11			2,4	2,8	Ø272,8±1,2
Ø280H11	11			2,4	2,8	Ø282,8±1,2
Ø 165	14			2,2	2,8	Ø167,8±1,1

3.1.7 Технологічний маршрут обробки деталі

Операція:

005 Отримання заготовки

010. Фрезерна

Обладнання: 6P53

Оснащення: спеціальне

1.Фрезерувати торець Ø350 по розміру 276,2 мм.

015. Багатоцільова

Обладнання: 2254ВМФ4.

Оснащення: Спеціальне.

Встановити, закріпити.

Фрезерувати торець Ø330 в розмір 275 мм.

Фрезерувати торець бобишки Ø160 витримуючи розмір 80мм від торця фланця.

Розточити виточку Ø280H11 на 15м .

Розточити отвір Ø120H7 чорнова.

Розточити отвір Ø120H7 напівчистова.

Розточити отвір Ø120H7 чистова.

Розточити фаску 2×45.

Розточити фаску 1,6×45.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зацентрувати отвір M12×2-7H.

Свердлити 8 отворів Ø10,2 під різьбу M12 – 7H.

Зенкувати дві фаски 1 ×45.

Нарізати різьбу M 12 мітчиком в 8-ми отворах.

Зняти.

020. Багатоцільова

Обладнання: 2254ВМФ4

Оснащення: Спеціальне

Встановити, закріпити.

Фрезерувати торець бобишки Ø165 витримуючи розмір 160мм від торця фланця.

Розточити виточку Ø270H11 на 5мм.

Розточити фаску 3 ×45.

Розточити фаску 1,6×45.

Зацентрувати 11 отворів Ø18H11.

Свердлити 11 отворів Ø18 мм.

Свердлити 6 отворів Ø8,5 під різьбу M10 – 7H.

Зенкувати дві фаски 1 ×45.

Нарізати різьбу M10 мітчиком.

Контроль виконавцем.

Зняти.

025. Цекувальна

Обладнання: 2P53.

Оснащення: Спеціальне.

1. Цекувати виточки Ø36 мм.

030.Багатоцільова

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання: 2204ВМФ4

Оснащення: Спеціальне

Встановити, закріпити, зняти.

Розточити отвір Ø72Н7 чорнова.

Розточити отвір Ø72Н7 півчистова.

Розточити отвір Ø72Н7 чистова.

Фрезерувати торці в розмір 240мм.

Розточити 2 фаски 1×45.

Зацентрувати отвір Ø18Н11.

Свердлити отвір Ø17,75 під розвертку.

Зенкерувати отвір Ø18Н11.

Фрезерувати торці в розмір 120мм.

Зенкувати дві фаски 1×60.

Зацентрувати отвір Ø18Н11.

Свердлити отвір Ø17,75 під розвертку.

Зенкерувати отвір Ø18Н11.

Зенкувати дві фаски 1 ×45.

Фрезерувати паз в розмір в=22+0,2мм.

Фрезерувати торці в розмір 60мм.

Фрезерувати площини двох бобишок Ø48мм.

Зацентрувати 4 отвори М8-7Н.

Свердлити 4 отвори Ø6,7 на довжину 20мм під різьбу М8 з одного боку.

Зенкувати дві фаски 1×45.

Нарізати різьбу М8 мітчиком в 4-х отворах.

Зацентрувати 4 отвори М8-7Н.

Свердлити 4 отвори Ø6,7 на довжину 20мм під різьбу М8 з одного боку.

Зенкувати дві фаски 1×45.

Нарізати різьбу М8 мітчиком в 4-х отворах.

Зацентрувати 2 отвори М8-7Н.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Свердлити 2 отвори Ø6,7 на довжину 22 мм під різьбу М8 з одного боку.
 Зенкувати дві фаски 1×45.
 Нарізати різьбу М8 мітчиком в 4-х отворах.
 Зацентрувати 2 отвори М30х2-7Н.
 Свердлити в 2-х бобишках Ø48 мм 2 отвори Ø28мм під різьбу М30×2.
 Зенкувати дві фаски 1×45.
 Нарізати різьбу М30×2 мітчиком.
 Контроль.

Операція 035. Слюсарна

Обладнання: Верстак.
 Зачистити задирки.

Операція 040: Контрольна.

3.1.8 Розрахунок міжопераційних припусків на обробку деталі

Для розрахунку припусків на обробку використовується в машинобудуванні застосовують два методи: дослідно-статистичний та розрахунково-аналітичний.

Розрахунковий метод широко застосовується в масовому, багатосерійному, серійному виробництві. Рідше в малосерійному чи одиничному для дорогих деталей, складних у виробництві. Він оглядає технологічний процес зі сторони економії металу на етапі модернізації та ремонті старих деталей, або вдосконалення виробництва нових. Також враховує цей метод і зниження трудомісткості на механічну обробку.

У наведеній деталі площа та отвір обробляється на свердлильно-фрезерному-розточувальному верстаті з ЧПК моделі 2254ВМФ4.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По літературі [16] (табл. 25, 27 с. 190) обираємо значення висоти нерівностей Rz та глибину дефектного шару h. Допуски на розмір обираємо за табл.32 (с.192) [18].

Сумарні просторові відхилення для литих визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{ртб}}^2} - \text{для отвору}; \quad (3.3)$$

$$\Delta_{\Sigma 0} = \Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} * l - \text{для площини}. \quad (3.4)$$

де $\Delta_{\text{к}}$ – викривлення поверхні на 1 мм (табл. 8 с. 183 [16]).

$\Delta_{\text{к}} = 1$ мкм на 1 мм довжини;

l- довжина поверхні, мм;

l= 35 мм для отвору Ø50H7;

$\Delta_{\text{кор}} = 1 * 35 = 35$ мкм – для отвору ;

$\Delta_{\text{кор}} = 1 * 275 = 0$ мкм – для площини;

$\Delta_{\text{см}}$ – зазор між знаком форми та стержнем, мкм;

$\Delta_{\text{см}} = 150$ мкм (табл. 9 с. 183[17]);

$\Delta_{\text{ртб}}$ –

розміщенні отвору відносно технологічних баз (табл. 8 с. 183 [16]);

$\Delta_{\text{ртб}} = 1,2 \dots 2,5$ мм. Приймаємо $\Delta_{\text{ртб}} = 2,0$ мм.

Таблиця 3.4.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків

Технологічні операції переходу обробки елементарних поверхонь	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий максимальний розмір, мм	Допуск Д, мкм	Прийняті розміри по переходам, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	Δ	ε				Dmax	Dmin	Zmax	2Zmin
1. Ø120H7											
Відливка	200	200	1012	—	2824	116,478	1400	116,5	115,078	—	—
Попереднє розточування	40	50	120	100	492	119,303	350	119,3	118,95	3872	2800
Остаточне розточування	20	20	80	0	240	119,795	140	119,8	119,66	710	500
Тонке розточування	5	10	60	0		120,035	35	120,035	120,0	340	235
										4922	3535
2. 275_{-1,3}											
Відливка	200	200	1048	—	2896	279,5	2100	279,5	277,4	—	—
Чорнове фрезерування	100	100	524	100	1648	276,648	1300	276,6	275,3	1600	1119
Чорнове Фрезерування	100	100	524	0		275	1300	275	273,7	1600	1201
										3200	2400

Для отвору Ø 120H7:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{35^2 + 150^2 + 1000^2} = 1011.793 \text{ мкм.}$$

Для площини:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{275^2 + 150^2 + 1000^2} = 1048 \text{ мкм.}$$

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						54

Сумарне відхилення для послідовуючих переходів встановлюється за формулою:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y * \Delta_{\Sigma 0}; \quad (3.5)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення (табл. 29 с. 190 [18]).

Чорнова обробка $K_y=0,6$; кінцева-0,04; тонка- 0,03.

Похибка встановлювання обирається з таблиці 14 с.43 [16].

За формулою визначаємо припуски мінімальні на операцію:

$$2Z_{min} = 2 * \left(Rz + h + \sqrt{\Delta_{\Sigma i}^2 + \varepsilon^2} \right) - \text{для отвору}; \quad (3.6)$$

$$2Z_{min} = 2 * \left(Rz + h + \Delta_{\Sigma i}^2 + \varepsilon^2 \right) - \text{для площини}. \quad (3.7)$$

Результати підрахунків внесенні до таблиці 3.5.

Контрольна перевірка обрахунку:

$$T_{Д0} - T_{Д3} = \sum 2Z_{max} - \sum 2Z_{min}; \quad (3.8)$$

отвір : $1400 - 35 = 4922 - 3535$.

Площина: $2100 - 1300 = 3200 - 2400$.

Таблиця 3.5.

Загальні та міжопераційні припуски для обробки «Корпусу»

План обробки поверхні	Квалітет точності	Шорсткість поверхні, мкм	Міжопераційний припуск, мм	Міжопераційний розмір з допуском, мм
Ø72 Н7 тонке розточування	H7	2,5	0,1	Ø72 ^{+0.03}
Розточування чистове	H10	10	0.4	
Розточування чорнове	H12	20	1.5	Ø71.5 ^{+0.3}
Розточування попереднє	H13	25	3	Ø70 ^{+0.46}

Продовження таблиці 3.5.

Заготовка	-	-	5	$\varnothing 67^{+0.74}$
$\varnothing 280H11$	H11	2,5		
Розточування чистове	H11	5	2,2	$\varnothing 280^{+0.32}$
Розточування чорнове	H13	20	16	$\varnothing 277,8^{+1.3}$
Заготовка	-	-	18,2	$\varnothing 260^{+1.3}$
$\varnothing 18H11$	H11	10	1,7	$\varnothing 18^{+0.11}$
Зенкерування чистове				
Свердлування чорнове	H13	20	16,3	$\varnothing 16,3^{+0.43}$
Свердлування	H7	5	1,5	M10 ^{+0.3}
Заготовка				
Торець $\varnothing 350/\varnothing 270H11$	h14	10	3,2	$275^{+1.3}$
Фрезерування чорнове				
Заготовка	-	-	3,2	$278,2^{+1.3}$
Торець $\varnothing 160$	14	10	2,4	$35^{+0.62}$
фрезерування чорнове				
Заготовка	-	-	2,4	$37,4^{+0.7}$
Торець $\varnothing 165$	14	10	2,4	$37,4^{+0.7}$
Фрезерування чорнове				
Заготовка	-	-	2,4	$39,8^{+0.62}$
Торець $\varnothing 330$	14	10	3,2	$278^{+1,3}$
Фрезерування чорнове				
Заготовка	-	-	5,6	$291,4^{+1,5}$
Торець $\varnothing 40$ лівий	14	10	2,8	$60^{+0.74}$
фрезерування чорнове				
Торець $\varnothing 40$ правий	14	10	2,8	$62,8^{+0.74}$
фрезерування чорнове				
Заготовка	-	-	5,6	$65,6^{+0,9}$

Продовження таблиці 3.5.

Торець Ø72 лівий Фрезерування чорнове	14	10	2,8	240 ^{+1,15}
Торець Ø72 правий Фрезерування чорнове	14	10	2,8	242,8 ^{+1,15}
Заготовка	-	-	5,6	245,6 ^{+1,5}
M12-7H Нарізання різьби	H7	5	1,8	M12 ^{+0.02}
Свердлування	H13	10	10,2	Ø10.2 ^{+0.36}
M8-7H нарізання різьби	H7	5	1,2	M10 ^{+0.02}
Свердлування	H13	10	6,8	Ø6.8 ^{+0.26}
M30x2-7H Нарізання різьби	H7	5	2	M10 ^{+0.02}
Свердлування	H13	10	28	Ø28 ^{+0.26}
Заготовка	-	-	3,6	165 ^{+1.0}
Торець Ø48 Фрезерування чорнове	14	10	3,6	168.6 ^{+1.2}
Заготовка	-	-	3,6	220 ^{+1.5}
Торець Ø48 Фрезерування чорнове	14	10	3,6	223.6 ^{+1.15}
Заготовка	-	-	3	160 ^{+1.0}
Торець вигляд D Фрезерування чорнове	14	10	3	163 ^{+1.0}
Заготовка	-	-	3	120 ^{+1.2}
Торець Ø40 Фрезерування чорнове	14	10	1,5	121.5 ^{+0.87}
Фрезерування чорнове	14	10	1,5	123 ^{+0.87}

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

3.1.9 Вибір режимів різання

015 Багатоцільова

Розточити чорно отвір Ø120H7 до Ø118.80, зберігаючи довжину 160 мм

1. Призначаємо глибину різання та подачу (т.11 ст. 266 [17]) :

$$t = 1.95 \text{ мм};$$

$$S_0 = 0.8 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

2. З отриманих даних обраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{243}{45^{0.2} * 1.95^{0.15} * 0.8^{0.4}} * 0.98 = 111 \frac{\text{м}}{\text{хв}} 4$$

3. Рахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 * 111}{\pi * 118.8} = 297 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

4. З табл.23 ст. 257 обираємо коефіцієнти для сил різання.

$$K_{\varphi p} = 0.89, K_{\gamma p} = 1.0, K_{\lambda p} = 1.0, K_{rp} = 0.93.$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{170}{190}\right)^{0.75} = 0.92 \text{ (табл. 9 . ст. 264. [17])}.$$

де K_{mp} - коефіцієнт, який вказує на вплив якості матеріалу, що обробляється.

Тоді коефіцієнт сили різання дорівнює:

$$K_p = K_{mp} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{\varphi p} * K_{rp} = 0.92 * 0.89 * 1.0 * 1.0 * 0.93 = 0.76;$$

Визначаємо силу різання : $P_z = 10 * 92 * 1.95^1 * 0.8^{0.75} * 111^0 * 0.76 = 1153.3 \text{ Н}.$

5. Рахуємо потужність та основний час на обробку різання :

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{1153.3 * 111}{1020 * 60} = 2.22 \text{ кВт};$$

$$T = \frac{L * i}{n_0 * S_0} = \frac{(35 * 1)}{297 * 0.8} = 0.15 \text{ хв.}$$

Аналогічно розраховуємо для напівчистої операції розточення отвору Ø120H7 до Ø119,7 .

1. Призначаємо глибину різання та подачу (т.14 ст. 268 [17]):

$$t = 0.355 \text{ мм};$$

$$S_0 = 0.32 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

2. З отриманих даних обраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{292}{45^{0.2} * 0.355^{0.15} * 0.32^{0.4}} * 0.98 = 236,07 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

3. Рахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 * 196,07}{\pi * 119,7} = 521,65 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

4. З табл.23 ст. 257 обираємо коефіцієнти для сил різання:

$$K_{\varphi p} = 0.89, K_{\gamma p} = 1.0, K_{\lambda p} = 1.0, K_{rp} = 0.93.$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{170}{190} \right)^{0.75} = 0.92 \text{ (табл. 9 . ст. 264 [17])}.$$

де K_{mp} - коефіцієнт, який вказує на вплив якості матеріалу, що обробляється.

Тоді коефіцієнт сили різання дорівнює:

$$K_p = K_{mp} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{\varphi p} * K_{rp} = 0.92 * 0.89 * 1.0 * 1.0 * 0.93 = 0.76$$

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо силу різання: $P_z = 10 * 92 * 0,355^1 * 0,32^{0,75} * 236,07^0 * 0,76 = 105,6 \text{ Н}$

5. Рахуємо потужність та основний час на обробку різання:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{105,6 * 236,07}{1020 * 60} = 0,408 \text{ кВт.}$$

$$T = \frac{L * i}{n_0 * S_0} = \frac{(35 * 1)}{521,6 * 0,32} = 0,17 \text{ хв.}$$

Сумарний час на обробку двох проходів:

$$\sum T_0 = 0,15 + 0,17 = 0,32 \text{ хв.}$$

Чистова обробка отвору Ø120H7 до 120H7

1. Призначаємо глибину різання та подачу (т.19 ст. 271 [17]) :

$$t = 0,17 \text{ мм;}$$

$$S_0 = 0,08 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

2. З отриманих даних обраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{292}{45^{0,2} * 0,17^{0,15} * 0,08^{0,4}} * 0,98 = 266,41 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

3. Рахуємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 * 266,41}{\pi * 120} = 423,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

4. З табл.23 ст 257 обираємо коефіцієнти для сил різання:

$$K_{\varphi p} = 0,89, K_{\gamma p} = 1,0, K_{\lambda p} = 1,0, K_{r p} = 0,93.$$

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{170}{190} \right)^{0.75} = 0.92 \text{ (табл. 9 . ст. 264 [17])}.$$

де K_{mp} - коефіцієнт, який вказує на вплив якості матеріалу, що обробляється.

Тоді коефіцієнт сили різання дорівнює :

$$K_p = K_{mp} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{\varphi p} * K_{rp} = 0.92 * 0.89 * 1.0 * 1.0 * 0.93 = 0.76.$$

Визначаємо силу різання: $P_z = 10 * 92 * 0,17^1 * 0.08^{0.75} * 266,41^0 * 0.76 = 17,88 \text{ Н}.$

5. Рахуємо потужність та основний час на обробку різання:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{17,88 * 266,41}{1020 * 60} = 0,088 \text{ кВт};$$

$$T = \frac{L * i}{n_0 * S_0} = \frac{(35 * 1)}{423 * 0.08} = 1,03 \text{ хв.}$$

Сумарний час на обробку двох проходів:

$$\sum T_0 = 0,15 + 0,17 + 1,03 = 1,35 \text{ хв.}$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 3.6

Зведена таблиця режимів різання для всіх операцій

<i>Зміст переходу</i>	<i>Ріжучий інструмент</i>	<i>Глибина різання, t, мм</i>	<i>Подача S, мм/об(Sz)</i>	<i>Швидкість різання V, м/хв.</i>	<i>Осьова сила різання P, Н</i>	<i>Потужність N, кВт</i>
Фрезерувати торець Ø350 в розмір 276,2мм	Торцюва Ø200 z=16 ГОСТ 24359-80	1,6	0,15	76,7	864,2	1,2
1. Встановити, закріпити, зняти.						
2. Фрезерувати торець Ø330 в розмір 275 мм.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,6	0,15	75,3	755,0 4	0,9
3. Фрезерувати торець бобишки Ø160 витримуючи розмір 80мм від торця фланця.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,2	0,29	29	3949	2,4
4 .Розточити виточку Ø280H11 на 15мм.	Різець розточувальний BK6 ГОСТ 18883-73	16	0,55	78	5300	6,5
4. Розточити виточку Ø280H11 на 15мм.	Різець розточувальний BK6 ГОСТ 18883-73	1,2	0,3	156	630	2,8
5. Розточити отвір Ø120H7 начорно	Різець розточувальний BK8 ГОСТ 18883-73	1,95	0,8	11	1153, 3	2,2 2
6. Розточити отвір Ø120H7 напівчисто	Різець розточувальний BK6 ГОСТ 18883-73	0,35 5	0,32	196,1	105,6	0,4 0 8

Продовження таблиці 3.6

7. Розточити отвір Ø120Н7 начисто	Різець розточувальний ВК4 ГОСТ 18883-73	0,17	0,08	266,4	17,8	0,092
	Різець токарний					
8. Розточити фаску 2×45	прохідний ВК6 φ=45	2	0,37	156	1330	2,8
	ТУ-2-035-892-82					
	Різець токарний					
9. Розточити фаску 1,6×45	прохідний ВК6 φ=45	1,6	0,23	204	1330	2,2
	ТУ-2-035-892-82					
	Свердло центрувальне					
10. Зацентрувати 6 отворів М10 – 7Н8.	спіральне Ø5мм, ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1060	0,44
11. Свердли 8 отворів Ø10,2 під різьбу М12 – 7Н	Свердло спіральне ø10,2 мм 2φ=90°, ВК6 ГОСТ 22736-77	5,1	0,25	24	2647	0,9
12. Зенкувати фаски 1 ×45 на 6- ти отворах М10 – 7Н	Зенківка Ø20 ГОСТ21585-76	1	0,18	21,3	118	0,39
13. Нарізати різьбу М 12 мітчиком в 8-ми отворах	Мітчик Ø12 ГОСТ 3266-81	1,8	1,8	7,4	1330	0,52
14. Контроль виконавцем						
Встановити, закріпити, зняти. Фрезерувати торець бобишки Ø165 витримуючи розмір 160мм від торця фланця.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,2	0,29	29	3949	2,4
3. Розточити виточку Ø270Н11 на 5мм.	Різець розточувальне ВК6 ГОСТ 18883-73	1,2	0,3	156	630	2,8
4. Розточити фаску 3 ×45	Різець токарний прохідний ВК6 φ=45 ТУ-2-035-892-82	3	0,37	156	1650	2,8

Продовження таблиці 3.6

5.Розточити фаску 1,6×45	Різець токарний прохідний ВК6 φ=45 ТУ-2-035- 892- 82	1,6	0,23	204	1330	2,2
6.Зацентрувати 11 отворів Ø18H11	Свердло центрувальне спіральне Ø5мм, ВК6 ОСТ 2И20-5- 80	2,5	0,18	27	1060	0,44
7.Свердлити 11 отворів Ø18H11 мм	Свердло спіральне ø16,3мм 2φ=90°,ВК6 ГОСТ 22736-77	8,15	0,54	23,3	8087	2,1
8. Зенкерувати отвір Ø18H11	Зенкери Ø18 ГОСТ12489-71	0,85	0,95	18,9	505	1,63
9.Зацентрувати 6 отворів M10 – 7H	Свердло центрувальне спіральне Ø5мм, ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1060	0,44
	Свердло спіральне					
13. Свердлити 6 отворів Ø8,5 під різьбу M10 – 7H	ø8,5мм 2φ=90°,ВК6 ГОСТ 22736-77	4,25	0,3	26,5	2647	0,74
14. Зенкувати фаски 1 ×45 на 6-ти отворах M10 – 7H	Зенківка Ø10 ГОСТ21585-76	1	0,18	21,3	118	0,39
Нарізати різьбу M10 мітчиком.	Мітчик Ø10 ГОСТ 3266-81	1	1,5	1,5	6,6	28
16 .Контроль виконавцем						
1. Цекувати виточки Ø36 мм	Цековка Ø36	9	0,18	16,3	1860	4,34

Продовження таблиці 3.6

2. Розточити отвір Ø72H7 до Ø70мм	Різець розточувальний ВК8 ГОСТ 18883-73	1,5	0,7 4	99,5	800	3,91
3. Розточити отвір Ø72H7 до Ø71,5мм	Різець розточувальний ВК6 ГОСТ 18883-73	0,75	0,3 8	125,8	900	2,89
4. Розточити отвір Ø72H7 до Ø71.9мм	Різець розточувальний ВК4 ГОСТ 18883-73	0,2	0,2	207,5	530	2,3
5. Розточити отвір Ø72H7 до Ø72H7	Різець розточувальний ВК3 ГОСТ 18883-73	0,05	0,1 8	280,8	530	1,86
6. Фрезерувати торець в розмір 241.4мм.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1.4	0.1 3	35	3949	0.97
7. Фрезерувати торець в розмір 240мм.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,4	0,1 3	35	3948	0,97
	Різець токарний					
8. Розточити 2 фаски 1×45	прохідний ВК6 φ=45 ТУ-2-035-892-	1	0,2 5	225	630	2,3
	82					
	Свердло центрувальне					
9. Зацентрувати отвір Ø18H11	спіральне Ø5мм, ВК6	2,5	0,1 8	27	1060	0,44
	ОСТ 2И20-5-80					
10. Свердлити отвір Ø18мм доØ16,3мм на довжину 120мм	Свердло спіральне ø16,3мм 2φ=90°,ВК6 ГОСТ 22736-77	8,15	0,3 2	23	6080	1,78
11. Зенкерувати отвір Ø18H11.	Зенкери Ø18 ГОСТ12489-71	0,85	0,9 9	18,1	505	1,81

Продовження таблиці 3.6

12. Фрезерувати торці в розмір 120мм.	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,5	0,08	40	3091	0,58
13. Зенкувати дві фаски 1×45	Зенківка Ø20 ГОСТ21585-76	1	0,18	21,3	118	0,39
14. Зацентрувати отвір Ø18H11	Свердло центрувальне спіральне Ø5мм, ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1060	0,44
15. Свердлийти отвір Ø18H11 до Ø16,3	Свердло спіральне ø16,3мм 2φ=90°, ВК6 ГОСТ 22736-77	8,15	0,56	22,8	8087	2,74
16. Зенкерувати отвір Ø18H11 до Ø18H11.	Зенкери Ø18 ГОСТ12489-71	0,85	0,99	18,1	505	1,81
17. Фрезерувати торці в розмір 60 мм	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	1,4	0,1	31	3949	1,45
18. Зенкувати дві фаски 1 ×45	Зенківка Ø20 ГОСТ21585-76	1	0,18	21,3	118	0,39
19. Фрезерувати паз в розмір в=22+0,2мм.	Фреза кінцева Ø 22 ГОСТ17026-71	22	0,05	19	3949	1,12
20. Фрезерувати площину бобишки Ø48мм в розмір 220 мм	Фреза кінцева Ø 50 ГОСТ17026-71	3,6	0,1	35	3949	0,97
21 . Фрезерувати площину бобишки Ø48мм в розмір 165 мм	Фреза кінцева Ø 50 ГОСТ17026-71	3,6	0,1	35	3949	0,97
22. Фрезерувати площину бобишки Ø48мм в розмір 160 мм	Фреза кінцева Ø 32 ГОСТ17026-71	3,6	0,1	35	3949	0,97
23. Зацентрувати отвір М8-7Н	Свердло центрувальне спіральне Ø5мм, ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1060	0,44

3.1.10 Нормування часу для технологічного процесу виробництва

Опираючись на нормування, за джерелом [20], штучного-загального часу, який потрібен для певних операцій в серійному виробництві використовуємо такі формули:

$$T_{\text{шп.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{л.п}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \text{хв}; \quad (3.9)$$

де $T_0, T_{\text{в}}$ - основний та допоміжний технологічний час на обробку, хв;

$T_{\text{обсл}}$ - час на обслуговування роб. місця, хв;

$T_{\text{л.п}}$ - час перерв на відпочинок та потреби;

n - к-сть заготовок на одному робочому місці;

$T_{\text{п.з.}}$ - норма кінцевого часу на доведення заготовки.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S_m}; \quad (3.10)$$

Допоміжний час визначається за даними [21].

$T_{\text{обсл}}$ та $T_{\text{л.п}}$ приймаються від оперативного часу у відсотках $T_{\text{опр}} = T_0 + T_{\text{в}}, T_{\text{п.з.}}$ обираємо за нормами [21].

Для першої операції 010 (Фрезерувальна).

$$T_0 = \frac{275 + 12 + 10}{378} = 0,78 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і зняття деталі:

$$T_{\text{д1}} = 0,10 \text{ хв (к.16.ст.58)}$$

Час на переходи :

$$T_{\text{д2}} = 0,24 \text{ хв.}$$

Облаштування робочого місця :

$$T_{\text{обс}} = 3\% \text{ (к. 32. ст. 108 [21])}.$$

Контроль:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{Дз} = 0,08 \text{ хв (к. 86. ст. 191[21])}.$$

Час для відпочинку:

$$T_{відп} = 7\% \text{ (к. 88. ст. 203[21])}.$$

Доводочні роботи:

$$T_{пз} = 19 \text{ хв (к. 32. ст. 108[21])}.$$

Додатковий час:

$$T_{д} = 0,1 + 0,24 + 0,08 = 0,42 \text{ хв.}$$

Штучний час обробки:

$$T_{шт} = (0,78 + 0,42) * 1,1 = 1,32 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = 1,32 + \frac{19}{1000} = 1,339 \text{ хв.}$$

Розрахунок часу для операції 015 (Багатоцільова).

$$T_o = 4,102 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і зняття деталі:

$$T_{д1} = 0,46 \text{ хв (д. 1.3. ст.421[20])}$$

Додатковий час:

$$T_{д2} = 2,3 + 0,04 + 0,4 + 0,12 + 0,4 + 0,04 = 3,3 \text{ хв (к.1.11 ст. 57[20])}.$$

Контроль:

$$T_{в} = 0,85 + 1,8 + 0,072 = 2,72 \text{ хв (д1,4. ст. 432[20])}.$$

Доводочні заключні роботи:

$$T_{пз} = 4 + 2 + 2 + 10 + 0,25 * 5 + 1,2 = 20,25 \text{ хв (к. 1,18. ст. 74[21])}.$$

Штучний час обробки:

$$T_{шт} = (4,102 + 6,48 * 0,76) * (1 + 0,07) = 9,7 \text{ хв.}$$

Організаційний час:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{відп} = 7\%.$$

Калькуляційний час :

$$T_{шт.к} = 9,7 + \frac{20,25}{1000} = 9,72 \text{ хв.}$$

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Розрахунок для операції 020 (Багатоцільова):

$$T_o = 4,4 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і зняття деталі:

$$T_{д1} = 0,46 \text{ хв (д. 1.3. ст.421 [20])}$$

Додатковий час :

$$T_{д2} = 2,3 + 0,04 + 0,4 + 0,12 + 0,4 + 0,04 = 3,3 \text{ хв (к.1.11 ст. 57 [20]).}$$

Контроль :

$$T_b = 0,85 + 1,8 + 0,072 = 2,72 \text{ хв (д1,4. ст. 432[20]) .}$$

Доводочні заключні роботи :.

$$T_{пз} = 4 + 2 + 2 + 10 + 0,25 * 5 + 1,2 = 20,25 \text{ хв (к. 1,18. ст. 74[21]).}$$

Штучний час обробки:

$$T_{шт} = (4,4 + 6,48 * 0,76) * (1 + 0,07) = 9,98 \text{ хв.}$$

Організаційний час:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{вдп} = 7\%.$$

Калькуляційний час :

$$T_{шт.к} = 9,98 + \frac{20,25}{1000} = 10,01 \text{ хв.}$$

Розрахунок для операції 025 (Багатоцільова):

$$T_o = 16,8 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і зняття деталі:

$$T_{д1} = 0,46 \text{ хв (д. 1.3. ст.421)}$$

Додатковий час:

$$T_{д2} = 2,3 + 0,04 + 0,4 + 0,12 + 0,4 + 0,04 = 3,3 \text{ хв (к.1.11 ст. 57 [21]).}$$

Контроль :

$$T_b = 0,85 + 1,8 + 0,072 = 2,72 \text{ хв (д1,4. ст. 432[21]) .}$$

Доводочні заключні роботи:.

$$T_{пз} = 4 + 2 + 2 + 10 + 0,25 * 5 + 1,2 = 20,25 \text{ хв (к. 1,18. ст. 74[21]).}$$

Штучний час обробки:

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт} = (19,8 + 6,48 * 0,76) * (1 + 0,07) = 23,3 \text{ хв.}$$

Організаційний час:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{вдп} = 7\%.$$

Калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = 23,3 + \frac{20,25}{1000} = 23,35 \text{ хв.}$$

Розрахунок для операції 035 (Слюсарна)

$$T_o = 0,693 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і зняття деталі:

$$T_{д1} = 0,10 \text{ хв (к.16.ст.58 [20])}$$

Час на переходи:

$$T_{д2} = 0,17 \text{ хв.}$$

Облаштування робочого місця:

$$T_{обс} = 4\% \text{ (к. 32. ст. 108 [21]).}$$

Контроль:

$$T_{дз} = 0,08 \text{ хв (к. 86. ст. 191[21]) .}$$

Час для відпочинку:

$$T_{відп} = 7\% \text{ (к. 88. ст. 203[21]).}$$

Доводочні роботи:.

$$T_{пз} = 8 \text{ хв (к. 32. ст. 108 [21]).}$$

Додатковий час:

$$T_d = 0,1 + 0,17 + 0,08 = 0,35 \text{ хв.}$$

Штучний час обробки:

$$T_{шт} = (0,693 + 0,35) * 1,1 = 1,15 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = 1,32 + \frac{8}{1000} = 1.158 \text{ хв.}$$

Сумарний час на виготовлення – 43.35 хв.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7.

Зведена таблиця часу

Найменування операції	Основний технологічний час T_0 , хв.	Складові допоміжного часу, мм			Допоміжний час $\sum T_0$, хв.	Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби	Коефіцієнт на допоміжний час, Кт.з.	Норма штучного часу $T_{шт}$, хв.	Підготовчо-заклучний час $T_{п.з.}$, хв.	Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт.к.}$, хв.
		Час на установку і зняття	Час пов'язаний з операцією	Час на контрольні вимірювання						
Фрезерна 010	0,78	0,10	0,24	0,08	0,42	0,12	1	1,32	1 9	1,339
Багатоцільова 015	4,10 2	0,46	3,3	2,72	6,48	1,64	0,76	9,7	20,25	9,72
Багатоцільова 020	4,4	0,46	3,3	2,72	6,48	1,64	0,76	9,98	20,25	10,01
Цекувальна 025	0,69 3	0,10	0,17	0,08	0,35	0,042	1	1,15	8	1,158
Багатоцільова 030	16,9	0,46	3,3	2,72	6,48	1,64	0,76	23,3	20,25	23,35

3.2 Вибір та розрахунок пристосування

3.2.1. Загальні відомості про пристосування та їх види.

Пристосування — це технологічне оснащення, найбільш складне і трудомістке в плануванні, що виступають додатковими пристроями до технологічного обладнання.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Пристосування використовуються для поліпшення якості і точності обробки та підвищення продуктивності. Також сприяє спрощенню праці та к-сті висококваліфікованих робітників; покращення умов і безпеки праці.

Пристосування класифікується:

1. за цільовою ознакою:
 - верстатні пристрої, що допомагають установці заготовок на станинах (а це більша частина всієї кількості пристосувань <80%);
 - допоміжні інструменти;
 - складальні пристосування;
 - контрольні прилади;
 - транспортно-кантовальні пристосування для захвату.
2. за мірою спеціалізації:
 - Універсальні-збірні (УСП) — це пристрій, що складається з готової стандартної частини і складальної одиниці;
 - Збірно-розбірні(СРП) — це пристрій, що складається з базової деталі, складальної частини та спеціального елемента;
 - Універсально-налагоджувальні (УНП) – це пристрій, що складається з постійної частини або базової, а друга – змінна для наладки.
 - Спеціальні налагоджувальні (СНП) – це пристрій, що складається з спеціалізованої одиниці і спеціальних наладок.
 - Нерозбірні спеціалізовані (НСП) – це одноцільові пристрої, що виготовлюються для конкретних операцій.
3. за мірою механізації і автоматизації (ручні, механізовані, напівавтоматичні, автоматичні);
4. за рахунок використання пристосувань

Структура пристосувань у більшості випадків однакова, але різноманітність пристосувань достатньо велика. Сама структура має наступний вигляд:

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Встановлювальний елемент. Встановлювальні елементи призначені для орієнтації заготовки під час операцій обробки та складання. Вони в свою чергу поділяються на основні (забезпечують орієнтацію заготовки за правилом «Шести крапок») та допоміжні (забезпечують пересування заготовки під час обробки та налаштовують потрібні розміри)

2. Елементи для закріплення деталі. Ці елементи поділяються на важільні і клинові та служать для точного базування деталі на верстаті під час обробки.

3. Елементи, які забезпечують рух ріжучого інструменту. Ці елементи допомагають налаштувати точне положення інструменту перед початком обробки, забезпечують точне траєкторію руху інструменту.

4. Поворотні і ділильні механізми.

3.2.2. Особливості установки пристосувань на верстатах з ЧПК

Щоб забезпечити точність базування пристосувань на верстатах ЧПК, потрібно, щоб пристосування відповідали певним вимогам: висока точність, жорсткість, повне базування заготовки і пристосування відносно початку пристосувань, вільний підхід інструменту до заготовки, швидке переналагоджування пристосування, наявність точних механізованих затискних пристроїв, переміщення більше двох деталей на одному пристосуванні.

Наявність повздовжних пазів на столах верстатів забезпечує базування пристосувань за допомогою установчих шпонок або штирів по цьому пазові. Та якщо присутні повздовжні пази і центральний отвір, то базування відбувається штирем циліндричним на отворі і штирями по пазу.

У координатний кут пристосування базуються по двох площинах та точних вимірювальних інструментів (косинців).

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інколи задля раціонального розміщення пристосувань на столі верстату і збереження точності базових поверхонь столу, то на столі фіксуються накладні плити з пазами і сіткою для отворів.

3.2.3 Опис пристосувань для операції 010

Заготовку «Корпус» розміщують на заготовлених на горизонтальній площині спеціальні опори та пересувають в інший кут до повного контакту з 3-ма опорами, які розміщені у вертикально-перпендикулярних площинах. Далі гвинтом затискного пристрою, що знаходився в розкрученому стані, закріплюють деталь, загвинчуючи його. Після завершення операцій деталь аналогічним чином звільняється з кріплення та знімається з пристосування.

3.2.4. Розроблення конструкції пристосування для операції 030

Пристосування для фрезерування зовнішніх поверхонь, отворів деталі «Корпус» розроблюється спеціально.

Деталь фіксується на столі схожим чином, як і для операції 010. Заготовка базується по трьох отворах на трьох жорстких опорах циліндричними пальцями. Тоді деталь звільняється від шести ступенів свободи.

Деталь закріплюється через сили затиску, що створюються гідроциліндром, яким попередньо вмонтований у круглу плиту.

На штоці необхідного нам гідроциліндра розміщені швидкозмінна шайба, яка передає силу затиску на внутрішню поверхню деталі, таким чином притиснувши її до площини основи.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

3.2.5. Розрахункова схема базування для операції 030

Схему пристосування розробляємо для випадку повороту деталі відносно опори при фрезуванні площини заготовки загальною дією окружної сили фрезеруванні P_z та сили подачі P_x .

Схеми сил, що дають на заготовку у випадку гірших умов, показання на рис. 2.4.

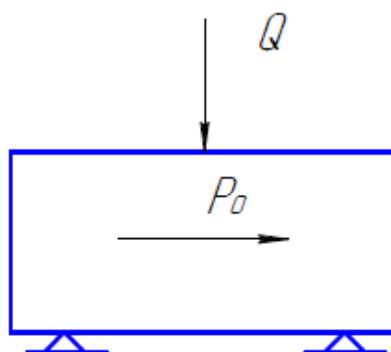


Рис. 2.4. Схеми сил, що дають на заготовку

Значення коефіцієнта K_3 потрібно обирати залежно від спеціальних умов, які обираються опираючись на операції та спосіб закріплення.

За формулою розраховуємо:

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6. \quad (3.11)$$

де K_0 – коефіцієнт, що представляє собою гарантований коефіцієнт запасу закріплення дорівнює 1.5;

K_1 –

коефіцієнт збільшення сили тертя різання через нерівності, обирається;

K_2

– коефіцієнт збільшення сили внаслідок затуплення інструменту, дорівнює

K_3 – враховує ударне навантаження на інструмент, дорівнює 1,2;

K_4 – стабільність силового приводу, дорівнює 1;

K_5 – зручність розташування рукояток, дорівнює 1 ;

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_6 – визначення розміщення опорних точок, дорівнює 1 ;

Тоді:

$$K = 1,5 * 1 * 1,15 * 1,2 * 1 * 1 * 1 = 2,07.$$

Обираємо з ряду значень $K = 2,5$.

$$Qf_1 + Qf_2 \geq K_3 P_0; \quad (3.12)$$

звідки

Q-сила

затиску;

f_1, f_2 – коефіцієнт між опрою і деталлю ($f_1 = 0.2, f_2 = 0.16$).

P_0 – осьова сила ($P_0 = 15200$ Н).

тоді підставимо значення в формулу і отримаємо

$$Q = \frac{K_3 * P_0}{f_1 + f_2} = \frac{15200 * 2.5}{0.2 + 0.16} = 105556 \text{ Н};$$

Діаметр циліндра двосторонньої дії :

$$Q = \frac{\pi * (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2)}{4} * p * \eta; \quad (3.13)$$

де $\eta=0,95$ - ККД циліндра;

$p=10$ МПа – розрахунковий тиск в циліндрі;

$d_{\text{шт}}$ – діаметр штоку, приймаємо з формули $d_{\text{шт}} = 0.15 * D_{\text{ц}}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_0}{\pi * p * (1 - 0.15^2) * \eta}} = \sqrt{\frac{4 * 105556}{\pi * 10 * (1 - 0.15^2) * 0.95}} = 120 \text{ мм};$$

За ГОСТ 21821-76 обираємо $D_{\text{ц}} = 120$ мм, тоді $d_{\text{шт}} = 25$ мм.

Уточнюємо силу затиску:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$Q = \frac{\pi * (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{ц}}^2)}{4} * p * \eta = \frac{\pi * (120^2 - 25^2)}{4} * 10 * 0.95 = 102.7 \text{ кН.}$$

3.2.6. Розрахункова перевірка різі на міцність

Розраховуємо напруженість зрізу, адже цей розрахунок на міцність є обов'язковим способом перевірки працездатності різі. Основною проблемою в руйнуванні різі виступає зріз витків.

Розраховуємо потрібний внутрішній діаметр зрізі, враховуючи розтяг з коефіцієнтом міцності $s=4$:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 * Q * \beta}{\pi * [\sigma]_p}}; \quad (3.14)$$

де $[\sigma]_p$ –

допустиме напруження для сталі, обирається з таблиці 11.4 (с. 125 [18]).

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{s} = \frac{360}{4} = 90 \text{ МПа}$$

Тоді:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 * 105556 * 1,3}{\pi * 90}} \rightarrow d_1 \geq 13 \text{ мм}$$

За ГОСТ 9150-59 приймаємо $d_1 = 45 \text{ мм}$, з кроком $S=2 \text{ мм}$.

Умова міцності різі за напруженням зрізу (с. 33 [18]).

$$\tau = \frac{Q}{\pi * d_1 * H * K * K_T} \leq [\tau]$$

де H – глибина загвинчування гвинта ;

K – коефіцієнт повноти різі;

K_T = коефіцієнт нерівномірності навантаження на витки;

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$\tau = \frac{105556}{\pi * 45 * 20 * 0,87 * 0,6} = 69,6 \text{ МПа} \leq 2.$$

Висновок, різь витримає напруження на зрізі.

3.2.7. Економічне обґрунтування спроектованого пристрою

Заключним розрахунком є економічний розрахунок пристрою. Основною метою його є перевірка доцільності використання пристрою, чи заміна його на більше дешевший, що допоможе зменшити затрати на виробництво всього «Корпусу».

Економічно вигідний пристрій визначається співставленням витрат та економії річного бюджету на виготовлення деталі. Чи економічний пристрій буде залежати від того, якщо економія застосування буде більшої ніж витрати на роботу.

Витрати на амортизацію верстата, інструмент ріжучий та енергетику для порівняних варіантів однаковий, тому ними ми можемо знехтувати .

Тоді враховуємо лише частини, що належать безпосередньо до вартості операції.

Їх визначаємо за формулою:

$$C_a = Z_a \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} * \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) ; \quad (3.15)$$

$$C_b = Z_b \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} * \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) ; \quad (3.16)$$

де S_a – витрати на виготовлення пристосуванн по варіанту а, грн;

S_b – витрати на виготовлення пристосуванн по варіанту б, грн;

Z_a –

штучна заробітня плата робітника при використанні для обробки з пристосуванням по варіанту а;

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$З_6$ –

штучна заробітня плата робітника при використанні для обробки з пристосуванням по варіанту б;

$H=10\%$ - цехові накладні ;[23]

$P= 5500$ шт. – річна програма;

$A=2$ роки – термін амортизації (гл. XI, стр.257 [26]);

$q=20\%$ - витрати на експлуатацію пристосування (гл. XI, стр.257 [26]);

Призначимо варіант А – спеціальний розроблений пристрій, варіант Б – універсальний збірний пристрій (УЗП).

За формулою визначаємо наближений спосіб розрахунку витрат:

$$S = C * N; \quad (3.17)$$

де S - витрати на виготовлення пристосувань, грн;

C -стала, яка визначається складністю пристосування і його габаритних розмірів ;

$C_a = 40$ – для складних пристосувань ;

$C_6 = 15$ – для простих пристосувань;

N –к-сть деталей в пристосуванні;

$$N_a = 1 \text{ шт.}, N_6 = 4 \text{ шт.}$$

Отже:

$$S_a = 40 * 2 = 80 \text{ грн.}$$

$$S_6 = 15 * 4 = 60 \text{ грн.}$$

Визначаємо розмір заробітньої плати робітнику за верстатом.

$$З = t_{\text{шт}} * З_{\text{хв}}; \quad (3.18)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час на обробку деталі

$$З_{\text{хв}} - \text{плата за роботу} = 0,11 \frac{\text{грн}}{\text{хв}};$$

$$t_{\text{шт.а}} = 8,45 \text{ хв};$$

$$t_{\text{шт.б}} = 14.62 \text{ хв};$$

Отримаємо:

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_a = 8,45 * 0,11 = 1,01 \text{ грн};$$

$$З_6 = 14,62 * 0,11 = 1,5 \text{ грн};$$

Підставимо отримані величини у формулу собівартості:

$$C_a = 1,01 \left(1 + \frac{10}{100} \right) + \frac{80}{12500} * \left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100} \right) = 1,57 ;$$

$$C_6 = 1,5 \left(1 + \frac{10}{100} \right) + \frac{60}{12500} * \left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100} \right) = 2,32;$$

З отриманих розрахунків можемо зробити висновок: спроектований пристрій економічно вигідний за універсальний збірний пристрій, тому використання проектового пристрою є доцільнішим.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

4. Спеціальний розділ

4.1. Загальні поняття про топологічну оптимізацію

За останні десятиліття застосування методів топологічної оптимізації набуло значного розвитку в ряді таких науково-виробничих напрямків як аерокосмічна сфера, автомобільна галузь, робототехніка, біомедична галузь тощо.

Поява адитивних технологій і 3D-друку викликало помітні зміни у виробничій сфері та дозволило компаніям створювати деталі, геометрію яких практично неможливо отримати, використовуючи традиційні способи. Завдяки приголомшливому розвитку 3D-принтерів надруковані деталі можуть мати геометричні елементи, які неможливо отримати за допомогою будь-якого іншого методу виробництва: ні за допомогою лиття, ні за допомогою механічної обробки.

Оптимізація топології є найпоширенішим типом структурної оптимізації. Вона використовується у початковій фазі проєктування для прогнозування оптимального розподілу матеріалу в рамках зазначеного вихідного простору проєктування структури та розглядає функціональні специфікації та виробничі обмеження.

Такого роду оптимізація являє собою вид аналізу, в якому завдавши певні вихідні параметри або використавши стандартну деталь, можна досягти оптимального заповнення матеріалом заданої геометричної форми [9]. Вказавши в стандартних деталей частини, грані і поверхні, які необхідно залишити, та вказавши навантаження, яке буде діяти на деталь, ми задаємо параметри, які необхідно залишити. Аналітичним методом програмний модуль САПР розрахує, як буде розповсюджуватись навантаження та створить рекомендовану модель. Форма такої моделі буде економити частину

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металу, але зберігати потрібну жорсткість. Найбільш популярним математичним методом оптимізації топології є метод твердого ізотропного матеріалу з пеналізацією (SIMP). Метод SIMP був спочатку запропонований Бендсо і Кікучі (Bendsoe, Kikuchi) (1988) і Розван і Чжоу (Rozvany, Zhou) (1992). Метод SIMP прогнозує оптимальне розподілення матеріалів у межах зазначеного проектного простору для поданих випадків навантажень, граничних умов, виробничих обмежень та вимог продуктивності.

Відповідно до Бендсо (Bendsoe) (1989): «Оптимізація форми в найзагальнішому сенсі повинна включати визначення для кожної точки в просторі незалежно від знаходження матеріалу в даній точці». Традиційний підхід до оптимізації топології – це поділ області на сітку кінцевих елементів, яка називається ізотропною суцільною мікроструктурою. Кожен елемент заповнюється матеріалом для областей, яким потрібний матеріал, або не містить матеріалу для областей, де можна видаляти матеріал (подання пустот). Розподіл щільності матеріалу в рамках проектного домену ρ є дискретним, а кожному елементу призначається двійкове значення:

$\rho(e) = 1$, де потрібний матеріал (чорний)

$\rho(e) = 0$ де матеріал видалений (білий)

Наприклад, на зображенні представлений оптимізований макет завантаженого матеріалу пучка. Тверді елементи із щільністю $\rho(e) = 1$ є чорними, порожні елементи із $\rho(e) = 0$ видалені [9].

За останні роки вона досягла популярності завдяки своїй доступності в програмному забезпеченні з автоматизованим дизайном (САПР), яке є простим у використанні і доступним. Крім того, оптимізація чудова при створенні міцних, легких деталей з меншою кількістю матеріалу. Більш широке застосування методи топологічної оптимізації мають в тих сферах, де виготовлення деталей здійснюється з використанням 3D друку або мова йде про двовірні деталі (диски, зірочки тощо).

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У більшості випадків мова йде про використання топологічної оптимізації деталей з ізотропних однофазних матеріалів, але на сьогодні запропоновано ряд рішень для розширення топологічної оптимізації, наприклад, на двофазні матеріали чи анізотропні матеріали.

У ряді випадків топологічну оптимізацію можна використовувати для пошуку концептуальних рішень дизайну деталі в машинобудуванні з подальшою корекцією дизайну деталі для забезпечення конструктивних чи технологічних вимог.

4.2. Системи автоматизованого проектування

Системи автоматизованого проектування (САПР) широко застосовуються в новітніх методах проектування. Широко розповсюджені такі програмні забезпечення САПР: «Компас», «AutoCad», «SolidWorks», «SolidEdge», «T-FLEX», «PTC Creo», «NX» та багато інших.

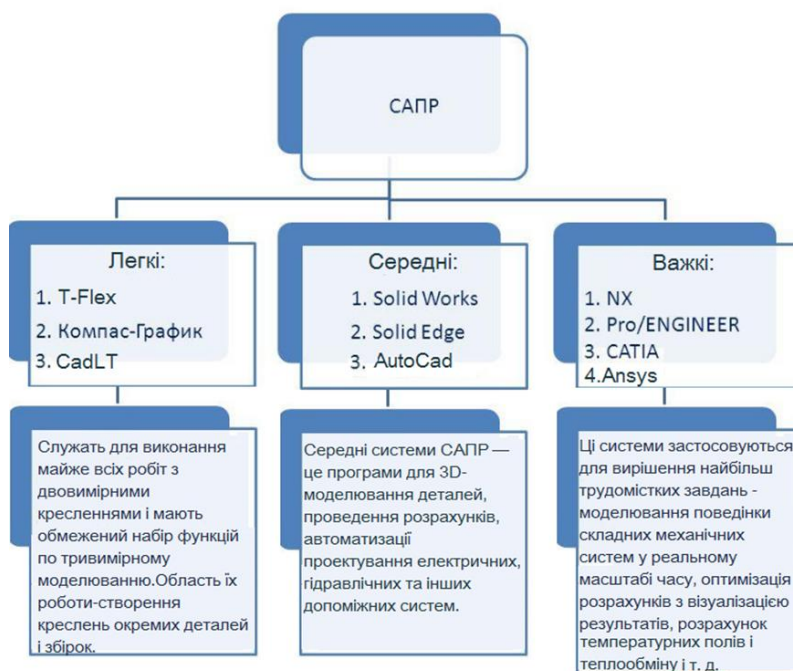


Рис. 1.4. Різновиди САПР

Використання програмного проектування має переваги в швидшому конструюванні та нових дослідженнях. Так з допомогою САПР створення креслення відбувається за декілька секунд, а розрахунок навантаження декілька хвилин. Також є бібліотеки готових стандартних виробів, це економить час на створення стандартних дрібних деталей.

Створенні креслення методами САПР мають менше помилок, через машинний розрахунок, що зменшує у виробництві брак деталей. А створення збірок у цих середовищах дає повну картину функціонування приладів в майбутньому та відразу виправляє більшість помилок, які раніше виявлялись лише у процесі складання виробу.

У нашому досліді використане програмні забезпечення «SolidWorks» та «Autodesk Inventor». Вони мають модулі для швидкого проектування. Наприклад попередньо розрахувавши у «Розділі 2» геометричні параметри редуктора, ми за допомогою «Autodesk Inventor» автоматично створили черв'ячну передачу та вали ввівши лише декілька даних.

4.3 Топологічний аналіз «Корпусу» за допомогою модулів САПР

На основі аналітичного огляду стану питання виготовлення редукторів [7][8][9], ми можемо зробити висновки, що стоять питання зменшення габаритних розмірів та ваги, то цей вид оптимізації суттєво полегшує вирішення цієї проблеми. Деякі організації розглядають можливість переходу до адитивних методів отримання деталі, тому що це суттєво зменшує кількість операцій для отримання готової деталі, зменшує кількість відходів, та можна отримати форми достатньої жорсткості, які неможливо отримати традиційними методами. Тому подальший розвиток підходів топологічної оптимізації в задачах машинобудування є актуальним на сьогодні.

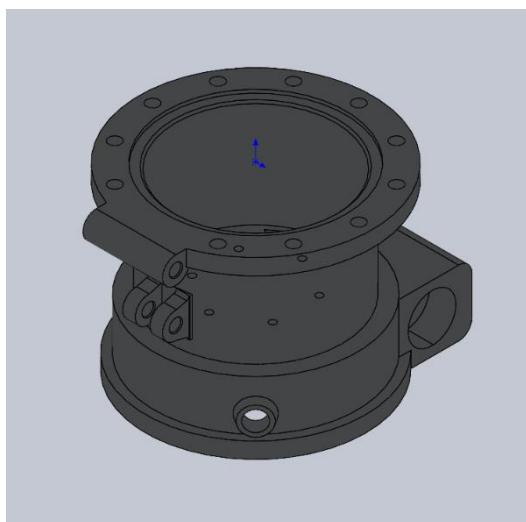
					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для пошуку рішень дизайну корпусу редуктора була використана топологічна оптимізація. Для цього виду оптимізації був використаний модуль Simulation. Продукт програмного забезпечення SolidWorks.

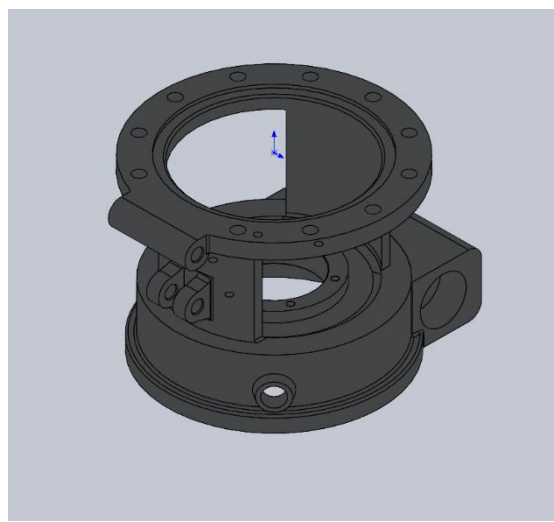
Створивши додаткову конфігурацію деталі, ми замінили оглядове вікно та для доступу до муфти (рис.2.5 б) на суцільний корпус (рис.2.5 а), так як відсутнє технічне обґрунтування їх розмірів та розташування з позиції жорсткості всієї деталі. Ми отримали суцільну деталь.

Маса вихідної деталі – 32,39 кг (рис.2.5 б).

Маса модифікованої деталі – 40,12 кг. (рис. 2.5. а).



а



б

Рис. 2.5. Корпус модифікованої деталі (а) корпус вихідної деталі (б)

Щоб створити дослідження топології, необхідно активізувати SolidWorks Simulation. Після активізації модуля ми можемо почати нове дослідження шляхом вибору дослідження топології зі запропонованого списку.

Наступним кроком є визначення матеріалу деталі, в нашому випадку – це чавун. Також необхідно призначити кріплення. Для точнішого відображення особливостей вузла необхідно розглядати його повну збірку

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

(включаючи кріпильні елементи та інше). Але такий підхід вимагає значних обчислювальних ресурсів ПК, і тому ми розглядаємо лише корпус, який закріплений через кріплення «Зафіксована геометрія», як це вказано на рис. 2.6 .

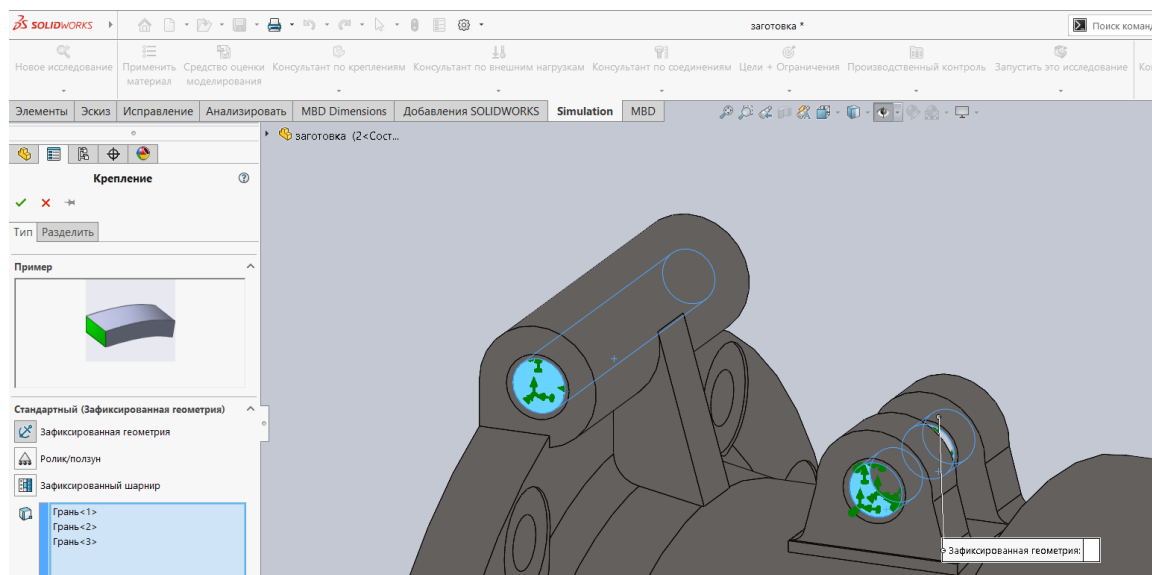


Рис. 2.6. Кріплення «Зафіксована геометрія»

А для того, щоб розрахунковий алгоритм Simulation, який працює за SIMP методом, не видалив конструктивно необхідні елементи, ми призначили через виробничий контроль області, що необхідно зберегти (рис. 2.7).

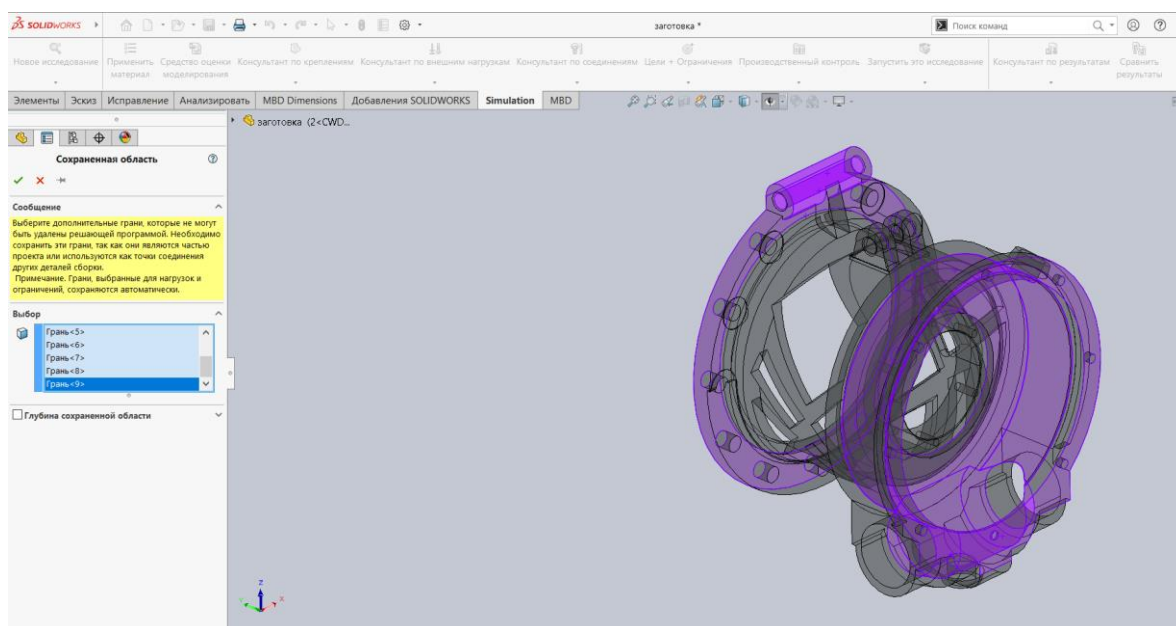


Рис. 2.7. Виробничий контроль, області для збереження

Для імітації дії сил, що виникають в зачепленні черв'яка та колеса, використано дистанційне навантаження з параметрами, котрі відображені на рисунку 2.8-2.9.

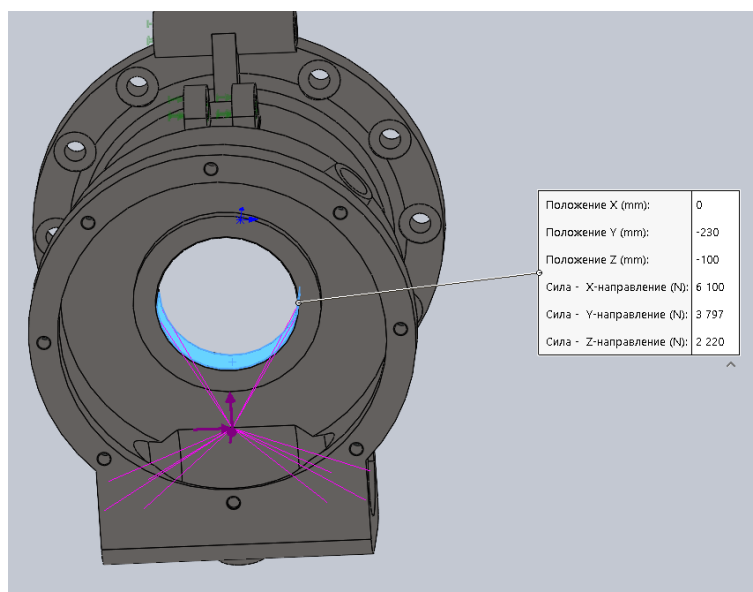


Рис. 2.8 Силкові фактори, що діють у зачепленні, та за допомогою дистанційної сили прикладаються до опорної поверхні корпусу від валу колеса (Колова сила F_{t2} , собова сила F_{a2} , радіальна сила F_{r2})

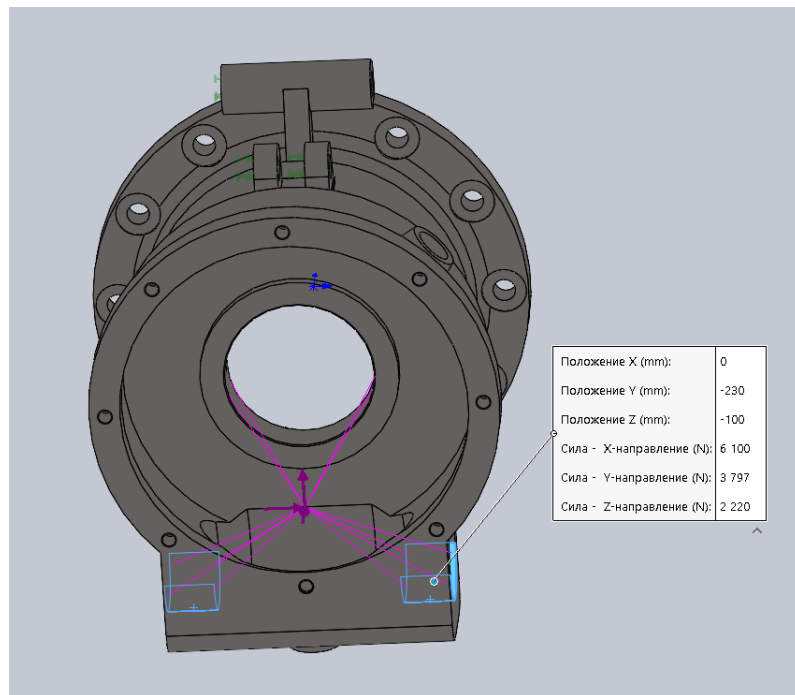


Рис. 2.9. Силі фактори, що діють у зачепленні, та за допомогою дистанційної сили прикладаються до опорної поверхні корпусу від валу черв'яка (Колова сила F_{t1} , собова сила F_{a1} , радіальна сила F_{r1})

Наступним кроком обирається необхідна ціль дослідження. У модулі Simulation декілька видів цілей дослідження: краще співвідношення маси та жорсткості (рекомендовано), зменшення максимального зміщення та зменшення маси.

Ми обрали варіант кращого відношення маси до жорсткості, задавши зниження маси на 50%.

Для цього аналізу всі необхідні елементи визначені. Генеруємо сітку скінченних елементів .

Для суттєвої економії обчислювальних ресурсів ми визначили чорнову сітку з максимальним розміром скінченних елементів 10 мм (рис.2.10). Після генерації сітки запускається аналіз.

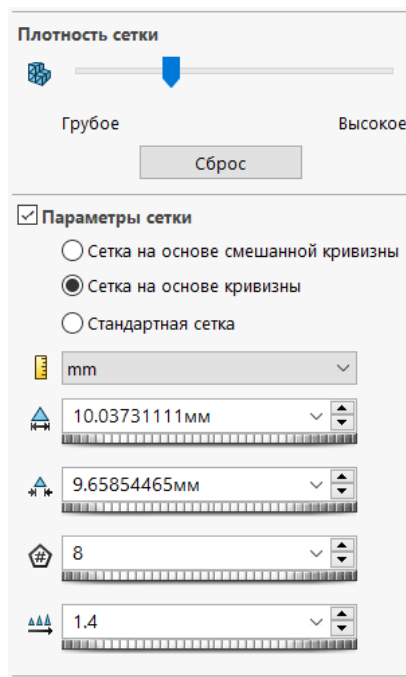


Рис.2.10. Налаштування сітки скінченних елементів.

Час на розрахунок даного дослідження приблизно – 10 хв.

Аналіз результатів дослідження

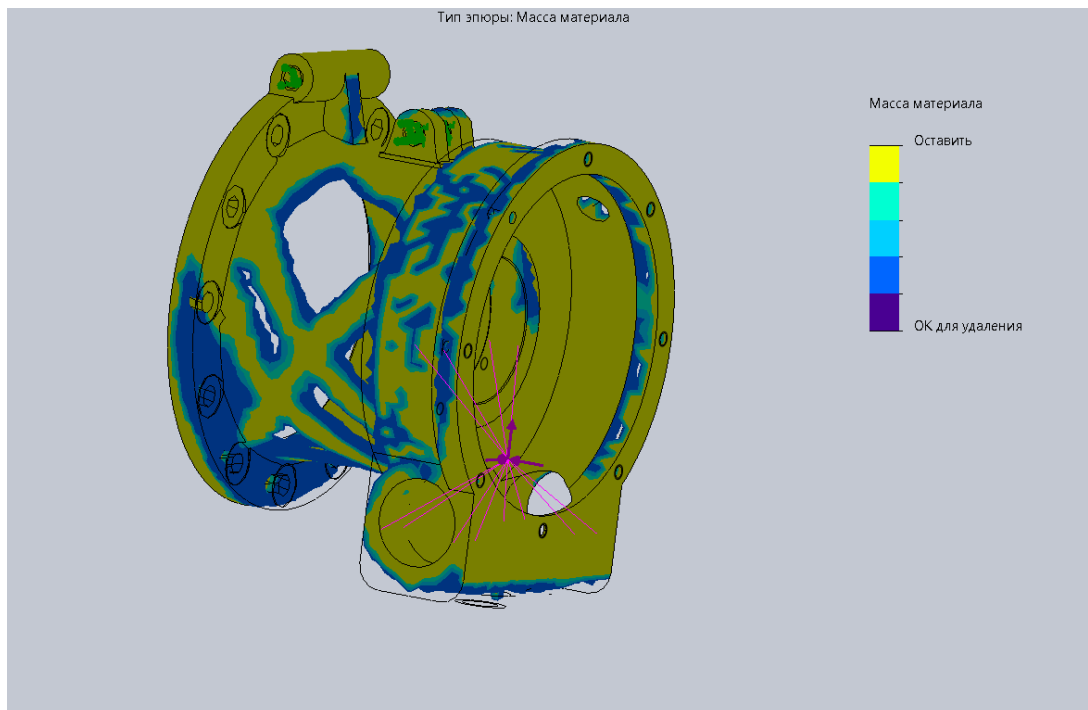


Рис. 2.8. Результат дослідження

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

На епюрі жовтим кольором позначено матеріал, який необхідно залишити, а синім – можливо видалити.

Якщо порівняти результати, що ми отримали з початковою деталлю, можемо зробити висновок, що для збільшення жорсткості при сталій масі доречно змінити форму оглядових вікон.

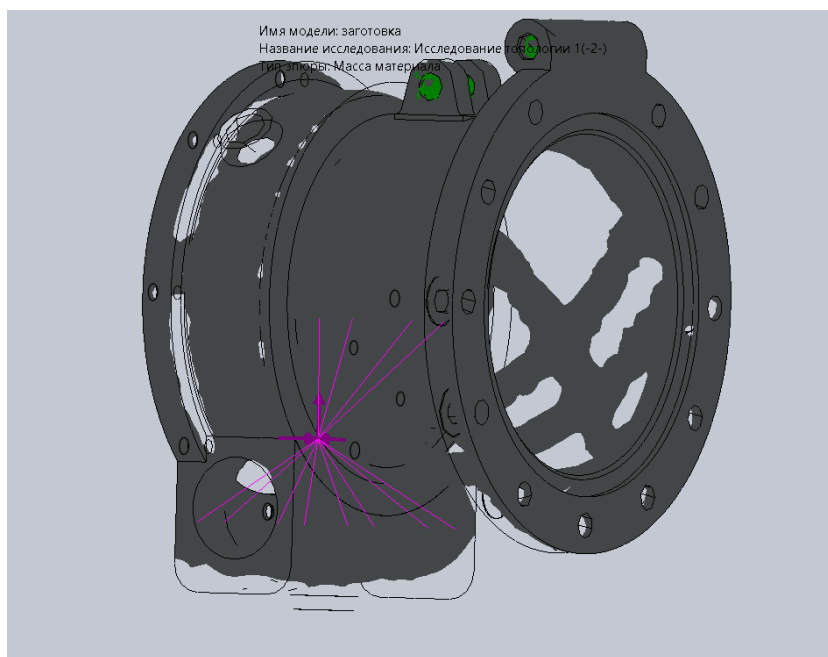


рис.2.11 . Деталь після оптимізації та згладжування сітки.

Форму оптимізованої деталі (рис.2.11) можна змінювати, пересуваючи повзунок в налаштуваннях епюри (рис.2.12), тим самим обравши необхідно форму.

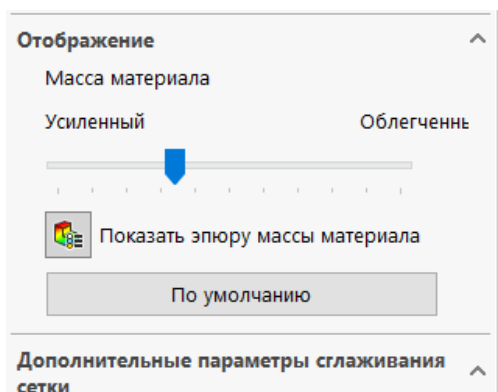


Рис.2.12. Повзунок для регулювання епюри

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У залежності від відсотку видаляемого матеріалу визначаємо масу деталі та обираємо необхідне значення.

30% -- 29, 58 кг.

40% -- 24.8 кг.

50% -- 20.5 кг.

Ми обрали варіант видалення 50% матеріалу. Отриману деталь зберігаємо в нову конфігурацію.

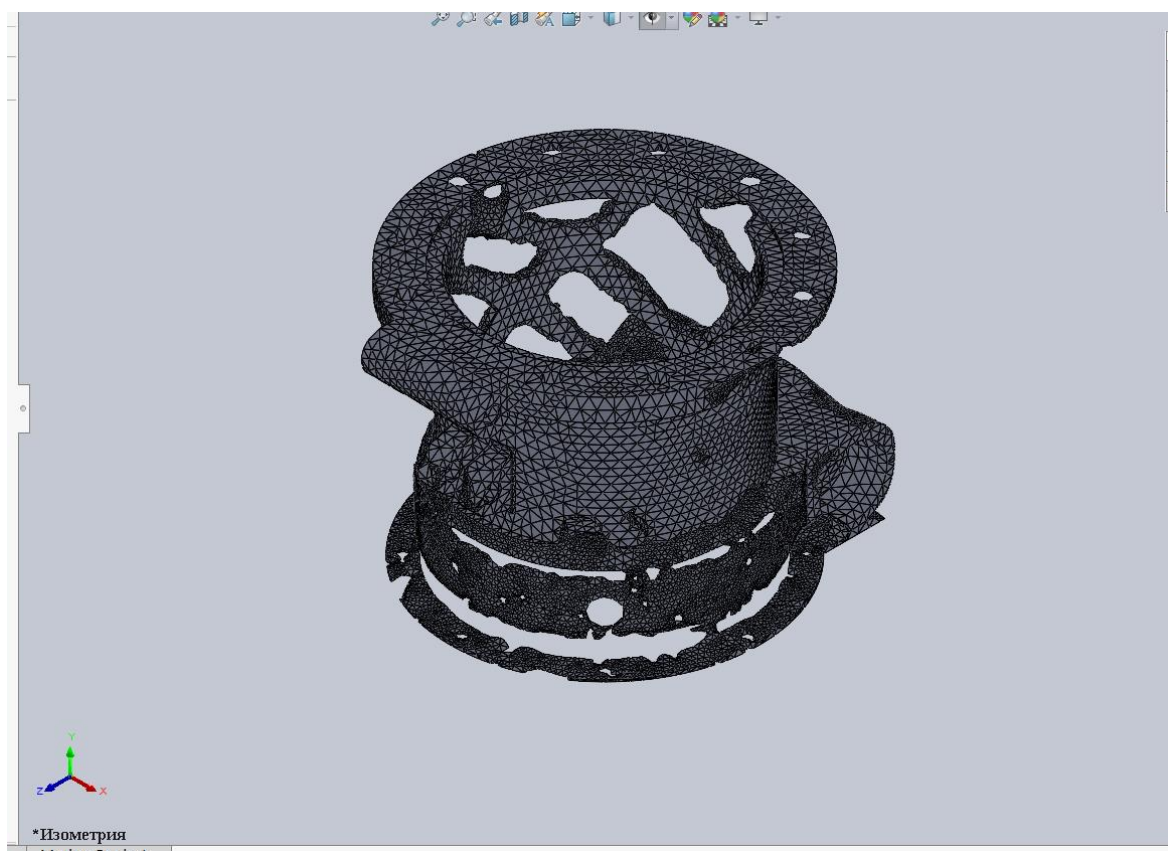


Рис. 2.13. Нова конфігурації оптимізованої деталі.

Залишати деталь у такій формі конструктивно недоречно, та деталь нетехнологічна у виготовленні. Нову форму деталі створюємо на основі аналізу цієї. У нову форму включаємо:

1. зменшення товщини стінок у певних елементах, таких як місце черв'яка, місця кріплення кришок.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. змінюємо форму вікон доступу до муфти вирізів.

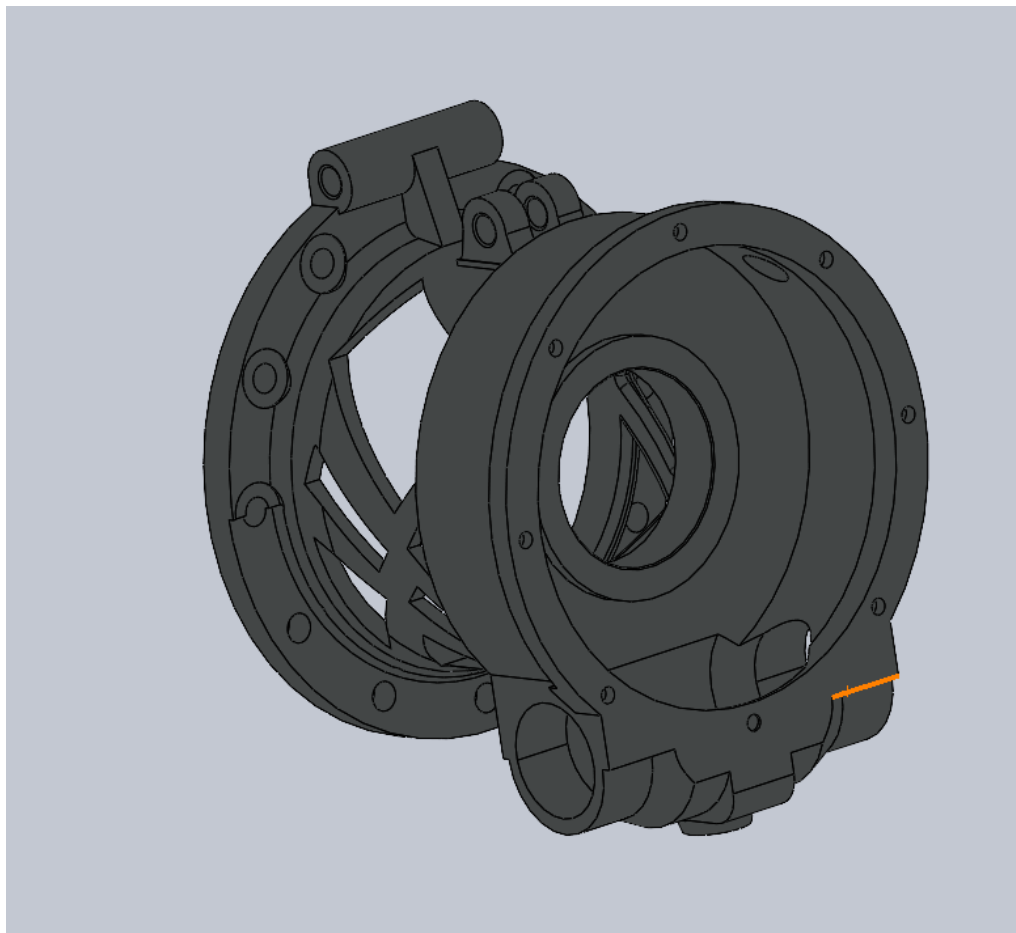


Рис. 2.14. Деталь на основі оптимізації

Маса цієї деталі – 30 кг

4.4. Статичний аналіз для порівняння жорсткості вихідної та модифікованої деталей

Порівняємо початкову і отриману деталь шляхом виконання статичного дослідження.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

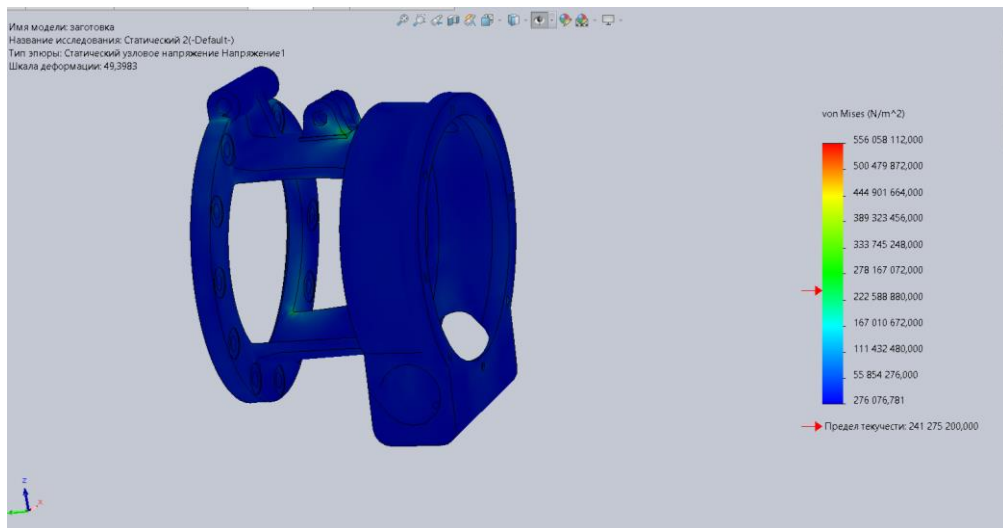


Рис. 2.15 . Статичне дослідження для початкової деталі

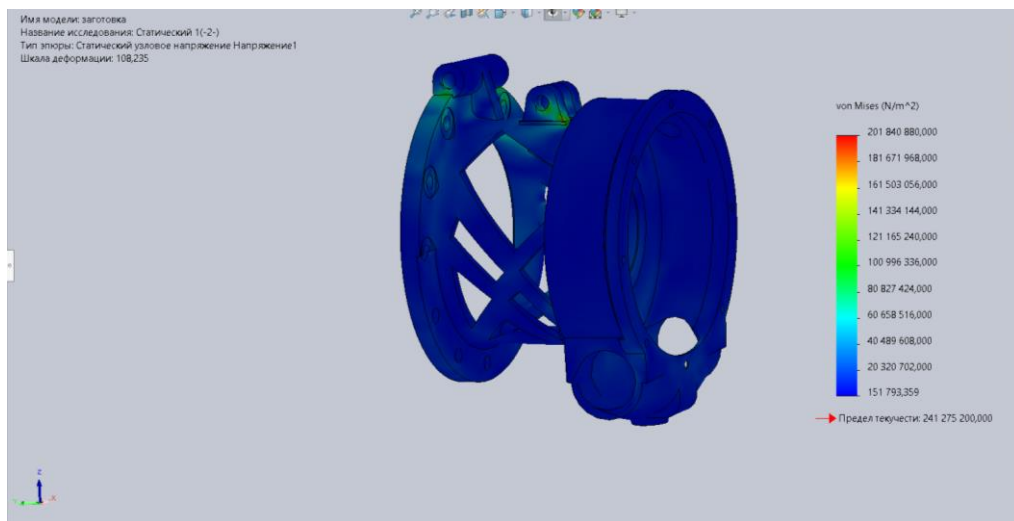


Рис. 2.16. Статичне дослідження для оптимізованої деталі, яку створили на основі результатів з топологічного аналізу.

Як можемо бачити з отриманих епюрів напруження, у початковій деталі виникають напруження, котрі більші границі текучості матеріалу при заданому навантаженні. Це призводить до пластичної деформації деталі.

На другій деталі, яку отримали з результатів топологічної оптимізації, напруження менші та знаходяться в межах допустимих (рис. 2.16. епюра навантажень).

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

На основі отриманих результатів з виконаних досліджень, можемо зробити висновки:

- новий Корпус має меншу масу, але є більш жорстким, що відповідає поставленим цілям оптимізації редуктора.
- водночас до недоліків згенерованого дизайну деталі можна віднести складність отримання заготовки деталі (потрібно створити більш складну форму для лиття та збільшити кількість операцій на обробку).
- останнє призведе до збільшення часу на отримання деталі. Також збільшиться й вартість отримання заготовки.

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

У бакалаврській роботі розглянуті сучасні методи модернізації черв'ячних редукторів .

Проведений проєктно-технологічний розрахунок черв'ячного редуктора.

Розроблений технологічний процес на основі базового з виготовлення корпусної деталі черв'ячного редуктора. Визначений спосіб отримання заготовки. Призначені міжопераційні пропуски, режими різання, загальні припуски та час на обробку. Вибране необхідне верстатне обладнання, ріжучі та контрольні інструменти.

Вибрано та розраховано верстатне пристосування, використані основні поняття про загальні відомості та класифікацію пристосувань. Розроблено та розраховано спеціальне верстатне затискне пристосування для операції 030 Багатоцільова. Розраховане базування та сили затиску.

Виконане аналітичне дослідження топологічної оптимізації однієї деталі редуктора «Корпус». Визначені основні параметри оптимізації, та створена нова модифікована деталь «Корпус». Здійснене статичне дослідження для порівняння жорсткості вихідної та модифікованої деталі, та зроблені висновки про доцільність використання модифікованої деталі

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. О. Гурик, Л. Данильченко, Р. Івасечко. Особливості конструкцій спеціальних черв'ячних передач.- Вісник ТДТУ. 2009. Том 14. № 2. - С. 67-72
2. Лекція 3.6. Черв'ячні передачі
URL:https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/ЕП%20Техмеханіка%20НМЦ/Dokument/Lekzia/3%20розділ/3.6.htm (дата звернення 12.06.2022)
3. Пермяков О.А., Клочко О.О., Гасанов М.І., Логашкіна К.Г., Бондар В.В. Основні напрямки підвищення точності виготовлення ортогональних редукторів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. 2017. Ч. I : конференція НТУ "ХПІ", 17-19 травня 2017 р/ ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ". с.112
4. Куприянов Е.К. Минимизация габаритов редуктора. Міжнародна науково-практична конференція: тез. доп., 8.04.2017р. м. Магнітогорск (Росія)/ Стерлитамак: АМИ, 2017. с.135-138
5. Ю.А.Невдаха, В.О. Дубовик, А.Ю. Невдаха. Теоретичне дослідження методів вдосконалення редукторів. Техніка в сільському виробництві , галузеве машинобудування , автоматизація. Кіровогр. нац. техн. ун-т; за заг. ред. М. І. Черновола. - Кіровоград: КНТУ, 2012. с.200-205
6. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. - М.: Машиностроение, 1975 – 488 с.
7. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность / В.П. Когаев, Н.А. Махутов, А.П. Гусенков. – М.: Машиностроение, 1985 – 224с.
8. В.С. Надаєїн. Синтез верстатних зачеплень для формоутворення активних поверхонь ланок черв'ячної передачі жорсткою не конгруентною виробничою парою. КНТУ, ВФ «АСТРА», Кіровоград. с.105- 110

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

9. Довідка SOLIDWORKS / Simulation / Исследование топологии / Метод SIMP для оптимизации топологии.

10. В.Д. Головня, Г.М. Виговський, Н.О. Балицька. Деталі машин. Курсове проектування: навчально-методичний посібник. Житомир: ЖДТУ с.119.

11. Детали машин: Атлас конструкций / под. ред. Д.Н. Решетова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 367 с

12. Деталі машин. Проектування елементів механічного приводу : навчальний посібник / В.Є. Стаценко, В.Г. Сніцар, С.С. Чайковський. – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 476 с.

13.. Курсове проектування та розрахунок передач гнучким зв'язком (з використанням елементів САПР) : навчальний посібник для студентів вузів / В.Є. Стаценко. – Житомир : ЖДТУ, 2003. – 224 с.

14. Горбацевич А.Ф., Чеботарев В.Н., Шкред В.А., Медведев И.Л. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, «Высшая школа», 1975. – 286 с.

15 . Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т1 - 656 с., Т2 - 496 с.

16. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм И др.; Под. общ. ред. А. А. Панова. — М.: Машиностроение, 1988.

17. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Издательство стандартов. Москва. 1989.

18. Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М., «Машиностроение», 1972. – 407 с.

19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные,

					MI 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. - М.: Машиностроение, 1974

20. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно- заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. –М.: Машиностроение, 1974. –421 с.

21. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 3. Изд. 3-е. М.: ЦБНТНИИ труда, 1978. 360 с.

22. Общемашиностроительные нормативы времени и режимоврезания, для нормирования работы выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. – М.: Машиностроение, 1990. –206 с.

23. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати і системи”, 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами” / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир: ЖІТІ, 2001.– 600 с.

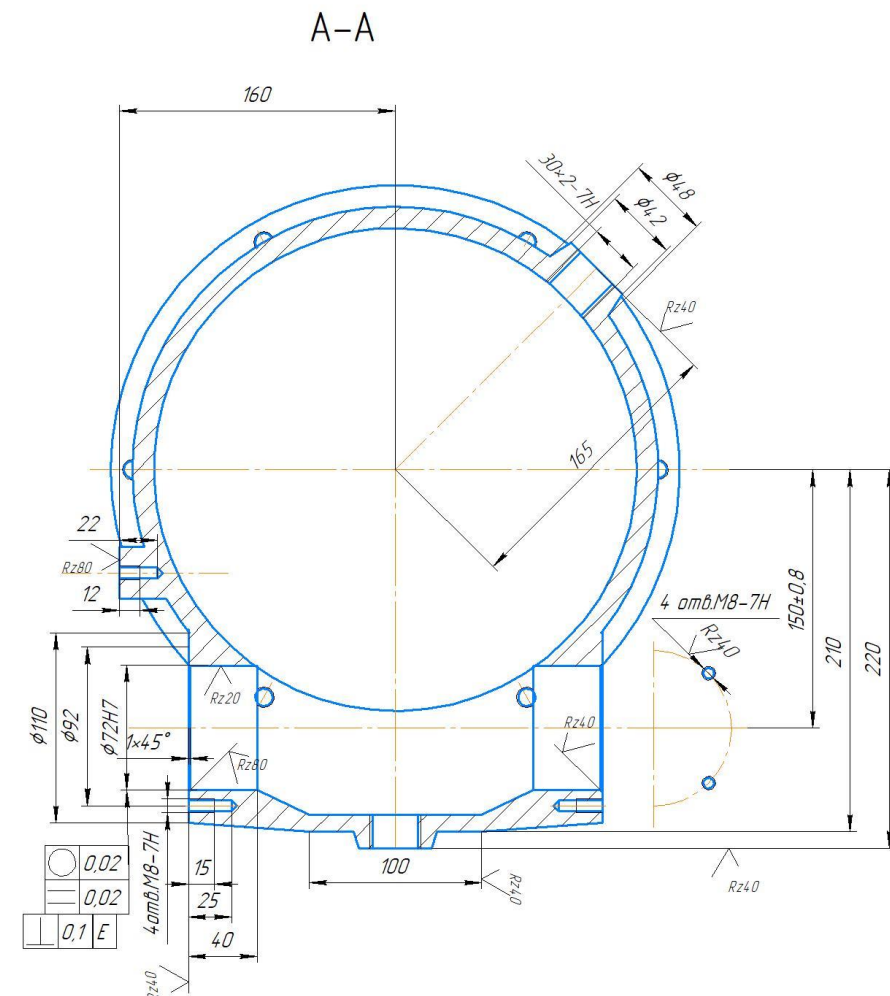
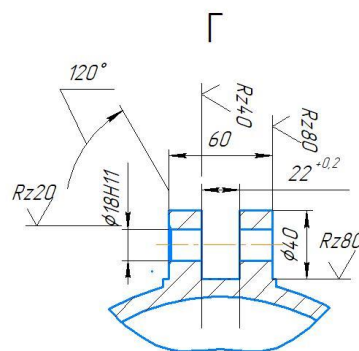
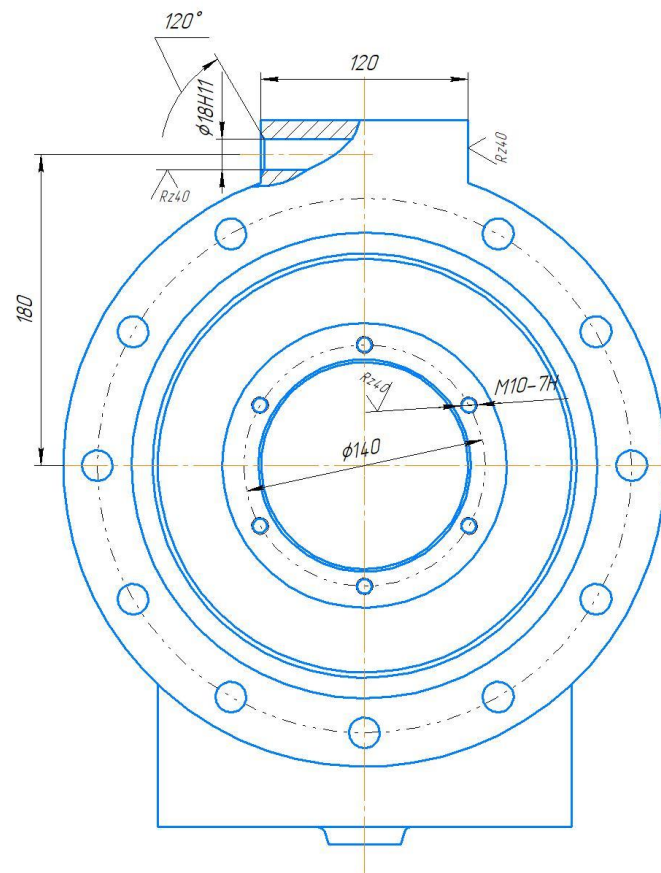
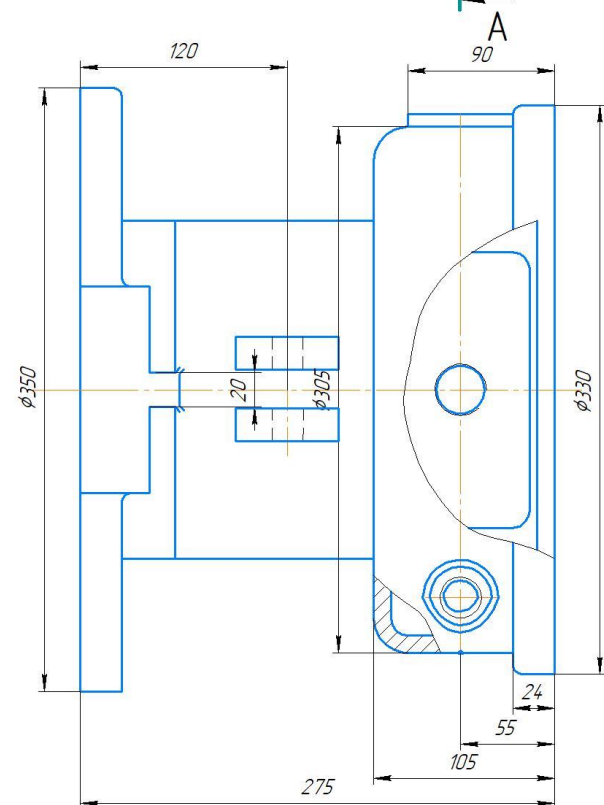
24. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально – методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 120 с.

25. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. Издательство «Высшая школа», 1986. – 268с.

26. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Учеб. пособие для техникумов. М., "Высш. школа", 1974. - 264 с.

					МІ 131.00.2/Б 90/с 009 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

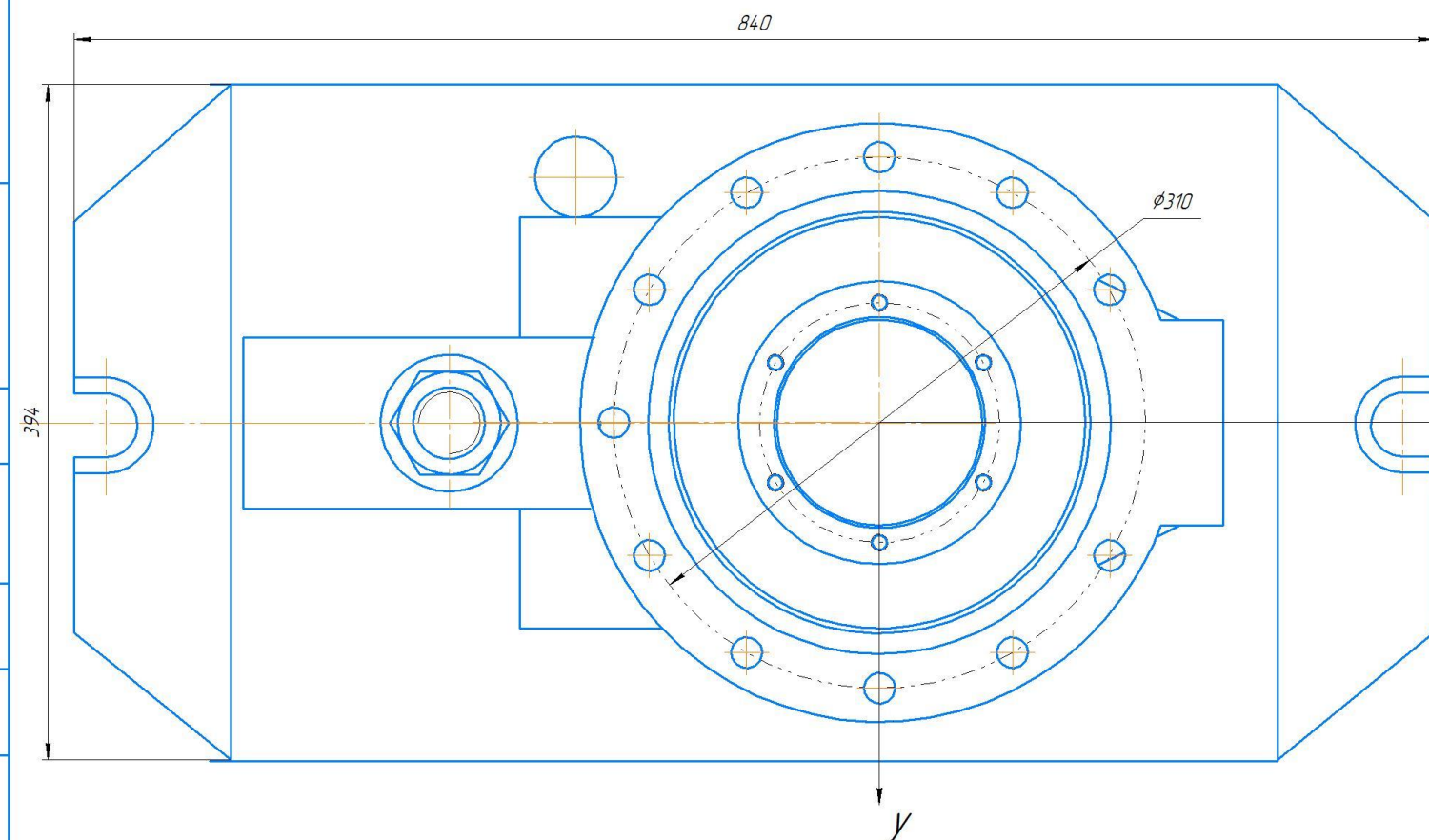
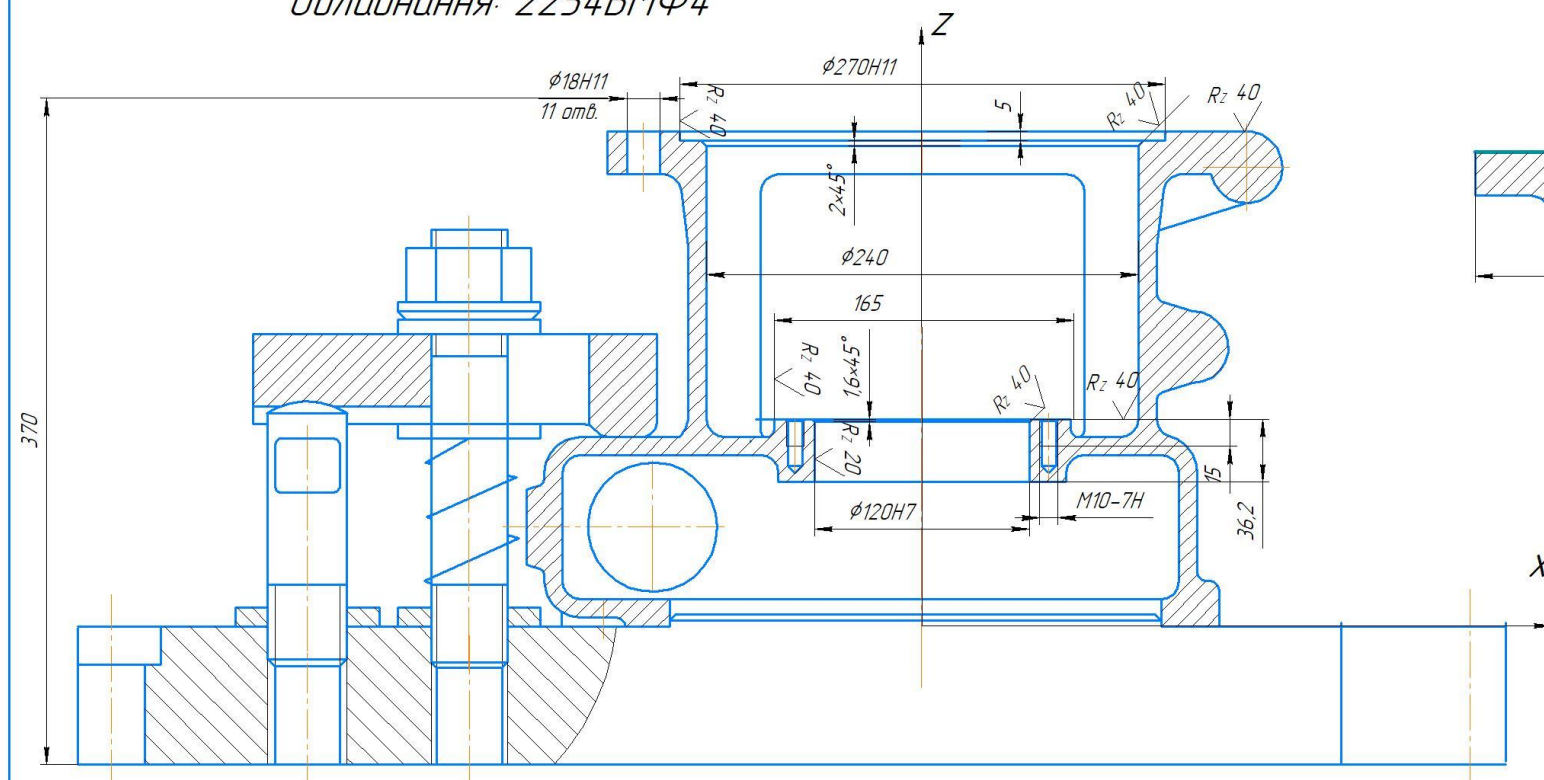
Дубл.										
Зам.										
Підп.										
				Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
									н	
Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка» КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ обробки деталі «Корпус» черв'ячного редуктора Розробив: _____ Колєбанова І.Ю. Перевірів: _____ Мельник О.Л. м. Житомир - 2022 рік										
ТЛ										



1. Невказані радіуси закруглені 3 мм.
2. * Розміри для довідки.
3. Невказані граничні відхилення розмірів по 14 квалітету IT СЗВ 114-75

[illegible]

Операція 015: Багатоцільова
Обладнання: 2254ВМФ4



1.Фрезерувати торець

Оправка
ГОСТ 26538-85

Фреза кінцева $\phi 50$
ГОСТ17026-71

2.Разфрезерувати виточку $\phi 270$ до $\phi 269,4$ мм

Оправка
ГОСТ 26538-85

Фреза кінцева $\phi 50$
ГОСТ17026-71

3.Разфрезерувати виточку $\phi 270$ до $\phi 270H11$

Оправка
ГОСТ 26538-85

Фреза кінцева $\phi 50$
ГОСТ17026-71

4.Фрезерувати фаску

Оправка
ГОСТ 26538-85

Фреза спеціальна $\phi 20$ ВК8

5.Фрезерувати $\phi 165$ в розмір 36,2мм

Оправка
ГОСТ 26538-85

Фреза кінцева $\phi 50$
ГОСТ17026-71

6.Разточити отвір

Оправка 6300-0855
ГОСТ 21224-75

Різець токарний разточний ВК8
з $\varphi=75^\circ$ ТУ-2-035-892-82

7.Разточити отвір

Оправка 6300-0855
ГОСТ 21224-75

Різець токарний разточний ВК6
з $\varphi=75^\circ$ ТУ-2-035-892-82

№	Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Режими різання				Норми часу
			t мм	s мм/об	V м/хв	n об/хв	
1	Фрезерувати торець $\phi 330$ в розмір 275мм	Фреза кінцева $\phi 50$ z=4, ВК6 ГОСТ18882-73	1,6	0,6	75	749	0,78
2	Фрезерувати виточку $\phi 270H11$ до $\phi 269,4$ на довжину 5мм	Фреза кінцева $\phi 50$ ВК6 z=4 ГОСТ18882-73	4,8	1,16	27	172	2,2
3	Фрезерувати виточку $\phi 270H11$ на довжину 5мм	Фреза кінцева $\phi 50$ z=4, ВК6 ГОСТ18882-73	0,2	0,23	33	210	1,9
4	Фрезерувати фаску 3X45° на отворі $\phi 270H11$	Фреза кінцева $\phi 20$ z=3, ВК6	3	0,54	35	557	1,46
5	Фрезерувати торець $\phi 165$ в розмір 36,2мм	Фреза кінцева $\phi 50$ ВК6 z=4 ГОСТ18882-73	1,2	1,16	29	185	0,84
6	Разточити отвір $\phi 120H7$ до $\phi 118,95$ мм	Різець разточний ВК6 ТУ-2-035-892-82	1,95	0,8	111	297	0,16
7	Разточити отвір $\phi 120H7$ до $\phi 119,66$ мм	Різець разточний ВК4 ТУ-2-035-892-82	0,35	0,32	196	522	0,23

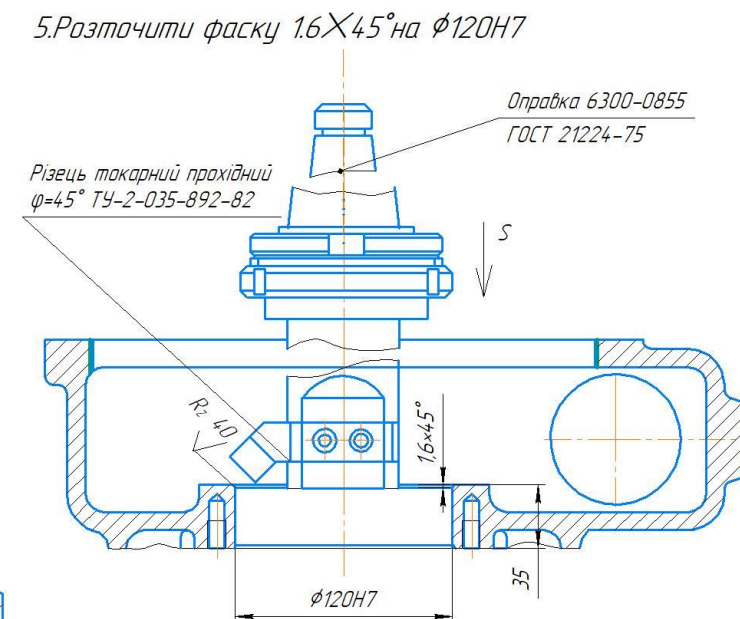
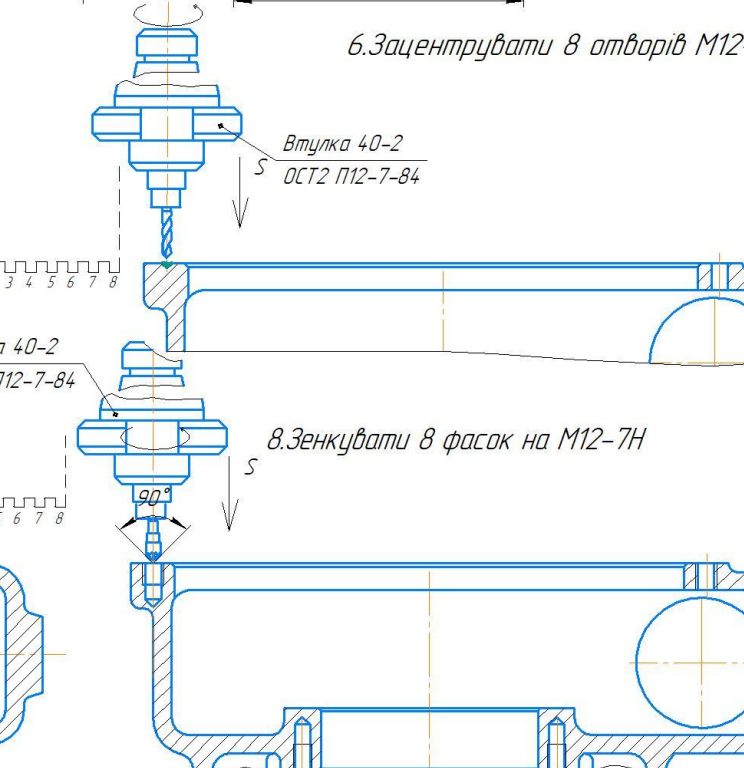
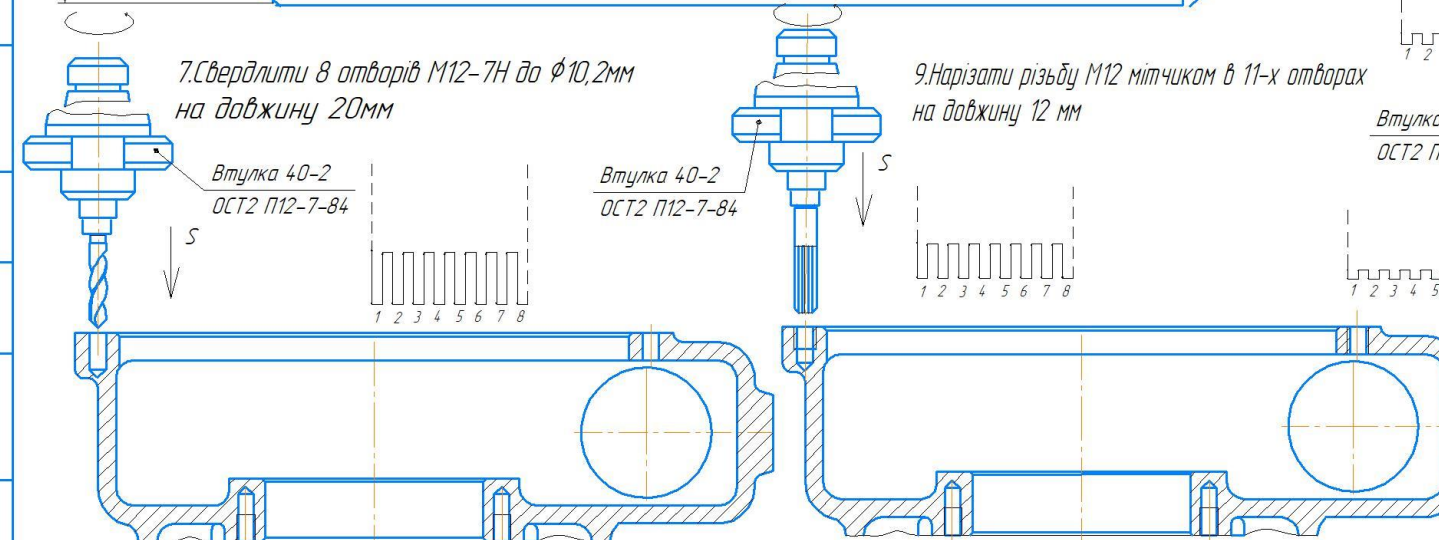
Налаштування на багатоцільову операцію 015

2254ВМФ4

Лист 11

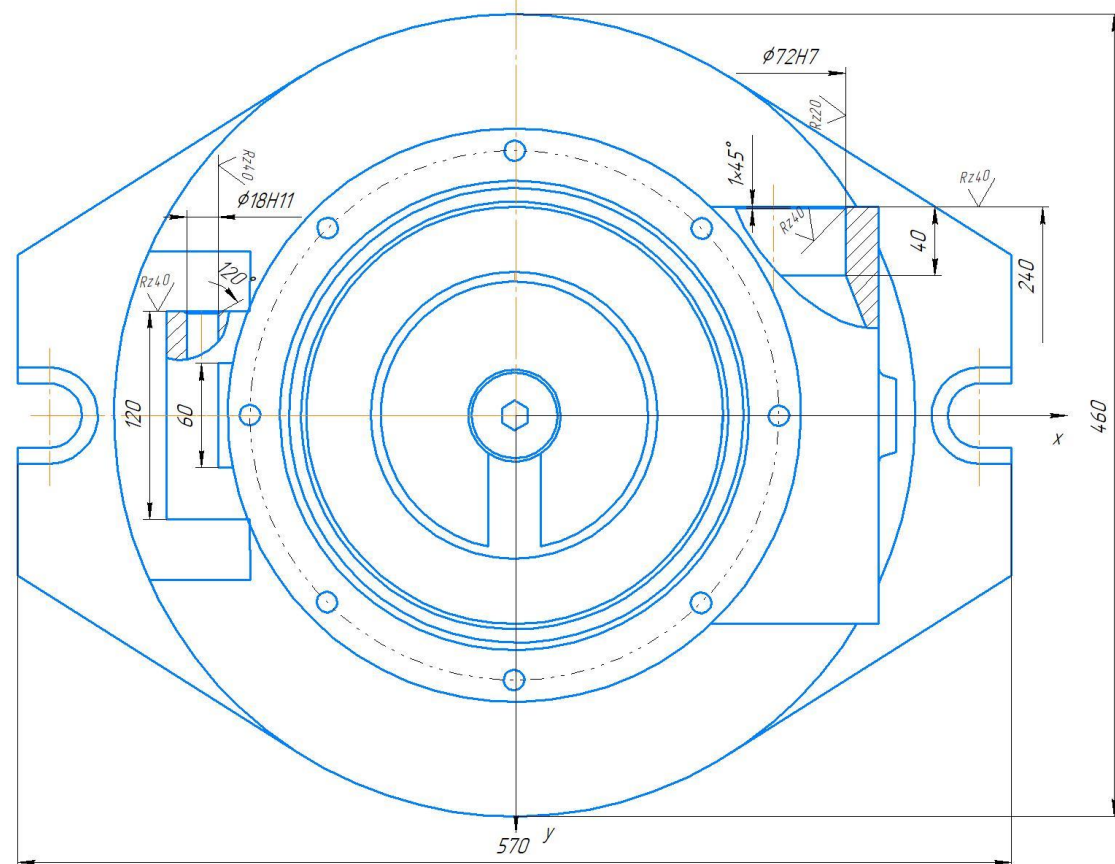
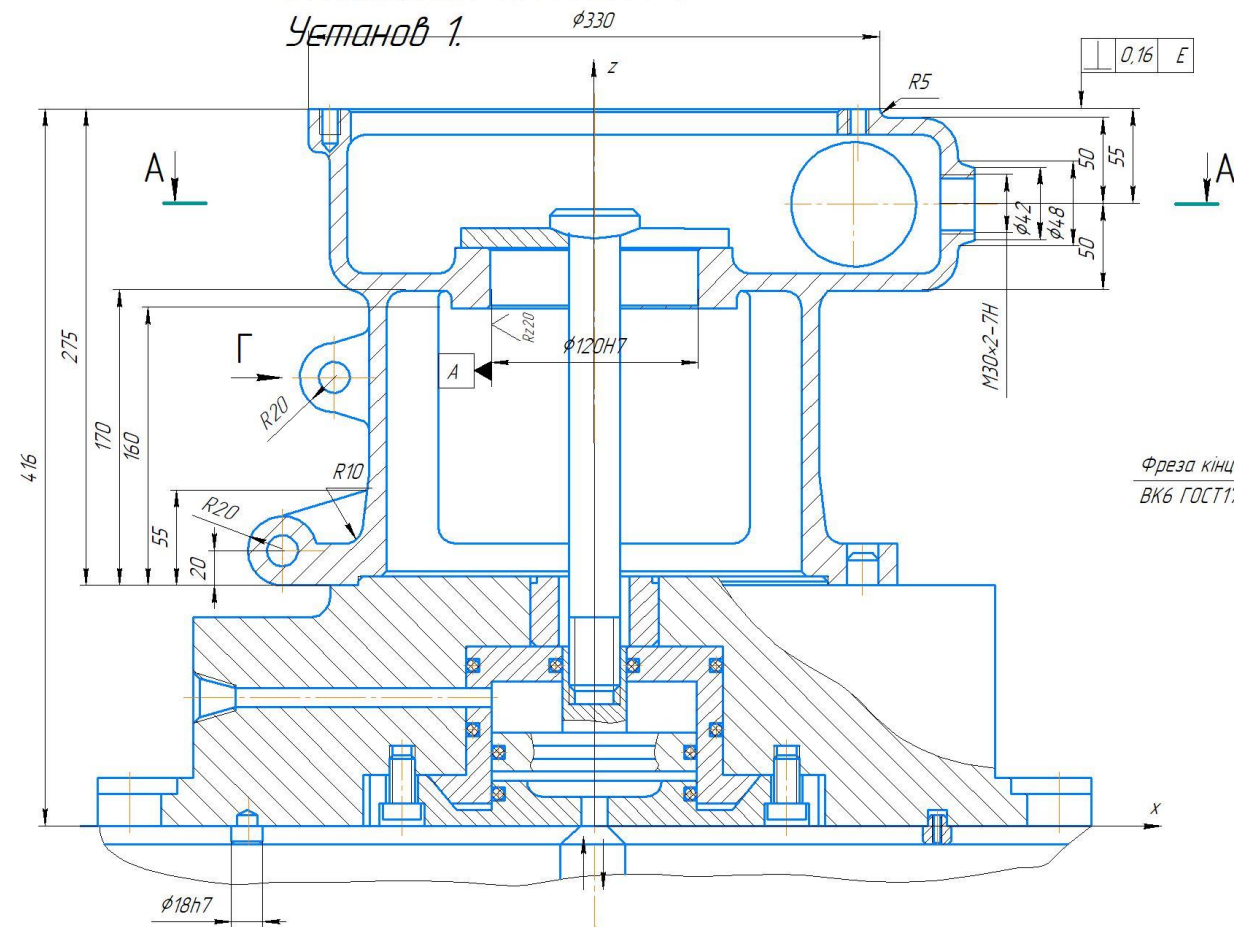
Житомирська Політехніка, ПМ-139

Формат А1

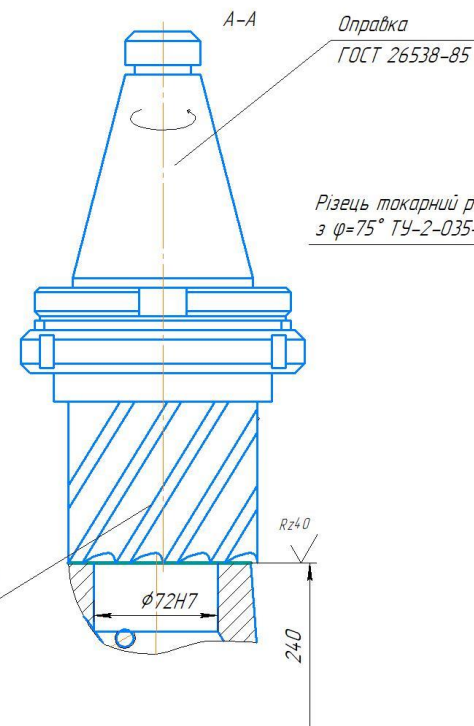


Мн	Лист	№ докум	Подп	Дата	Корта наладки на багаторічову операцію 020	Лист	Масса	Масштаб
Разроб.		Колосова ІВ				Н		1:2
Проб.		Мельник О.І				Лист		Листа 1
Г.контр.								
Н.контр.					2254ВМФ4	Житомирська Політехнік		
Удв.		Мельник О.І				ПМ-139		

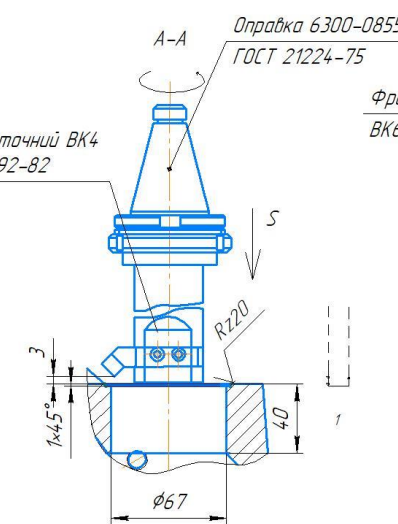
Операція ОЗО
: Багатоцільва
Обладнання: 2204ВМФ4
Установ 1.



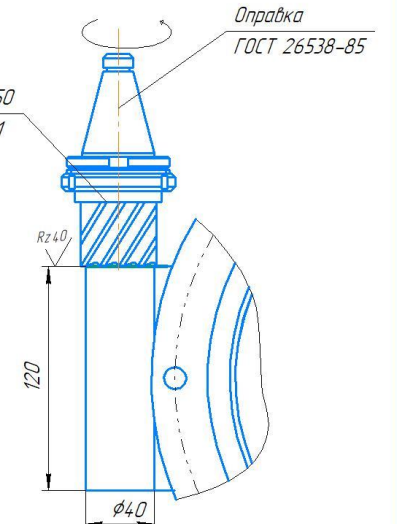
1.Фрезерувати торці в розмір 240мм



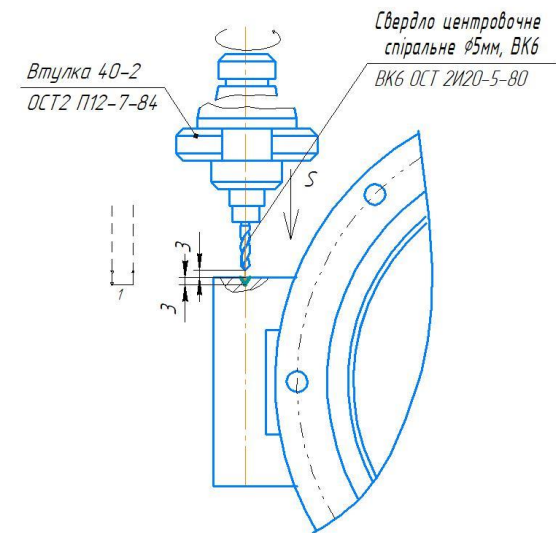
2.Разточити фаску 1X45°



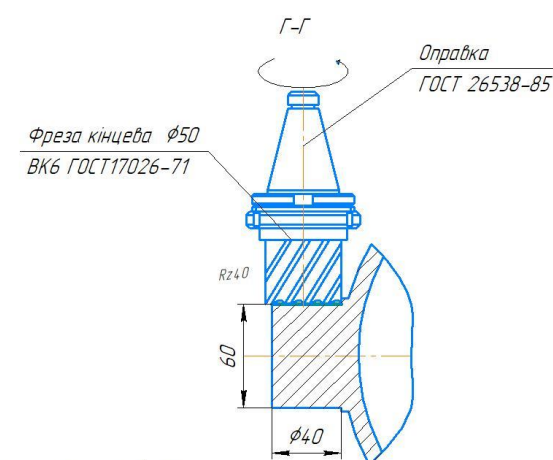
3.Фрезерувати торцеві в розмір 120мм



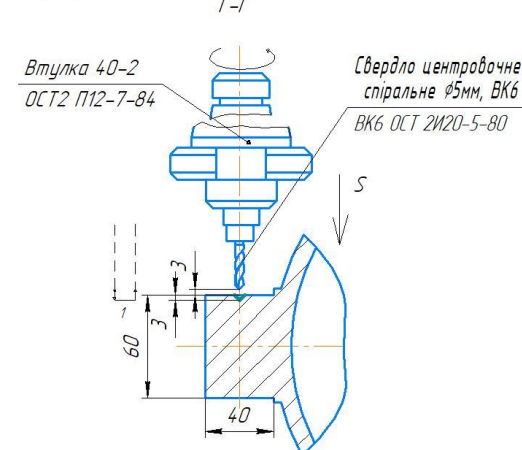
5.Зацентрувати отвір $\phi 18H11$



4.Фрезерувати торцеві в розмір $\phi 14$ мм

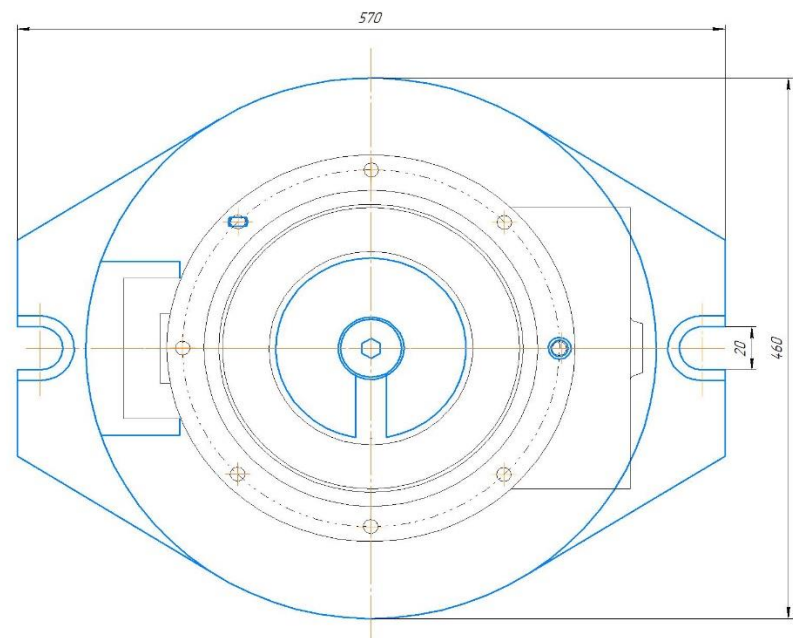


6.Зацентрувати отвір $\phi 18H11$



№	Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Режими різання				Норми часу
			t	s	V	n	
1	Фрезерувати торцеві в розмір 241,4 мм	Фреза кінцева $\phi 110$ z=9, ВК6	1,4	1,17	35	348	0,45
2	Разточити фаску 1X45° на $\phi 72H7$	Різець розточний ВК6 $\phi=45^\circ$ ГОСТ18882-73	1	0,20	225	995	0,02
3	Фрезерувати торцеві в розмір 121,4 мм	Фреза кінцева $\phi 40$ z=4, ВК6	1,5	0,72	40	510	0,62
4	Фрезерувати торцеві в розмір 61,4 мм	Фреза кінцева $\phi 40$ z=4, ВК6	1,5	0,72	40	510	0,62
5	Зацентрувати отвір $\phi 18H11$	Сверло центровочне спіральне $\phi 5$ мм ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1720	0,031
6	Зацентрувати отвір $\phi 18H11$	Сверло центровочне спіральне $\phi 5$ мм ВК6 ОСТ 2И20-5-80	2,5	0,18	27	1720	0,031

Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Карта наладок на операцію ОЗО			Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Колесникова И.			2204ВМФ4			Н		1:1
Проб.	Мельник О.Л.						Лист	Листов	1
Т.контр.							Житомирська Політехніка, ПМ-139		
Н.контр.							Формат А1		
Утв.	Мельник О.Л.						Копіював		



1. Гідросистему випробовувати під тиском 12 МПа.
2. Підтікання робочої рідини не допускається.
3. Робочий тиск рідини 10 МПа.
4. * Розміри для довідок.
5. $H_{T4}; h_{T4}; \pm \frac{H_{T4}}{2}$.
6. Точність розмірів контролювати періодично.

[illegible]

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Документация		
						Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
			1		Корпус	1		
					Детали			
			4		Прихват	1		
			5		Призма	1		
			6		Опора	1		
			7		Платик	1		
			8		Прихват	2		
			9		Коромысло	1		
			10		Палец	1		
					Стандартные изделия			
			11		Болт М10 ГОСТ 4751-73	2		
Взам. инв. №					Винты ГОСТ 11738-84			
			12		М8-6gx25.56	3		
			13		М16-6gx40.56	2		
			14		М16-6gx60.56	2		
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристрій багатоцільовий Лист Лист Листов 1 1 Житомирська політехніка Група ПМ-139			
	Разроб.	Колебанова ІЮ.						
	Пров.	Мельник ОЛ.						
	Н.контр.							
	Утв.	Мельник ОЛ.						

Разработчик: Колесбанова И.Ю.
 Проверил: Мельник О.Л.

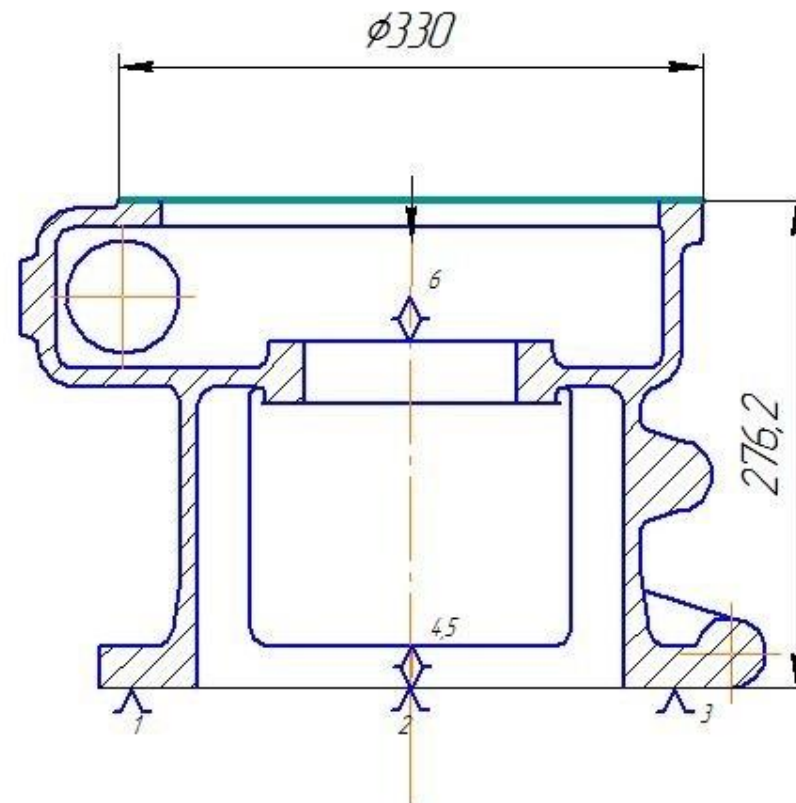
Н. контр.

Корпус

Н

010

Rz80



KE

Разраб Колебанова И.Ю.

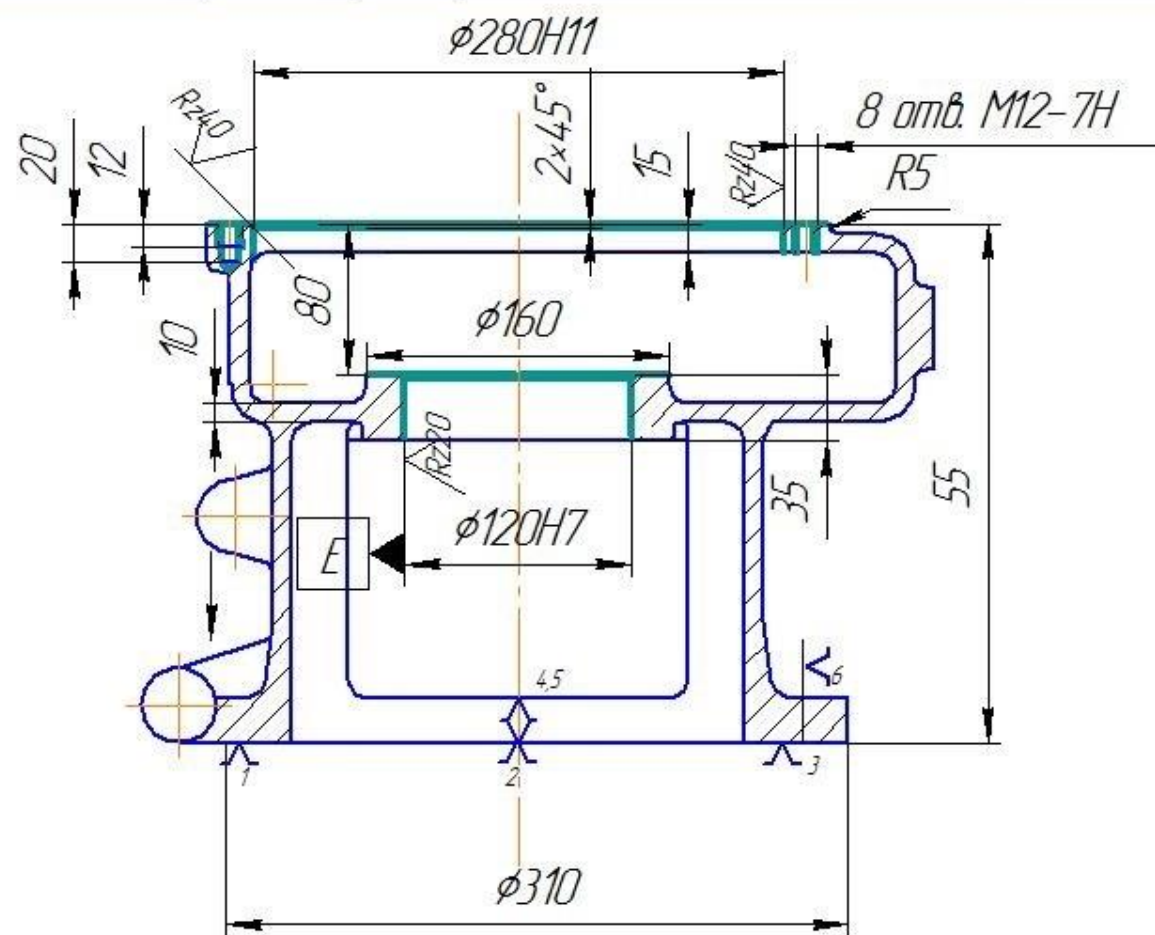
Перед Мельник О.Л.

Н. контр.

Корпус

Н

015



KE

Разраб Колесбанова И.Ю.

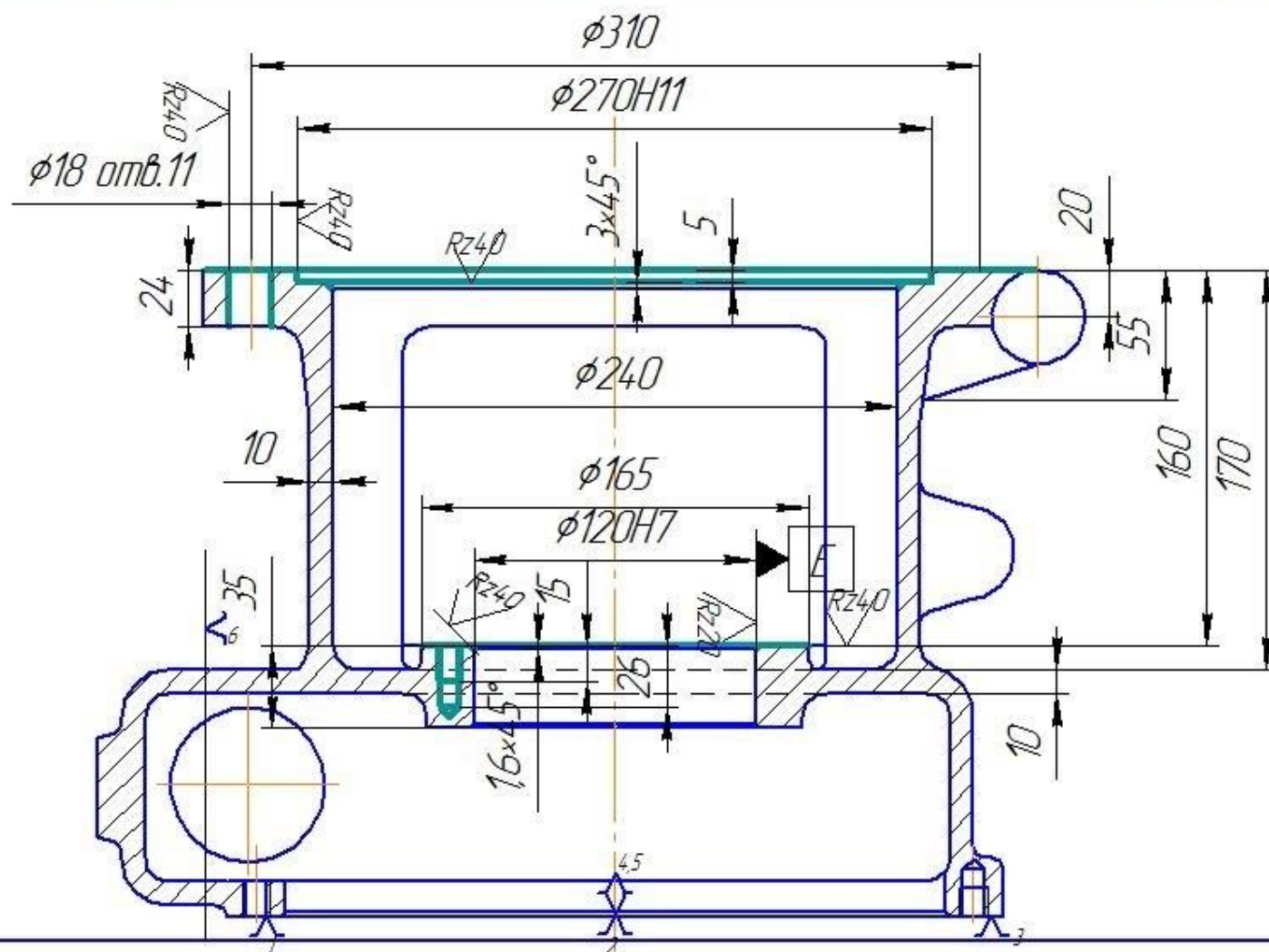
Перед Мельник О.Л.

Н. контр.

Корпус

H

020



KE

35	
36	