

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **«Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Циліндр-21ДП40006.06.00.002»**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВс-41
спеціальності _____

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Дунець О.В

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Шанайда В.В

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

Зміст

Реферат

Вступ

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання на проектування і обґрунтування напрямків роботи.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

1.2.1 Технічні умови на виготовлення

1.2.2 Технічні умови на складання

1.2.3 Опис конструкції та службового призначення деталі виробу для проектування технологічного процесу механічної обробки. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.

1.2.4 Характеристика матеріалу деталі

1.3 Огляд літератури

1.3.1. Огляд і аналіз фрезерних верстатів і їх основних вузлів.

1.3.2. Огляд і аналіз фрезерних верстатів з ЧПК за типами.

1.3.3. Автоматизація фрезерних верстатів з ЧПК.

1.3.4. Механізми автоматичної зміни інструментів.

1.3.5. Пристрої зміни інструментів у верстатах із ЧПК.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу

2.3 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструменту

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка кінематичної схеми верстату

3.1.1 Визначення граничних швидкостей різання та частот обертання шпинделя

3.1.2 Вибір ряду частот обертання шпинделя

3.1.3 Кінематичний розрахунок коробки швидкостей верстата

3.1.4 Побудова структурних сіток

3.1.5 Побудова графіка частот обертання

3.1.6 Проектування приводу головного руху

3.1.7 Розрахунок валів

3.1.8 Розрахунок підшипників

3.1.9 Розрахунок шпонкових з'єднань

3.1.10 Розрахунок шліцьових з'єднань

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>м. Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр. МВс-41</i>		

3.2 Автоматичне конструювання пари зубчастих коліс.

3.2.1. Опис алгоритму розрахунку модуля прямозубої зубчатої передачі

4. Безпека Життєдіяльності, Основи Охорони Праці

4.1. Розрахунок заземлення

4.2. Безпека Життєдіяльності

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Реферат

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Циліндр-21ДП40006.06.00.002» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Дунець Олег Володимирович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2023.

Ключові слова: циліндр , механічна обробка, режими різання, кінематична схема, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі бакалавра приведено технологічні розрахунки на технологічну операцію «Вертикально фрезерна з ЧПК» для деталі «Циліндр». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху верстату. Virішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Summary.

Machine tool and tooling support for machining the part "Cylinder-21DP40006.06.00.002" // Bachelor's thesis. Dunets Oleh Volodymyrovych. Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Department of Machine Tool and Machine Design, group MVs-41: TNTU, 2023.

Keywords: cylinder, machining, cutting modes, kinematic diagram, gearbox.

In the bachelor's qualification work, technological calculations for the technological operation "Vertical milling with CNC" for the part "Cylinder" are given. The kinematic scheme of the machine was developed. The design of the machine's main motion drive was carried out. Occupational health and safety issues were resolved.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>м.Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр.МВс-41</i>		

ВСТУП.

Машинобудування є основою науково-технічного прогресу в різних областях народного господарства. Безперервне вдосконалення і розвиток машинобудування зв'язані з прогресом верстатобудування, оскільки металорізальні верстати разом з декількома іншими видами технологічних машин забезпечують виготовлення будь-яких нових видів обладнання.

Верстати займають особливе місце серед таких машин-знарядь, як текстильні, транспортні, машини легкої промисловості, поліграфічні і інші, оскільки вони призначені для виготовлення деталей інших машин, тобто для виробництва засобів виробництва. Тому верстатобудування називають основою машинобудування.

Конструкції створюваних верстатів повинні бути перспективними, тобто відповідати вимогам завтрашнього дня. При розробці нового верстата треба закласти в проектування певний запас досконалості і новизни рішень його основних елементів в порівнянні з уже існуючими. Конструктор, який проектує сучасний верстат, повинен приймати оптимальні технічні рішення як по його окремих елементах, так і по верстату в цілому. До цих елементів можуть бути віднесені: несучі системи, приводи головного руху і подач, шпиндельні вузли, системи управління, пристрої заміни інструменту, завантаження і розвантаження. Вони мають різні функціональні призначення і специфіку проектування. Для синтезу оптимальної конструкції будь-якого вузла чи верстату обов'язкова наявність розробленої системи критеріїв оптимальності. Ці критерії залежать від вимог до верстата, що проектується, якості і точності оброблюваних деталей, властивостей використовуваних інструментів, призначення вузлів а також від техніко-економічних показників. При визначенні критеріїв повинні враховуватись тенденції розвитку верстатів даної групи і його основних елементів, та останні результати науково-технічного

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”			
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>м. Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр. МВс-41</i>		

прогнозування, повинні бути проведені комплексні технологічні дослідження, статистичний аналіз умов експлуатації верстатів і т.д.

Створення оптимальної конструкції сучасного верстата можливе тільки при автоматизації проектування, оскільки традиційний метод ручного проектування забезпечує лише створення працездатних конструкцій, а не оптимальних чи раціональних. При розробці конструкції верстата конструктору треба встановити оптимальні конструктивні рішення. Як відомо, при ручному методі розрахунку і конструювання деталей та вузлів верстатів робиться ряд спрощень і не враховуються всі фактори й не розглядаються всі можливі варіанти конструкцій. Використання ЕОМ дозволяє збільшити число факторів і дає можливість добиватись оптимальних рішень.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз завдання на проектування і обґрунтування напрямків роботи.

Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи механічних передач є поява та успішне застосування різних конструкцій коліс з модифікаціями їх геометричного профілю, використання нових композиційних матеріалів. У наш час відома велика кількість способів таких модифікацій, галузі застосування яких постійно збільшуються. Однак існуючі підходи модифікації не задовольняють практику створення нової техніки, тому що не мають загальної концепції розрахунку та проектування. Тому задача розвитку теорії модифікації різних видів передач є актуальною та має важливе наукове, та практичне значення.

В умовах серійного і дрібносерійного виробництва однією з найважливіших народногосподарських задач є технічне і технологічне переозброєння машинобудування, подальше розширення технологічних можливостей, підвищення продуктивності, точності, надійності і довговічності верстатів.

З урахуванням збільшення питомої ваги дрібносерійного і серійного виробництв для успішного розв'язання задач, що стоять перед машинобудуванням, необхідне подальше підвищення гнучкості, розширення технологічних можливостей токарних автоматів, у тому числі тих, що вмонтовуються в ГВС, за рахунок удосконалювання їх вузлів, механізмів і оснащення.

Сучасні різальні інструменти, оснащені пластинами з твердих сплавів чи надтвердих матеріалів, допускають високу швидкість різання.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>м. Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр. МВс-41</i>		

Тому для збільшення продуктивності обробки сучасні верстати з ЧПК забезпечують високі частоти обертання шпинделя (до 6000-10000 хв⁻¹). Однак із збільшенням частоти обертання шпинделя верстата збільшується дія відцентрових сил, що зменшують силу затиску і вимагають нових конструкцій механізму закріплення інструмента.

Створення нових і удосконалення існуючих верстатів дозволяє істотно підвищити техніко-економічні показники верстатів із ЧПК і розширити їхні можливості в умовах серійного і дрібносерійного виробництва.

Усе вищевикладене обумовило актуальність і основні напрямки даного проекту.

Мета і завдання кваліфікаційної роботи. *Метою роботи є підвищення довговічності та продуктивності верстата шляхом збільшення жорсткості шпиндельного вузла і підвищення надійності роботи основних його вузлів за рахунок спрощення конструкції коробки швидкостей та шпиндельного вузла вертикально - фрезерного верстата, зменшення маси і металоємності.*

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено наступні завдання:

- провести аналіз теоретичної бази для проектування структурних елементів вертикально-фрезерних верстатів;
- провести аналіз схем формоутворення для їх подальшої реалізації на проектуваному верстатному обладнанні;
- провести аналіз та оптимізацію компоувальної схеми проектуваного верстата;
- виконати технологічний аналіз об'єкта виробництва, виконати комплекс розрахунків для визначення навантажень у процесі механічної обробки;
- провести кінематичний розрахунок приводу головного руху верстата;
- провести конструювання окремих елементів верстатного обладнання;
- розробити конструкції технологічного оснащення для реалізації технологічного процесу механічної обробки деталі " Циліндр-21ДП40006.06.00.002";

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- провести автоматизовані розрахунки з використанням засобів САПР;
- розробити заходи з охорони праці при використанні проектованого верстатного обладнання у виробничому процесі;
- розробити заходи з безпеки життєдіяльності в умовах механообробного виробництва;

Об'єкт проектування. Кінематичний ланцюг приводу головного руху.

Предмет аналізу. Кінематичні та силові фактори, які виникають у кінематичному ланцюгу приводу головного руху.

Для досягнення цієї мети в кваліфікаційній роботі запропоновано ряд удосконалень вузлів і механізмів верстата. У вузлі шпindelна головка: після розрахунку максимально можливої сили різання при торцевому фрезеруванні розрахована оптимальна відстань між опорами шпинделя.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Роликовий амортизатор - це пристрій, що використовується в автомобільній промисловості для зменшення вібрації та шуму, які виникають при русі автомобіля. Він складається з ролика, який котиться по поверхні з виступами, та амортизатора, який поглинає енергію від удару ролика та зменшує вібрацію. Роликові амортизатори дозволяють забезпечити більш комфортну їзду для водіїв та пасажирів, а також зберегти від пошкоджень внутрішні елементи автомобіля від пошкоджень, що можуть виникнути в результаті вібрації. Вони також застосовуються в різних інших галузях, наприклад, у виробництві електроніки та медичних пристроїв.

1.2.1 Технічні умови на виготовлення.

Механічна обробка деталей повнна проводитись відповідно до робочих креслень, технологічного процесу і відповідних стандартів. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів по Н14, валів по h14, решту по $\pm IT14/2$. Шорсткість оброблених поверхонь повинна відповідати кресленням і ГОСТ

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2789. Шорсткість поверхні циліндра повинна бути не вище Ra6,3 мкм, внутрішні поверхні не нижче Ra2,5 мкм.

Відхилення від круглості та циліндричності внутрішніх поверхонь циліндра не повинна перевищувати граничних відхилень на діаметр. Відхилення від співвісності внутрішньої та зовнішньої циліндричних поверхонь не повинна перевищувати 0,05 мм.

Овальність і конусність профіля не повинна перевищувати граничних відхилень на діаметр. Кільцеві та поздовжні риси, що видимі неозброєним оком на поверхнях тертя штоків та втулок циліндрів не допускаються. Оброблені поверхні не повинні мати механічних пошкоджень. Гострі кути та ребра повинні бути притуплені радіусом 0,2...0,5 мм.

1.2.2 Технічні умови на складання.

Перед складанням всі деталі та складальні одиниці повинні бути очищені від забруднень, промиті обезжирюючим складом, продуті стисненим повітрям. Перед складанням гумові кільця, манжети повинні бути покриті змазкою ЦИАТИМ 221 або іншою змазкою, що має вказівки до використання або оливою індустріальною по ГОСТ 20799.

Ступінь герметичності повинен відповідати вимогам ГОСТ 14896.

Оброблені та робочі поверхні не повинні мати слідів корозії, рисок, забоїн, подряпин, а також пошкоджень, що впливають на функціональність або погіршують зовнішній вигляд насоса.

Не допускаються пошкодження на етапі складання виробу. Деталі рухомих з'єднань повинні легко переміщатись від руки. Привід повинен відповідати вимогам безпеки.

1.2.3 Опис конструкції та службового призначення деталі виробу для проектування технологічного процесу механічної обробки. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Опис конструкції та службового призначення деталі. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь

Деталь «Циліндр-21ДП40006.06.00.002» служить корпусом для пружини і для основного механізму амортизації пристрою. Деталь має форму циліндра. Крім цього в циліндричній поверхні нарізані пази для призматичної шпонок, також на циліндрі розташовано 6 отворів $\varnothing 9$ для закріплення його до деталі «Корпус», та 6 отворів М8 для закріплення до ного деталі «Стакан». Вивчаючи креслення деталі з точки зору якості поверхонь, можна виділити основні та допоміжні поверхні, що обробляються механічно.

До основних поверхонь можна віднести:

- отвір $\varnothing 30H6$, що служать посадочним місцем для деталі Шток.
- отвір $\varnothing 64F7$, що служить посадочним місцем для деталі Стакан.
- торець 185H14 що служать корпусом деталі.

До допоміжних поверхонь можна віднести:

- отвори $\varnothing 9$ мм;
- отвори М8 6G.
- шпонковий паз 8P8.

Аналіз технічних вимог всіх розмірів поверхонь деталі зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні	Позначення поверхні	Точність (квалітет, ступінь)	Шорсткість
1	2	3	4
1,2	Торці 180	14	Ra6.3
3	Отвір $\varnothing 30$	8	Ra3.2
4	Отвір $\varnothing 64$	7	Ra2.5
5	Торець 130	14	Ra6.3
6-11	Фаска 1x45°	14	Ra6.3

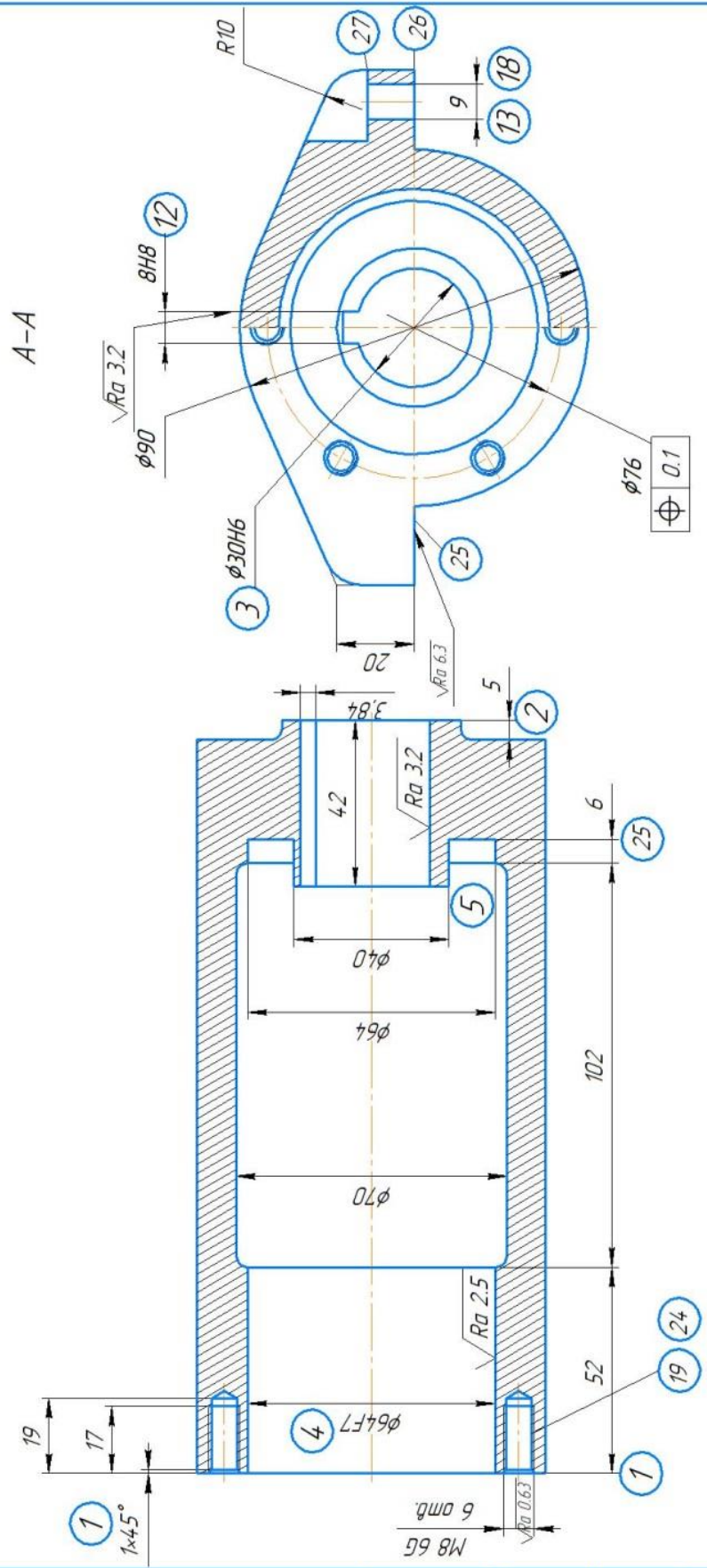
					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

12	Шпонковий паз 8	8	Ra3.2
13-18	Отвори Ø9	14	Ra0.8
19-24	Отвори M8	14	Ra0.63
25,26	Торець 20	14	Ra6.3
27-32	Уступи 10	14	Ra6.3
33	Циліндр Ø64	14	Ra6.3

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

21.ДП.4.0006.06.00.00.002

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)



Мнб. № подл.	Підп. у дата	Взам. унб. №	Мнб. № уділ.	Мнб. унб. №	Мнб. № уділ.	Підп. у дата
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Мнб. № подл.	Мнб. № докум.	Підп.	Дата

21.ДП.4.0006.06.00.00.002

Формат А3

Копіювал

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.2.4 Характеристика матеріалу деталі

У відповідності до креслення деталей виготовляється з сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Хімічний склад матеріалу вибираємо з [1] С.102, табл.156 і заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85, в %

P	Si	Mn	C	S
до 0,2	2-2,4	0,5-0,8	3,5-3,7	до 0,15

Механічні властивості матеріалу вибираємо з [1] С.102, табл.157 і заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85

Межа міцності МПА, при			Твердість по Брінелю
розтягненні	стиснені	крученні	
σ_B,	$\sigma_{ст}$,	τ,	
150	650	240	163-229

Використання в промисловості: застосовується для виготовлення виливків блоків циліндрів в автомобілебудуванні; основ верстатів, салазок, столів в верстатобудуванні; зубчастих коліс, рам редукторів, муфт зчеплення, парових циліндрів і інших середньонавантажених деталей в машинобудуванні; виливків деталей трубопровідної арматури і приводних пристроїв до неї; виливків деталей гірничо-металургійного устаткування; частин литих трубопроводів. Матеріал добре обробляється механічно і забезпечує добрі експлуатаційні характеристики. Виходячи з поданої характеристики і умов роботи деталі, можна стверджувати, що матеріал деталі вибрано правильно.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.3 Огляд спеціальної літератури.

За даними літератури [1, 2, 3, 4] розглядають такі основні напрямки розвитку конструкцій металорізальних верстатів, а саме: підвищення продуктивності верстатів шляхом інтенсифікації режимів обробки і скорочення допоміжного часу; підвищення точності обробки шляхом розширення номенклатури прецизійних верстатів, а також створення нових конструкцій, які відповідають вимогам галузей машинобудування; підвищення рівня механізації і автоматизації верстатів за рахунок суттєвого розширення в типажі номенклатури верстатів-автоматів і напівавтоматів і скорочення номенклатури широко-універсальних верстатів з ручним керуванням; розширення технологічних можливостей металорізальних верстатів за рахунок їх комплектації необхідною номенклатурою пристосувань; підвищення надійності та довговічності верстатів за рахунок вдосконалення їх конструкцій і технологій виготовлення, а також широкого використання сучасних комплектуючих виробів і матеріалів; створення нових спеціалізованих верстатів, які відповідають вимогам виробництва.

Розробка сучасного високопродуктивного та точного металорізального верстата висуває все більші основні вимоги до вузла [5, 6]. Зокрема, для приводів головного руху та подачі висуваються такі вимоги: Підвищена жорсткість, підвищена точність складання шпинделя, обертання валу та ін. Верстати повинні мати потенціал для високопродуктивного виробництва без ручної обробки деталей, які повинні відповідати сучасним і все більш високим вимогам до точності їх виробництва.

У більшості машин в якості головного приводу використовується коробка передач зі ступінчастим регулюванням частоти обертання [6]. Як правило, цей вузол приводиться в рух асинхронним електродвигуном. До основного приводу пред'являються такі вимоги: Забезпечує необхідну продуктивність різання, підтримує постійну швидкість коробки передач і продуктивність різання коробки крутного моменту, забезпечує заданий

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

діапазон регулювання швидкості, забезпечує високу ефективність, надійність, легкість обслуговування та невеликі розміри.

Для обробки деталей машин різного розміру фрезерними верстатами та численними різальними інструментами з різними властивостями різання. Для отримання оптимального режиму різання в технічній роботі необхідно змінювати частоту обертання шпинделя до [7, 8, 9, 10, 11]. Проміжну частоту можна постійно локалізувати (поступово) між найвищою та найнижчою частотами обертання шпинделя або східчасто (уривчасто). Плавне регулювання швидкості дозволяє використовувати раціональні режими різання з найвищим рівнем точності. Постійне регулювання спрощує конструкцію машини. В якості безступінчастого електроприводу використовується двигун постійного струму.

Покрокове керування дозволяє встановлювати обмежену кількість частот обертання в заданих межах. З цієї причини обсяг регулювання не завжди встановлюється в розумний спосіб або в максимальній відповідності до визначених потреб. Компактний, простий і ефективний кроковий механізм перевершує безперервний регулятор.

1.3.1. Огляд і аналіз фрезерних верстатів і їх основних вузлів.

Фрезерні верстати з ЧПК призначені для обробки плоских просторових деталей складної геометрії.

Конструкції фрезерних верстатів із ЧПК розрізняються за розташуванням шпинделя (горизонтальне чи вертикальне), за числом координатних переміщень столу чи фрезерної бабки, за числом використовуваних інструментів та спосіб їх кріплення до машини (вручну чи автоматично).

Наші фрезерні верстати з ЧПК використовують єдину систему розмітки координат, рекомендовану ISO (Міжнародна організація зі стандартизації). У цих верстатах різальний інструмент обертається, а рухомі частини верстата рухаються лінійно в межах декартової системи координат XYZ і осі обертання інструмента (фрези) збігається з віссю Z.

Координатну систему, у якій переміщається позначає інструмент, XYZ і систему координат, де переміщається заготовка, X"Y"Z". Напрямок

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

переміщення інструмента і заготовки вважається позитивним якщо при цьому вони вдаряються друг об друга.

У верстатах, що обробляють тіла, площини та інші заготовки, що не обертаються під час обробки, положення осей координат визначається за правилом правої руки.

Великий палець — вісь X, вказівний — вісь Y, а середній палець — вісь Z (рис. 1.1). Для визначення координат руху верстата прийнято вважати, що праву руку (тильну) кладуть на оброблювану площину заготовки так, щоб середній палець зігнутий наполовину збігався з віссю обертання інструменту (+Z) ; потім великий палець буде вказувати на +X; а напрямок вказівки –

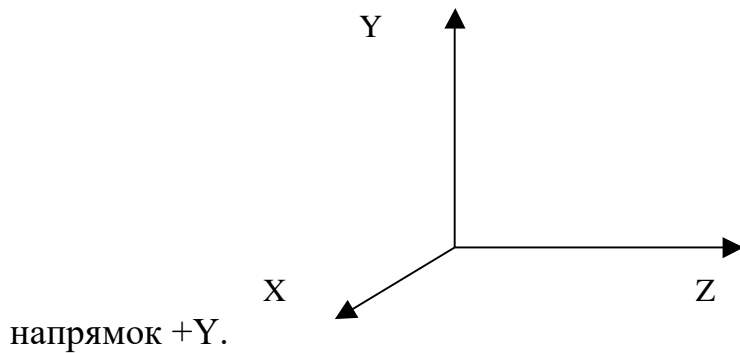


Рисунок 1.1. Положення координатних осей

Крім переміщень по основних координатних осях X, Y і Z можна переводити (W, W'') і обертати (B, B'') щодо вторинних осей, рівнобіжних основним (рис.1.2,а і б).

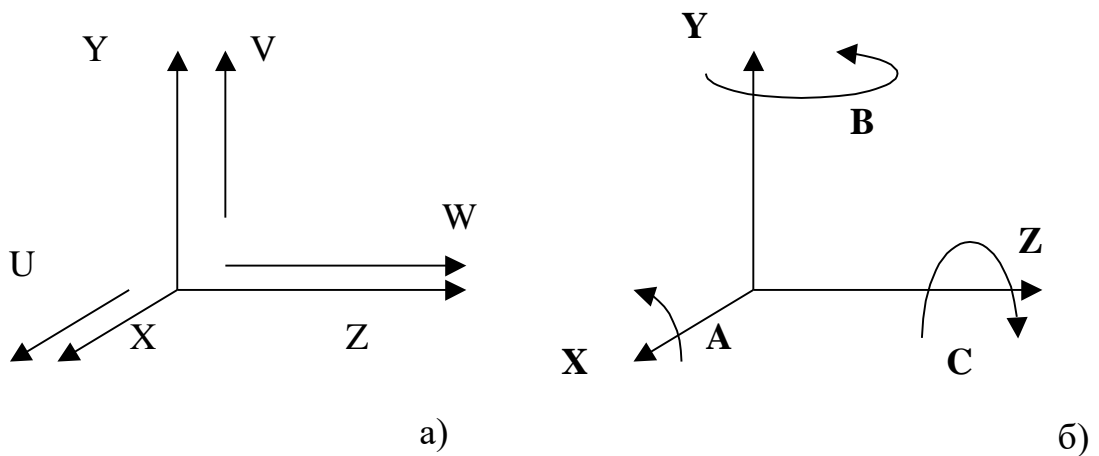


Рисунок 1.2. Положення координатних осей

1.3.2. Огляд і аналіз фрезерних верстатів з ЧПК за типами.

Фрезерний верстат – це верстат для обробки металевих і інших деталей фрезою при поступальному переміщенні заготовки.

Фрезерні верстати призначені для обробки плоских фасонних поверхонь фрезою - багатолезовим інструментом, ріжучі кромки якого знаходяться на поверхні тіла обертання або на його кінці. Основним рухом у фрезерному верстаті є обертання різця, а рухом подачі є відносний рух різця та заготовки.

Відповідно до класифікації фрезерні верстати відносяться до 6-ї групи.

Фрезеруванням обробляють різні за формою і розмірами деталі зі складними поверхнями. Усе це обумовлює велику конструктивну розмаїтість фрезерних верстатів. Залежно від розташування вузлів верстата (компоновки) розрізняють консольні і безконсольні фрезерні верстати. Основною конструктивною відмінністю консольно-фрезерних верстатів є наявність консолі, що переміщається у вертикальному напрямку по напрямних станини. На консолі виконані горизонтальні напрямні, по яких рухаються салазки, що несуть стіл, на якому закріплюють заготовку.

Консольні горизонтальні універсальні верстати відрізняються тим, що на салазках установлена проміжна поворотна плита, по горизонтальних напрямних якої переміщається стіл.

Шпиндель верстата розташований горизонтально, а на станині змонтований хобот, що несе підтримуючу скобу. Фрезу або набір фрез закріплюють в оправці, один кінець якої встановлюють у шпиндель, а інший – в отвір скоби.

Широкоуніверсальний горизонтально-фрезерний верстат відрізняється наявністю додаткової шпиндельної головки, змонтованої на висувному хоботі. Голова може повертатися на будь-який кут у вертикальній площині. Наявність верхньої фрезерної головки зі шпинделем, що обертається під будь-яким кутом до горизонтальної площини, додатково додає універсальності верстата. Ці машини не мають вертушки .

Вертикальний консольно-фрезерний верстат має вертикально

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розташовану шпindelну головку, яка може обертатися у вертикальній площині. Відомий такий тип механічної конструкції, в якій шпindel рухається в осьовому напрямку .

Безконсольні вертикальні і горизонтально-фрезерні верстати відрізняються тим, що салазки, що несуть стіл, переміщуються по горизонтальних напрямних станини, а шпindelна бабка переміщається у вертикальному напрямку по направляючим стійки.

Поздовжньо-фрезерні верстати (одностійкові і двохстійкові) призначені для обробки великогабаритних деталей в основному торцевими фрезами. По горизонтальних напрямних станини переміщається стіл, а шпindelні головки переміщуються по стійках порталу, зв'язаного балкою, чи по напрямних поперечки, що переміщається по напрямних порталу.

Карусельно-фрезерні верстати призначені для обробки поверхонь різних деталей торцевими фрезами в умовах масового, крупносерійного виробництва. Верстат може мати один чи кілька шпindelів. В останньому випадку в один зі шпindelів установлюють фрезу для чистової обробки. Стіл, що переміщається, надає встановленим на ньому деталям рух подачі. Таким чином, деталі послідовно вводять у зону обробки. Стіл, крім того, має установочне поперечне переміщення разом із салазками по напрямних станини.

Барабанно-фрезерні верстати використовується при обробці поверхні об'ємних деталей кузова і крупносерійного виробництва. Оброблювані заготовки закріплюють на обертовому барабані й одержують від нього рух подачі, чотири фрезерні головки (дві верхніх – для чорнової обробки, а дві нижні – для чистової) установлені на двох стійках і переміщуються по вертикальних напрямних.

Копіювально-фрезерні верстати призначені для фрезерування складних форм, геометрій, поверхонь, таких як турбінні лопатки, кошики, металеві моделі, копіювальні машини та некруглі заготовки з коліс. Процес обробки здійснюють по копію, дія якого на копіювальний пристрій викликає відповідне

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

переміщення інструмента щодо головки. Як копій може служити шаблон, модель, еталонна деталь. Копій через копіювальний палець чи ролик, а також через фотоелемент впливає на виконавчі органи, при цьому фреза і заготовка у відносному русі відтворюють поверхню, задану на копірі.

Існують два види копіювального фрезерування – контурне й об'ємне. При контурному копіюванні крива копіра може розташовуватися в площині, яка паралельна чи перпендикулярна осі фрези. У першому випадку стіл із заготовкою і копіром переміщається в подовжньому напрямку, а спостереження за зміною кривої здійснюється за рахунок вертикального переміщення копірного пальця і фрези (чи столу). В другому випадку стіл із заготовкою і копіром переміщається в подовжньому і поперечному напрямках відповідно формі кривої копіра.

До фрезерних верстатів відносяться шпонково-фрезерні, фрезерно-центрувальні, торцефрезерні й інші.

Шпонково-фрезерні верстати призначені для фрезерування шпонкових канавок кінцевими фрезами. Фрезерно-центрувальний верстат використовується для фрезерування та центрування кінців обох сторін рулону, який потім обробляється на токарному верстаті.

Крім розглянутих фрезерних верстатів, промисловість випускає і багато інших спеціалізованих агрегатних верстатів. Окрему групу становлять зубофрезерні та різьбофрезерні верстати для нарізування зубчастих коліс і різьби.

1.3.3. Автоматизація фрезерних верстатів з ЧПК.

Одним з напрямів автоматизації металообробки в мало- і великосерійному виробництві, що забезпечує значне підвищення продуктивності праці, зниження витрат і підвищення якості продукції, є впровадження верстатів з ЧПК. .

Основними перевагами верстатів з ЧПК є:

Оздоблення деталей на одному верстаті без переналагодження чи

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

повторного встановлення, звільнення кількох верстатів загального призначення та кваліфікованих операторів верстатів, скорочення часу підготовки, зменшення потреби в спеціальному обладнанні та інструментах, а також маркування для зменшення дефектів і покращення якості обробки. Широке використання верстатів з ЧПК призвело до серйозних змін у всій організації виробництва, оскільки це дозволяє обслуговувати декілька верстатів, швидко переходити до виробництва нових продуктів, вдосконалювати та покращувати якість виробничих процесів, а також скорочувати цикли обробки виробів. , запровадження калькуляційно-технічних норм, зменшення кількості каторжних робіт.

Сучасний верстат з ЧПК являє собою самокеровану робочу машину, органічно зв'язану калькулятор реального часу і перетворює дискретні сигнали інформації в дискретні сигнали керування.

Верстати з ЧПК також є автоматами і відрізняються лише перетворенням інформації.

Процес перетворення верстата з ЧПК складається з перетворення дискретного сигналу в дискретний сигнал, що має дві основні переваги.

1 - Здатність виконувати складні рухи через контроль кількох координат.

2 – Абстрактний і явний характер інформації дозволяє автоматизувати процеси програмування та автоматизувати складні послідовності за допомогою комп'ютера.

дизайн → програмування → виробництво.

Багатофункціональний верстат з ЧПК використовується для обробки складних заготовок різними типами інструментів, автоматично змінюючи і фіксуючи ріжучий інструмент і заготовку, забезпечуючи одноциклову обробку з різних сторін.

Для комплексної обробки складних деталей в умовах масового і великосерійного виробництва верстати-автомати об'єднують в автоматичні лінії.

1.3.4. Механізми автоматичної зміни інструментів.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Фрезерний верстат з ЧПУ оснащений інструментальним приводом, який може значно скоротити допоміжний час і підвищити точність обробки. Інструменти виконуються за межами підприємства, а інформація про фактичні розміри вводиться в калібрувальні пристрої системи керування перед початком обробки. Це дозволяє повністю автоматизувати обробку заготовок.

На верстаті ФП-27С інструментальний магазин знаходиться на лівій стороні каретки, а механічна рукоятка для зміни інструментів - на передній лівій стороні каретки. Цикл установки і заміни інструменту відбувається в наступному порядку:

1) Механічний важіль переміщується у верхнє ліве положення та регулюється так, щоб його рукоятка знаходилася в одній площині з основою інструментального магазину. 2) Навантажувач «знаходить» необхідний інструмент (програмоване гніздо) і переносить його з гнізда на ручку механічної руки. 3) Механічна рука з інструментом переміщується в нижнє положення (у той же час фрезерна головка знаходиться у верхньому положенні) і обертається, щоб вставити інструмент у шпindel. Потім рука повертається в початкове положення нового інструменту.

1.3.5. Пристрої зміни інструментів у верстатах із ЧПК.

Містять накопичувач необхідних інструментів (шпindelна головка, багатопозиційний різцетримач, інструментальний механізм - магазин, стружкотримач), автоматичний оператор або контролер із затискачами механізму та органами управління забезпечують автоматичний цикл пошуку необхідного інструменту, передачі його в робочу зону верстата, встановлюючи його в заданому положенні в шпindelі або тримачі інструменту, контролюючи стан стану під час робочого циклу та повертаючи в кінці циклу для зберігання або зберігання.

Ці пристрої повинні забезпечувати точність і стабільність положення інструменту в шпindelі або фрезотримачі, жорсткість і надійність кріплення, мінімальний час на зміну інструменту, достатню ємність акумулятора

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

інструмента, компактність конструкції, можливості уніфікації та синтезу. Конструкції пристроїв для зміни інструментів різноманітні і можуть бути виконані з автоматом (оператором) або без нього.

Механізм автоматичної зміни інструментів, установлений на верстаті моделі ГФ2171С5 складається з автономного ланцюгового магазину на 30 (за замовленням 60) кодованих гнізд (у який розміщені інструментальні оправки конусом униз), проміжного маніпулятора, автооператора і механічної руки. При розміщенні оправок без пропуску гнізд найбільший діаметр встановлюваного інструмента – 125 мм, із пропуском гнізд - 200 мм. Поворот магазину здійснюється від електродвигуна постійного струму.

Пошук необхідного гнізда виконується по найкоротшому шляху від гнізда до позиції зміни інструмента. Вихід його в позицію зміни контролюється круговим датчиком ВЕ17А5, установленому на веденій зірочці магазину. Для фіксації обраного гнізда відкривається замок, що закріплює оправки.

Далі проміжний маніпулятор, що знаходиться в позиції чекання, захоплює за конус оправку з обраним новим інструментом і виймає її з гнізда магазину. Після виходу шпindelної бабки в позицію зміни інструмента і виконання нею команди «Орієнтація шпинделя» проміжний маніпулятор повертається, підводячи оправку (конусом ввєрх) до автооператора, двоплєчова рука якого одночасно захоплює цей інструмент і той, що встановлений у шпинделі. Вона витягає оправку з інструментом із шпинделя і захвату маніпулятора, змінює їх місцями і вставляє в захват і шпиндель, де вони фіксуються і затискуються. Далі рука повертається у вихідне положення, а проміжний маніпулятор перевертає оправку з інструментом, що відпрацював, конусом униз, уставляє її в підготовлене гніздо магазину і повертається у вихідне положення.

Пристрій, що працює без автооператора, найчастіше являє собою багатопозиційний різцетримач, чи реверсивні шпindelні головки, у яких попередньо встановлюють необхідний набір інструментів. У процесі обробки деталей на верстаті різцетримач чи револьверна головка періодично

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

повертаються і фіксуються. Залежно від напрямку осі обертання вони можуть бути горизонтальними, вертикальними чи похилими. На відміну від різцетримача з нерухомо закріпленим інструментом у револьверних головках шпиндель, що знаходиться в робочій секції, приводиться в обертання від головного привода верстата.

Поворотні різцетримачі і револьверні головки забезпечують швидку зміну інструментів (час зміни 1-3сек.), відрізняються простою конструкцією і можливістю уніфікації й агрегатно-модульною побудовою. Однак число інструментів у цих пристроях обмежене (до 6-12шт.), тому що зі збільшенням числа позицій зростають габаритні розміри, знижується жорсткість конструкцій і зменшується робоча зона верстата.

Щоб підвищити жорсткість шпинделя і збільшити його хід, використовуються поворотні опорні головки для розміщення на ньому єдиного набору змінних інструментальних патронів. Однією з таких турелей був інструментотримач, розташований безпосередньо над бабкою шпинделя.

Більшість багатопозиційних верстатів із ЧПК мають пристрій з магазином інструментів із спільно виконаним з ним автооператором. Якщо інструментальний магазин великої місткості являє собою автономний пристрій, то додатково наявні автоматичні транспортуючі механізми, транспортні маніпулятори чи візки для переміщення обраного в магазині інструмента в позицію захоплення його автооператором і повернення замінного інструмента в магазин.

Конструктивна схема пристрою зміни інструментів у значній мірі залежить від типу магазину, що, у свою чергу, визначається числом розташовуваних інструментів. При відносно невеликій місткості (не більш 20...25 інструментів) застосовують дискові інструментальні магазини, розташовувані безпосередньо на шпиндельній бабці верстата. Такі магазини можуть бути з різним розташуванням інструментів відносно осі обертання диска: рівнобіжним, радіальним чи похилим.

При більшій кількості інструментів (до 40 – 50) доцільно

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

використовувати багатосекційні барабанні чи планетарні магазини, що являють собою або багаторядні дискові пристрої, або багатопозиційні інструментальні пристрої – головки, у кожній з позицій яких встановлюється поворотний дисковий магазин з невеликим числом (4 – 6 шт.) інструментів. Багатосекційні інструментальні магазини встановлюють безпосередньо на верстаті на окремій стійці. При подальшому збільшенні місткості (до 100 – 140 шт. і більше) необхідно застосовувати ланцюгові магазини, встановлювані на колоні верстата чи на окремій основі.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок режимів різання.

Згідно завдання необхідно розрахувати режими різання табличним методом на 3 операції, причому показати розрахунок для одного технологічного переходу.

Всі показники режимів різання звести в таблицю.

Для розрахунку режимів різання візьмемо розроблену операцію

Для розрахунку режимів різання візьмемо розроблену операцію

010 □ Фрезерна з ЧПК, перехід 14- зенкерувати отвору попередньо, витримуючи розміри $\varnothing 29.7^{-0,084}$

Для обробки вибрано зенкер $\varnothing 29.7$; $L=68$; $z=4$

Геометричні параметри робочої частини:

$\gamma^\circ = 0$; $\alpha = 8^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $\omega = 10^\circ$; $\gamma = 0,8$; $\varphi_1 = 30^\circ$, матеріал- твердий сплав ВК8.

Форма передньої поверхні □ плоска з канавкою і фаскою.

Проводимо розрахунок режимів різання за рекомендацією [12] ст. 136, матеріал- твердий сплав ВК8.

табл. 3.1.

1) Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + y + l_{дод.} \quad (2.1)$$

де, $l_{різ.}$ - довжина отвору з креслення; $l_{різ.}=42$ мм.

$y = 5 \cdot 2 = 10$ мм - довжина врізання, підводу і перебігу інструменту в двох отворах послідовно.

$l_{дод.} = 0$ – додаткова довжина, пов'язана з конструкцією деталі.

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + y + l_{дод.} = 42 + 10 = 52 \text{ мм}$$

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>						
<i>Рецензент</i>					Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21 ДП40006.06.00.002” <i>м.Тернопіль ТНТУ</i> <i>ФМТ, гр.МВс-41</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>						

2) Глибина різання:

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ мм.}$$

де, $d=28$ мм- розмір отвору заготовки.

$$t = \frac{29.7 - 28}{2} = 0,85 \text{ мм.}$$

3) Подача інструменту:

$$S_o = 0,65 \cdot 0,8 = 0,52 \text{ мм/об.} \quad [12] \text{ с. 146...147, табл. 3.8 примітка 1.}$$

4) Стійкість різального інструменту:

$$T_M = 40 \text{ хв.} \quad [12] \text{ с. 151 табл. 3.15}$$

5) Швидкість різання:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}, \text{ (м/хв)} \quad (2.2)$$

де, $V_{\text{табл}} = 24 \cdot 2,5 = 60$ м/хв.; Таблична швидкість різання [12] с.158, табл.3.29

$K_{mv} = 0,9$; [10] с.159 табл.3.31 – коефіцієнт на оброблюваний матеріал.

$K_{lv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує глибину отвору, [12] с.159 табл.3.31

$K_{nv} = 1,4$ – коефіцієнт на стійкість інструменту, [12] с.159 табл. 3.32

Тоді:

$$V = 60 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 75,6 \text{ м/хв}$$

б) Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ (об/хв)} [12] \text{ с. 136 табл. 3.1} (2.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 75.6}{3.14 \cdot 29.7} = 810.6 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата приймається : $n_{\phi} = 870$ об/хв.

7) Визначаємо дійсну швидкість головного руху:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.4)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 29,7 \cdot 870}{1000} = 81 \text{ м/хв.}$$

8) Швидкість подачі верстату:

$$V_s = S_o \cdot n \quad (2.5)$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$V_s = 0,52 \cdot 870 = 452.4 \text{ мм/хв.}$$

9) Перевірка режимів різання за потужністю:

$$N_{\text{різ}} \leq 1,2 N_{\text{табл}} \cdot \eta \text{ (кВт)} \quad (2.6)$$

де, $N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_N$ – потужність різання

$N_{\text{табл}} = 2,8$ кВт – таблична потужність при зенкеруванні чавуну [12] с.166
табл. 3.45

$K_N = 1,25$ – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу
[12] с.167 табл. 3.46

Тоді :

$$N_{\text{різ}} = 2,8 \cdot 1,25 = 3,5 \text{ кВт}$$

$\eta = 0,9$ коефіцієнт корисної дії верстату

Отже : $N_{\text{різ}} = 3,5 \leq 1,2 \cdot 2,8 \cdot 0,9 = 27 \text{ кВт}$

Висновок: Виконання переходу забезпечується.

10) Визначаємо основний час на обробку :

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{V_s}, \text{ (хв)} \quad (2.7)$$

$$T_o = \frac{52}{452.4} = 0.11 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.1 - Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t , мм	L , мм	i	T_M , хв	S_o , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	$S_{хв}$, мм/хв	T_o , хв	N , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005. Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Послідовно фрезерувати поверхні 25 і 26	0,5	180	1	120	3,5	126	150	210	0,06	3,8
Всього									0,06	
010 Вертикально-свердлильна з ЧПК										

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

Перехід 2 Фрезерувати послідовно уступи 27-32	10	10	1	120	0,12	98	3118	374	0,01	1,7
Перехід 3 Центрувати отвори 13-18	0,6	12	1	30	0,12	10	500	100	0,11	0,05
Перехід 4 Свердлити отвори 14,15,16,17 в розмір $\varnothing 9$	9	12	1	30	0,35	20	707	85	0,14	0,23
Перехід 5 Свердлити отвори 13,18 в розмір $\varnothing 8,8$	8,8	12	1	30	0,35	20	723	85	0,14	0,23
Перехід 6 Розвернути отвори 13,18 в розмір $\varnothing 9H8$	0,2	12	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,02
Всього									0,5	

015 Комплексна зЧПК

Перехід 2 Фрезерувати поверхню 1	0,5	130	1	120	0,1	98	201	336	0,4	4,1
Перехід 3 Розточити отвір 4 попередньо в розмір $\varnothing 63,5^{-0,62}$	1,6	24	1	60	0,35	92	170	160	0,07	1,6
Перехід 4 Розточити отвір 4 напівчисто в розмір $\varnothing 63,9^{-0,16}$	0,3	24	1	60	0,3	96	230	260	0,086	0,9
Перехід 5 Розточити отвір 4 начисто в розмір $\varnothing 64^{-0,036}$	0,1	23	1	60	0,1	120	289	400	0,117	0,5
Перехід 6 точити торець 5	0,3	100	1	60	0,6	96	560	179	0,87	0,86
Перехід 7 розточити циліндр 33 в розмір $\varnothing 64^{-0,04}$	0,05	6	1	60	0,5	96	740	74	2,1	0,03
Перехід 8 центрувати отвори 14-24	1,0	12	1	15	0,12	10	22	140	0,004	1,6

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

Перехід 9 свердли твори 19-24	6,8	12	1	60	0,35	20	35,8	300	0,083	3,2
Перехід 10 Наріза твори 6-11	0,5	1	1	30	0,35	20	560	179	0,01	0,03
Перехід 11 Наріза твори М8 в отво рах 19-24	0,6	12	1	60	1,0	8	10	160	0,3	3,3
Перехід 12 Фрезерувати поверхню 2	0,5	130	1	120	0,1	98	201	336	0,4	4,1
Перехід 14 Свердли отвір 3 в розмір $\varnothing 28^{-0,21}$	3,6	44	1	40	0,35	20	47	240	0,21	2,6
Перехід 13 Зенкерувати отвір 3 в розмір $\varnothing 29.7^{-0,084}$	1,7	44	1	40	0,3	20	69	182	0,11	3,5
Перехід 15 Розвернути отвір 3 в розмір $\varnothing 30^{-0,033}$	0,3	44	1	75	0,85	16	15,7	196	0,31	2,3
Всього									4,98	

020 Довбальна

Перехід 2 довбати шпоночний паз в розмір 8Н8	2.4	44	1	90	-	6	-	-	2,35	2,5
Всього									2,35	

2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструменту

Проаналізувавши попередні пункти і виходячи із дрібносерійного типу виробництва, вибраних методів обробки, типів верстатів, розмірів деталі, проводимо вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструментів та записуємо у таблицю 2.2.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

Таблиця 2.2 — Вибір ріжучого, допоміжного та вимірного інструменту

Номер, назва операції та переходу	Інструмент		
	Ріжучий	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
005 Вертикально фрезерна			
Перехід 2 послідовно фрезерувати поверхні 25 і 26	Фреза торцова SSD160-12160R, кут в плані 90°, D=160 мм, d=50.8 мм, пластина SDMT1204PDER	Оправка СК-45 для насадних фрез ГОСТ 13785-68	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
010 Вертикально-свердлильна з ЧПК			
Перехід 2 Фрезерувати послідовно уступи 27-32	Фреза кінцева 2223-0112 d=10	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862 Шаблон.
Перехід 3 Центрувати отвори 13-18	Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=2 мм	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862
Перехід 4 Свердлити отвори 14,15,16,17 в розмір Ø9	Сверло спіральне Ø9 L=130 DIN 338	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862
Перехід 5 Свердлити отвори 13,18 в розмір Ø8,8	Сверло спіральне Ø8,8 L=125 DIN 345 тип N	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862
Перехід 6 Розвернути отвори 13,18 в розмір Ø9H8	Розвертка Ø9 DIN 204 тип N	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862 Калібр пробка Ø25H8 DIN 2245
015 Комплексна з ЧПК			

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

Перехід 2 Фрезерувати поверхню 1	Фреза торцова HRMDCV, кут в плані 90°, D=40 мм, d=34 мм, пластина WNMX CN30	Оправка СК-45 для насадних фрез ГОСТ 13785-68	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 3 Розточити отвір 4 попередньо в розмір $\varnothing 63,5^{-0,62}$	Пластина розточна CCGT09T304L-A1	Оправка розточна ВТ40- ЛВА-4-70 з пластиною CCGT09T304L- A1 $\varnothing 63,5^{-0,62}$	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 4 Розточити отвір 4 напівчисто в розмір $\varnothing 63,9^{-0,16}$	Пластина розточна CCGT09T304L-A1	Оправка розточна ВТ40- ЛВА-4-70 з пластиною CCGT09T304L- A1 $\varnothing 63,9^{-0,16}$	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 5 Розточити отвір 4 начисто в розмір $\varnothing 64^{-0,036}$	Пластина розточна CCGT09T304L-A1	Оправка розточна ВТ40- ЛВА-4-70 з пластиною CCGT09T304L- A1 $\varnothing 64^{-0,036}$	Калібр-пробка $\varnothing 64-0,018$ двостороння ISO DIN 2280
Перехід 6 точити торець 5	Пластина розточна CCGT09T304L-A1	Оправка розточна ВТ40- ЛВА-4-70 з пластиною CCGT09T304L-	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 7 розточити циліндр 33 в розмір $\varnothing 64^{-0,04}$	Пластина розточна CCGT09T304L-A1	Оправка розточна ВТ40- ЛВА-4-70 з пластиною CCGT09T304L- $\varnothing 64^{-0,04}$	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 8 центрувати отвори 14-24	Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=1,5 мм	Патрон цанговий DBT-HPS 13-50	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862
Перехід 9 свердлими отвори	Свердло спіральне $\varnothing 6,8$ L=233 мм,	Патрон цанговий DBT-HPS 13-50	Штангенциркуль Тип CR 2032

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

19-24	l=135 мм, DIN 338 тип N		250-0,05 DIN862
Перехід 10 Нарізати фаски 6-11	Зенківка конічна ISO DIN 335	Патрон цанговий DBT-HPS 13-50	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862
Перехід 11 Нарізати різьби M8 в отворах 19-24	Мітчик різьбовий M8x1 TA157A6 ISO DIN 371	Патрон різьбонарізний 6162-4003-01 KM3 M3-M12	Калібр-пробка різьбова M8 ГОСТ 17758-72
Перехід 12 Фрезерувати поверхню 2	Фреза торцова HRMDCV, кут в плані 90°, D=40 мм, d=34 мм, пластина WNMX CN30	Оправка СК-45 для насадних фрез ГОСТ 13785-68	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 13 Свердлити отвір 3 в розмір $\varnothing 28^{-0,21}$	Сверло спіральне 2301-3665 $\varnothing 28$ L=296 мм, l=175 мм, DIN 338	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 14 Зенкерувати отвір 3 в розмір $\varnothing 29,7^{-0,084}$	Зенкер з конічним хвостовиком $\varnothing 29,7$ ГОСТ 12489-71	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-88
Перехід 15 Розвернути отвір 3 в розмір $\varnothing 30^{-0,033}$	Розвертка машинна 2363-3482 ГОСТ 1672-80	Патрон цанговий DBT-HPS 13-50	Калібр-пробка $\varnothing 30^{-0,033}$ двосторо ння ISO DIN 2280
020 Довбальна			
Перехід 2 довбати шпоночний паз в розмір 8H8	Довб'як 2184-0552 ГОСТ 10046-72	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862

2.3 Розробка маршрутного технологічного процесу

Перед розробкою повного технологічного процесу необхідно скласти послідовність обробки заданої деталі - маршрут обробки.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

В свою чергу, маршрут обробки можна скласти, намічаючи можливі технологічні методи обробки кожної поверхні деталі.

Методи і маршрути обробки вибираємо з урахуванням характеру та точності вихідної заготовки, габаритних розмірів її, точності та якості деталі, типу виробництва та інших факторів. Як правило, для досягнення однієї і тієї ж кінцевої мети можливі декілька варіантів методів обробки. При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах може виявитись різним. Перевагу віддають тому маршруту, який забезпечує найкоротший шлях для досягнення необхідних розмірів, точності, шорсткості, тобто необхідно прагнути до можливо меншого числа переходів.

В той же час можливі варіанти маршрутів обробки поверхонь необхідно перевірити на технологічну сумісність та можливість застосування їх для обробки інших поверхонь за одну установку.

Даний пункт виконуємо в такій послідовності:

- 1) визначаємо поверхні заготовки, які підлягають обробці.
- 2) потім для кожної з поверхонь намічаємо можливі методи і стадії обробки, які забезпечують виконання технічних вимог до цих поверхонь, згідно таблиць економічної точності.

На основі цих даних, а також керуючись принципами постійності баз, суміщення баз та технологічної сумісності операцій та переходів, складаємо маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «корпус» у середньосерійному виробництві.

Операція 005 Вертикально фрезерна – послідовно фрезерувати поверхні 25 і 26.

Операція 010 Вертикально-свердлильна з ЧПК.

Фрезерувати послідовно уступи 27-32.

Центрувати отвори 13-18.

Свердлити отвори 14, 15, 16, 17 в розмір $\varnothing 9$.

Свердлити отвори 13, 18 в розмір $\varnothing 8,8$.

Розвернути отвори 13, 18 в розмір $\varnothing 9H8$.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Операція 015 Комплексна з ЧПК

Фрезерувати поверхню 1.

Розточити отвір 4 попередньо.

Розточити отвір 4 напівчисто.

Розточити отвір 4 начисто.

Точити торець 5.

Розточити циліндр 33 в розмір $\varnothing 64$.

Центрувати отвори 14-24.

Свердлити отвори 19-24.

Нарізати фаски 6-11.

Нарізати різь М8 в отворах 19-24.

Фрезерувати поверхню 2.

Свердлити отвір 3.

Зенкерувати отвір 3.

Розвернути отвір 3.

Операція 020 Довбальна.

Довбати шпонковий паз в розмір 8Н8.

Операція 035. Контроль.

Контролювати розміри згідно креслення.

2.3.1 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання і оснащення

Вибір технологічного обладнання.

Обладнання обирають за головним критерієм, що найбільшою мірою виявляє його функціональне призначення і технічні можливості. Таким критерієм є вид обробки, на який розраховано верстат, відповідно до його службового призначення. Другим за важливістю критерієм є габаритні розміри робочої зони верстата, які повинні відповідати габаритним розмірам заготовки з врахуванням розмірі пристосування. Третім критерієм є відповідність верстату необхідній точності обробки.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Забезпечення дотримання цих трьох основних вимог, подальший наліз ведему в напрямку відповідності верстат продуктивності, можливості його механізації та автоматизації, тобто відповідності типу виробництва.

При виборі оптимального варіанту пристосування повинні враховуватись технічні вимоги на виготовлення деталі, кількість оброблюваних деталей, необхідна продуктивність, вимоги техніки безпеки та промислової санітарії, затрати на виготовлення пристосування.

Враховуючи конструкцію деталі, технічні вимоги, методи і стадії оброблення деталі «корпус», тип виробництва, в технологічному процесі застосуємо наступне обладнання і оснащення з відповідними технічними характеристиками.

Для операції 005– вертикально-фрезерної вибираємо фрезерний верстат ГФ2171С5. Пристосування для закріплення заготовки на операції 005– пристосування спеціальне з базуванням на призми з пневмозатиском. Пристосування для закріплення заготовки на операції 015 - спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини і пальці

Для операції 010 – вертикально-свердильної з ЧПК вибираємо вертикальний оброблювальний центр з ЧПК моделі VC610 START MILL.. Пристосування для закріплення заготовки на операції 010 – пристосування спеціальне з базуванням на призми з пневмозатиском. Пристосування для закріплення заготовки на операції 020 - спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини і пальці.

Для операції 015 – комплексної з ЧПК вибираємо горизонтальний оброблюючий центр Doosan NHP 5500. Пристосування для закріплення

Для операції 020 – довбальної вибираємо довбальний верстат 7417 Пристосування для закріплення заготовки на операції 025 - спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини.

заготовки на операції 025 - спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини і пальці.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 2.3 - Вибір обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва та модель верстату	Пристосування
005	Вертикально-фрезерна	Фрезерний верстат моделі ГФ2171С5	Спеціальне пристосування із базуванням деталі на призми з пневмозатиском
010	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Вертикальний оброблювальний центр з ЧПК моделі VC610 START MILL	Спеціальне пристосування із базуванням деталі на призми
015	Комплексна з ЧПК	Горизонтальний оброблюючий центр Doosan NHP 5500	Спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини і пальці
020	Комплексна з ЧПК	Довбальний верстат 7417	Спеціальне пристосування із базуванням деталі на пластини

Таблиця 2.4 - Характеристика верстату мод. VC610 START MILL

Технічна характеристика	Позначення	Параметр
1	2	3
Розміри робочої поверхні стола	мм	650×400
Розміри Т - образних пазів; кількість/ширина/розмах	мм	3/18/100
Переміщення по осях X/Y/Z	мм	610/400/450
Подача по осях X/Y/Z	м/хв	48/48/48

Максимальні довжина/діаметр інструментів	мм	300/80-150
Максимальне навантаження на стіл	кг	400
Тип кріплення інструментів у шпинделі		SK40
Кількість інструменту в магазині/ їх зміна	шт./с.	20/1,5
Діапазон швидкості обертання	об/хв	12000
Керування (СЧПК)		Siemens 828D
Потужність	кВт	25
Габаритні розміри, L*В*Н	мм	2180*1850*2500
Маса верстата	кг	4800

2.2.2 Визначення між операційних припусків і проміжних розмірів

За завданням визначення припусків необхідно виконати табличним методом на всі оброблювальні поверхні які не отримуються від конструктивного розміру різального інструменту.

За завданням визначення припусків необхідно виконати табличним методом на всі оброблювальні поверхні які не отримуються від конструктивного розміру різального інструменту.

Припуски дуже важливі параметри у розробці технологічного процесу. Припуски це проміжні розміри, які фігурують в технологічній документації, в залежності від яких підбирається ріжучий інструмент, проектується оснащення, визначаються режими різання і норми часу.

Міжопераційні та проміжні припуски вибираємо із [13] С.277 табл.VI, с.236 табл.V2 і зводимо в таблицю 2.4.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5- Розрахунок проміжних припусків і розмірів за табличним методом

Обробка циліндричної поверхні Ø30H6					
розточування	8	Ra 3,2	0,033	0,5	$\text{Ø}30^{-0,033}$
Зенкерування	10	Ra 6,3	0,084	2,5	$\text{Ø}29,5^{-0,084}$
Свердління	12,5	Ra 12,5	0,21	3,6	$\text{Ø}28^{-0,21}$
Заготовка ВИЛИВОК	Звичайна	Rz160	1,4	-	$\text{Ø}24.4$
Обробка циліндричної поверхні Ø64F7					
Розточування чистове	7	Ra 3,2	0,039	0,1	$\text{Ø}64^{-0,039}$
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,16	0,6	$\text{Ø}63,9^{-0,16}$
Розточування чорнове	14	Ra 12,5	0,62	5,5	$\text{Ø}63,5^{-0,62}$
Заготовка	14	Ra 12,5	0,62	-	$\text{Ø}58\pm 1.1$

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка кінематичної схеми верстату

3.1.1 Визначення граничних швидкостей різання та частот обертання шпинделя

Першим документом на виготовлення коробок передач є технічне завдання на верстат, розроблене нашим підприємством, в якому вказується можлива область використання верстата, перелік технічних операцій, які необхідно виконувати на верстаті, і перелік операцій, що доповнюються. Матеріали для обробки деталей, допуски на деталі, можливі різальні матеріали, необхідна потужність, тип виробництва, в якому буде використовуватися верстат, який буде розроблений. Виходячи з цього, ми вирішуємо: який матеріал необхідно виготовити в якій роботі та після якої обробки, швидкість різання та обмеження подачі, а також величина опору різанню при зміні типу та матеріалу використовуваного ріжучого інструменту.

Крім того, слід враховувати технологічні досягнення в області вдосконалення ріжучого інструменту і методів обробки і робити резерви для збільшення максимального показника на 20-25%.

Крім того, слід враховувати розташування машин у певному типі групи та можливість роботи з деталями екстремальних розмірів на екстремальних швидкостях на суміжних машинах у певній групі.

Граничні значення швидкості різання V_{max} і V_{min} визначаються відповідно до теорії різання або вибираються відповідно до таблиці пошуку. Межі швидкості n_{max} і n_{min} визначаються відповідно розмірами ріжучої кромки оброблюваної деталі і розмірами ріжучого інструменту:

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} \quad (3,1)$$

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} \quad (3,2)$$

Відношення $\frac{n_{max}}{n_{min}}$ називається діапазоном регулювання чисел обертів, який можна виразити як:

$$D_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{D_{max}}{D_{min}} = D_v \cdot D_D \quad (3,3)$$

D_n — діапазон змін швидкостей різання;

D_D — діапазон змін діаметрів оброблюваних деталей або різальних інструментів.

				<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм. Граничні значення діаметрів оброблюваних деталей або різальних інструментів						
Розробка інструментів регламентовані ДЕСТом.				Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Шанайда					
Рецензент						
Н. контр.	Кобельник					
Зав. каф.	Кобельник					
Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”				м. Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр. МВс-41		

Для економічного використання станків приймаємо $D_{\min} \approx 0,25D_{\max}$. Максимальний діаметр обробки вказується в завданні або визначається через інший параметр. Так для токарних верстатів: $D_{\max} = (1-1,5)H$, де H - висота центрів. Для фрезерних верстатів $D_{\max} = (0,2-0,3)B$, де B - ширина столу.

Для універсальних верстатів характерні такі діапазони регулювання [144]:

1.Токарні верстати	40...160;
2.Фрезерні	20...60;
3.Карусельні	25...40;
4.Радіально-свердлильні	20...100;
5.Стругальні	4...16.

Привод головного руху повинен забезпечувати можливість обробки деталей з різними діаметрами, забезпечуючи оптимальну швидкість різання. Таким умовам може задовольняти привод з безступінчастим регулюванням чисел обертів шпинделя. Однак в теперішній час набули розповсюдження приводи головного руху з ступінчастим регулюванням, як простиш за конструкцією та експлуатацією, мають більш високий ККД та відносно низьку собівартість.

3.1.2 Вибір ряду частот обертання шпинделя

Визначивши граничні значення чисел обертів шпинделя n_{\max} і $1W$, необхідно вирішити питання про найвигідшій розподіл ступенів чисел обертів шпинделя в даному діапазоні. Розглянемо вирішення цього питання на прикладі так званої променевої діаграми з осями координат $V-d$ (рис. 3.1).

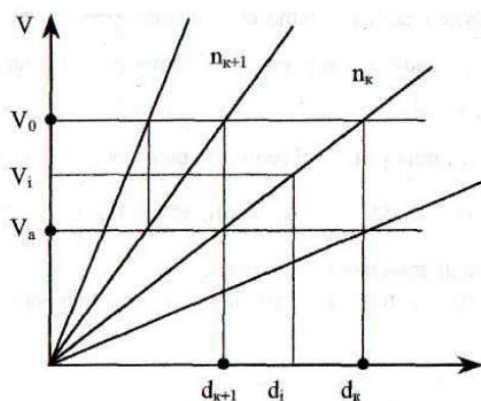


Рисунок 3.1 – Променева діаграма

Частоти обертання шпинделя визначаються залежністю

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} (3,4)$$

в координатах V-d будуть виражатися прямою лінією, яка проходить через початок координат. Таким чином, для обробки деталі діаметром d_K зі швидкістю V_0 необхідно шпинделю надати частоту обертання

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot d_k} (3,5)$$

При обробці деталі d_{K+1} з такою самою швидкістю частота обертання шпинделя повинна дорівнювати

$$n_{k+1} = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot d_{k+1}} (3,6)$$

Обробка деталей з діаметром d_1 , який знаходиться в межах від d_K до d_{k+1} буде здійснюватися з числом n_k , тобто зі швидкістю $V_1 < V_0$ (обробка деталей зі швидкістю більше розрахункової не рекомендується внаслідок зниження стійкості інструмента).

Максимальна абсолютна втрата швидкості $\Delta V_{max} = V_0 - V_a$ (3.7) буде при $d_1 \rightarrow d_{k+1}$

Максимальна відносна втрата швидкості, виражена у відсотках, називається перепадом швидкостей

$$A = \frac{\Delta V_{max}}{V_0} \cdot 100\% = \frac{V_0 - V_a}{V_0} \cdot 100\% = \frac{n_{k+1} - n_k}{n_{k+1}} \cdot 100\% = 1 - \left(\frac{n_k}{n_{k+1}} \right) \cdot 100\% (3,8)$$

В коробці швидкостей із ступінчастим регулювання доцільно мати однаковий перепад швидкостей між різними частотами обертання, тобто $A = const$.

Ця умова буде виконана, якщо відношення $\frac{n_k}{n_{k+1}} = const$, а ряд частот обертання, який задовольняє цю умову, є геометричною прогресією (рядом) із знаменником:

$$\varphi = \frac{n_{k+1}}{n_k} (3,9)$$

Частоти обертання у вигляді геометричного ряду можна записати: n_1 ;

$$n_2 = n_1 \cdot \varphi; \quad n_3 = n_2 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^2; \dots \quad n_Z = n_1 \cdot \varphi^{Z-1}; (3,10)$$

де Z - число ступенів швидкості шпинделя.

Якщо $n_1 = n_{min}$, а $n_Z = n_{max}$, то діапазон регулювання можна виразити:

$$D_n = \frac{n_Z}{n_1} = \varphi^{Z-1} (3,11)$$

Звідки знаменник геометричного ряду: $\varphi = \sqrt[Z-1]{D_n}$, число швидкостей

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$z = \frac{\lg D_n}{\lg \varphi} (3,12)$$

Розташування частот обертання шпинделя по геометричному ряду зручне не тільки тим, що забезпечує постійний перепад швидкостей, але і дозволяє проектувати складні коробки швидкостей, які складаються із двох валових передач, побудованих по геометричному ряду.

3.1,3 Кінематичний розрахунок коробки швидкостей верстата

Діапазон робочих частот верстата

Так як $n_{\max}=2000$ об/хв, а $n_{\min} = 30$ хв⁻¹, то приймаємо ряд частот шпинделя за умови що розрахункова значення n_{\max} та n_{\min} будуть у межах цього діапазону. Таким вимогам задовольняє 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000.

Розробка конструктивних варіантів коробки швидкостей Для даного типу коробки швидкостей підходять такі варіанти:

$$Z=3 \times 3 \times 2;$$

$$Z=2 \times 3 \times 3;$$

$$Z=3 \times 2 \times 3.$$

Приймаємо перший варіант $Z=3 \times 3 \times 2$.

Розробка структурних варіантів коробки швидкостей

$$Z=3_0 \times 3_I \times 2_{II};$$

$$Z=3_0 \times 3_{II} \times 2_I;$$

$$Z=3_I \times 3_{II} \times 2_0;$$

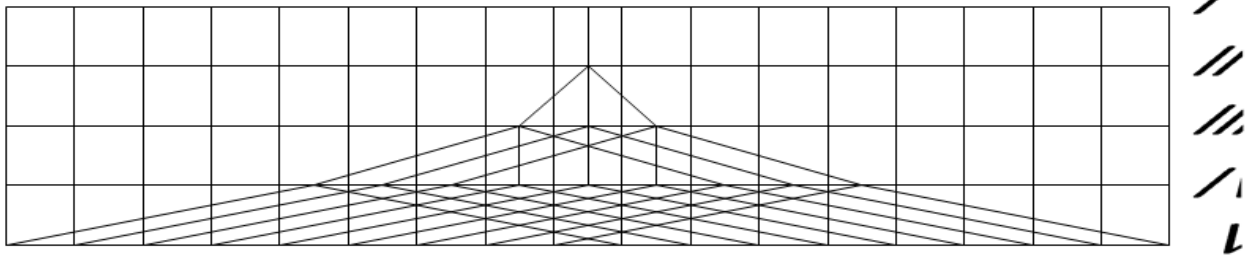
$$Z=3_{II} \times 3_I \times 2_0.$$

3.1.4 Побудова структурних сіток

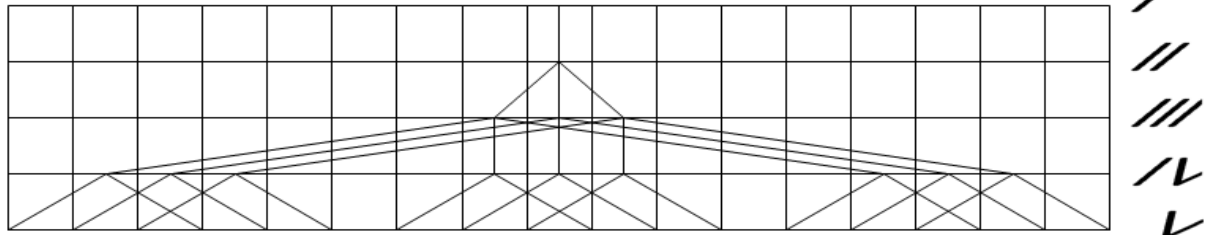
Характеристики груп: $X_0=1$; $X_I=Z_0$; $X_{II}=Z_0 \cdot Z_I$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

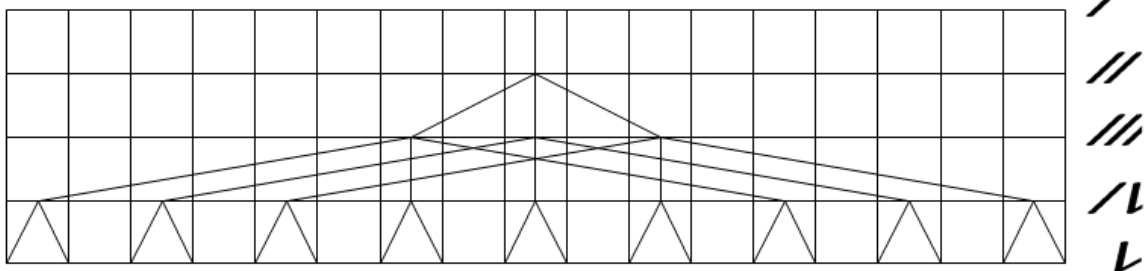
$$1. Z=3_0 \times 3_I \times 2_{II}$$



$$2. Z=3_0 \times 3_{II} \times 2_I$$



$$3. Z=3_I \times 3_{II} \times 2_0$$



$$4. Z=3_{II} \times 3_I \times 2_0$$

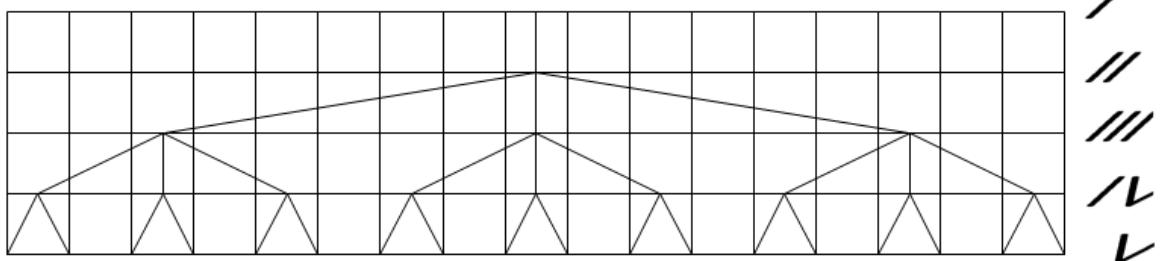


Рисунок 3.2 – Варіанти структурних сіток

Оптимальним варіантом структурної сітки є перший варіант, так як в ньому найменший розкид частот на проміжних валах.

3.1.5 Побудова графіка частот обертання

По вибраному оптимальному структурному варіанту будуємо графіки

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

частот обертання, по якому визначаємо передаточні відношення.

$i = \varphi^x$ – для підвищуючих передач;

$i = \frac{1}{\varphi^x}$ – для понижуючих передач.

Кінематична схема коробки швидкостей

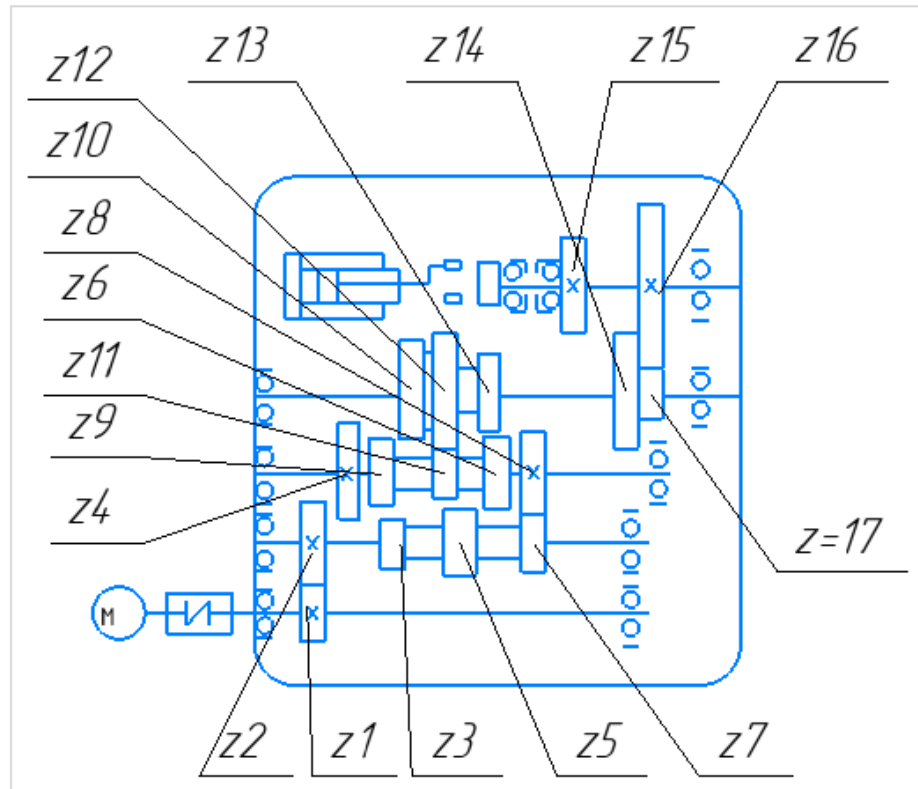
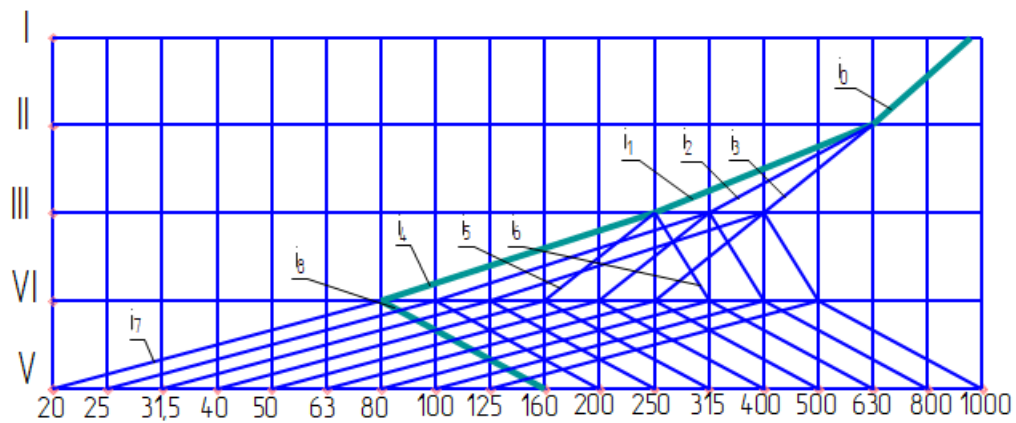


Рисунок 3.3 – Кінематична схема коробки швидкостей.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.



1460

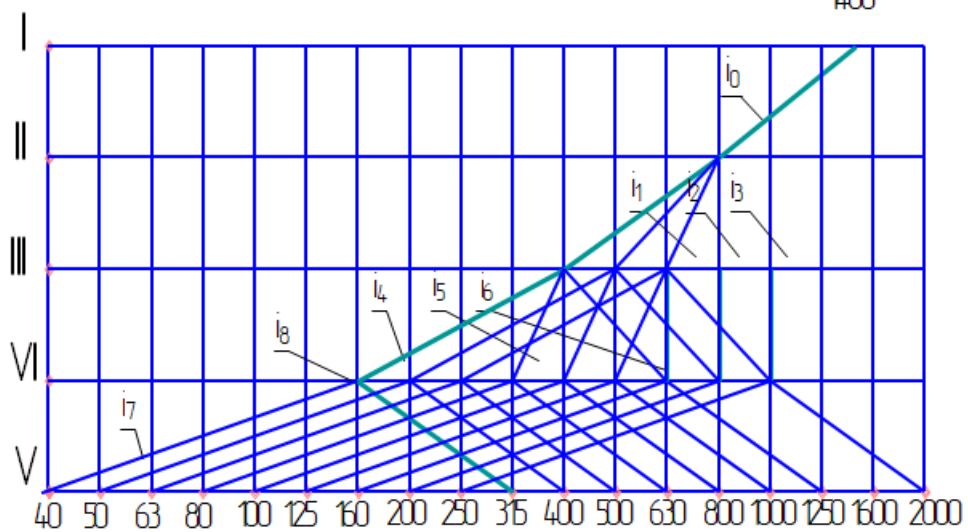


Рисунок 3.4 – Варіанти графіків частот

$$i_0 = \frac{n_{15}}{n_{ДВ}} = \frac{800}{1460} = 0.54$$

$$i_1 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1.26^3} = \frac{1}{2}$$

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1.26^2} = 0.63$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1.26} = 0.79$$

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1.26^4} = 2.52$$

$$i_5 = \varphi^2 = 1.26^2 = 1.58$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$i_6 = \frac{1}{\varphi} = 1.26$$

$$i_7 = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1.26^6} = 0.25$$

$$i_8 = \varphi^3 = 1.26^3 = 2$$

Вибір числа зубців зубчастих коліс По визначеним передаточним відношенням вибираємо число зубців зубчастих коліс.

Таблиця 3.1 – Вибір числа зубчастих коліс

Параметри	$i_1 = \frac{1}{2}$	$i_2 = \frac{1}{1,58}$	$i_3 = \frac{1}{1,26}$	$i_4 = \frac{1}{2,52}$	$i_5 = 1,58$	$i_6 = 1,26$	$i_7 = \frac{1}{4}$	$i_8 = 2$
Z	18	21	24	22	34	30	18	30
Z'	36	33	30	55	43	47	71	59
ΣZ	54			77			89	

3.1.6 Проектування приводу головного руху

Визначення конструктивних параметрів зубчастих коліс та розробка компоновки коробки швидкостей

Визначаємо потужності на валах:

$$P_1 = P_{дв}$$

$$P_2 = P_{дв} \cdot \eta_{n.n} \cdot \eta_{м} = 7,5 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 7,27 \text{кВт};$$

$$P_3 = P_1 \cdot \eta_{n.n} \cdot \eta_{з.н.} = 7,27 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 7,05 \text{кВт};$$

$$P_4 = P_2 \cdot \eta_{n.n} \cdot \eta_{з.н.} = 7,05 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 6,84 \text{кВт};$$

$$P_5 = P_3 \cdot \eta_{n.n} \cdot \eta_{з.н.} = 6,84 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 6,64 \text{кВт};$$

Визначення потужностей на валах.

Приймаємо наступні значення ККД:

$\eta_1=0.99$ – ККД пари підшипників кочення;

$\eta_2=0.98$ – ККД пари зубчастих коліс;

Крутні моменти на валах для кінематичного ланцюга для отримання умовної розрахункової частоти обертання

Визначаємо умовну розрахункову частоту обертання

$$n_{роз} = n_{min} \cdot (\sqrt[3]{R_n} \cdots \sqrt[4]{R_n}) = 184.2 \cdots 132.9$$

приймаємо $n_p = 160 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо обертові моменти на валах для кінематичного ланцюга отримання умовної розрахункової частоти обертання:

$$M_1 = 9550 \frac{P_1}{n_{дв}} = 9550 \cdot \frac{7,5}{1460} = 49 \text{Н} \cdot \text{м};$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$M_2 = 9550 \frac{P_2}{n_{1\text{роз}}} = 9550 \cdot \frac{7,27}{800} = 86,7 \text{H} \cdot \text{m};$$

$$M_3 = 9550 \frac{P_3}{n_{2\text{роз}}} = 9550 \cdot \frac{7,05}{400} = 168,3 \text{H} \cdot \text{m};$$

$$M_4 = 9550 \frac{P_4}{n_{3\text{роз}}} = 9550 \cdot \frac{6,84}{160} = 408,26 \text{H} \cdot \text{m};$$

$$M_5 = 9550 \frac{P_5}{n_{4\text{роз}}} = 9550 \cdot \frac{6,64}{315} = 201,3 \text{H} \cdot \text{m}.$$

Розрахунок зубчастих передач

За допомогою ЕВМ розраховуємо модулі.

Результат розрахунку наведений в додатку В.

Отже; для передач основної групи приймаємо $m=2$;

для передач першої переборної групи приймаємо $m=2$;

для передач другої переборної групи приймаємо $m=3$;

Визначаємо для передач всіх груп діаметри коліс d , d_a , d_f та міжосьові відстані a_w за виразами:

$$d = m \cdot z; \quad d_a = d + 2 \cdot m; \quad d_f = d - 2 \cdot m; \quad a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

Визначаємо ширину зубчастих коліс:

$$b_{z1} \dots b_{z6} = \varphi_{bm} \cdot m = 8 \cdot 2 = 16 \text{mm}.$$

$$b_{z7} \dots b_{z12} = \varphi_{bm} \cdot m = 8 \cdot 2 = 16 \text{mm}.$$

$$b_{z13} \dots b_{z16} = \varphi_{bm} \cdot m = 8 \cdot 3 = 24 \text{mm}.$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку

Число зубів коліс	Модуль, мм	d, мм	d _a , мм	d _f , мм	b, мм
Z ₁ =18	2	36	40	32	16
Z ₁ '=36	2	72	76	68	16
Z ₂ =21	2	42	48	38	16
Z ₂ '=33	2	66	70	62	16
Z ₃ =24	2	48	52	44	16
Z ₃ '=30	2	60	64	56	16
Z ₄ =22	2	44	48	50	16
Z ₄ '=55	2	110	114	106	16
Z ₅ =34	2	68	72	64	16
Z ₅ '=43	2	86	90	82	16
Z ₆ =30	2	60	64	56	16
Z ₆ '=47	2	94	98	90	16
Z ₇ =18	3	54	60	48	24
Z ₇ '=71	3	213	219	207	24
Z ₈ =30	3	90	98	84	24
Z ₈ '=59	3	177	183	171	24

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

3.1.7 Розрахунок валів

Вибір матеріалу валів.

Для правильного вибору матеріалу і термообробки валів, необхідно знати тип підшипників, в яких обертається вал, характер посадок деталей на валу (рухомі чи нерухомі), характер дії навантаження.

2-й, 3-й, 4-й вали мають шліци, по яким переміщуються блоки зубчастих коліс. Вали обертаються в підшипниках кочення. Для забезпечення достатньої зносостійкості поверхонь, які труться, приймаємо для вказаних валів сталь 20Х. Термообробка цементація і закалка поверхонь, які труться до 58÷62 HRC. Механічні властивості цієї сталі приймаємо по (табл. 12.7)[14].

$$\sigma_b=650 \text{ Н/мм}^2; \sigma_t=400 \text{ Н/мм}^2; \sigma_{-1}=300 \text{ Н/мм}^2; \tau_{-1}=160 \text{ Н/мм}^2.$$

1-й і 5-й вали обертаються в підшипниках кочення. Зубчасті колеса посаджені на вал на шпонках по перехідним посадкам. Найбільш придатним матеріалом для цих умов є сталь 45 нормалізована. Механічні властивості цієї сталі приймаємо по (табл. 12.7) [14].

$$\sigma_b=800 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_t=550 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{-1}=350 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\tau_{-1}=210 \text{ Н/мм}^2.$$

Уточнений розрахунок 1-го вала.

Визначаємо діаметр під підшипник:

$$d_{n1} = c \cdot \sqrt[3]{M_1} = 7 \cdot \sqrt[3]{49} = 25.61 \text{ mm}.$$

Одержаний діаметр шийки вала під підшипник збільшуємо до найближчого стандартного діаметра внутрішнього кільця підшипника $d_{n1}=35 \text{ мм}$ і обираємо радіальний однорядний підшипник 207.

Складаємо розрахункову схему вала згідно навантажень, які діють в зубчастих зачепленнях.

Визначаємо сили в зачепленні.

Колова сила:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 49}{35} = 1781.81 \text{ Н}.$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

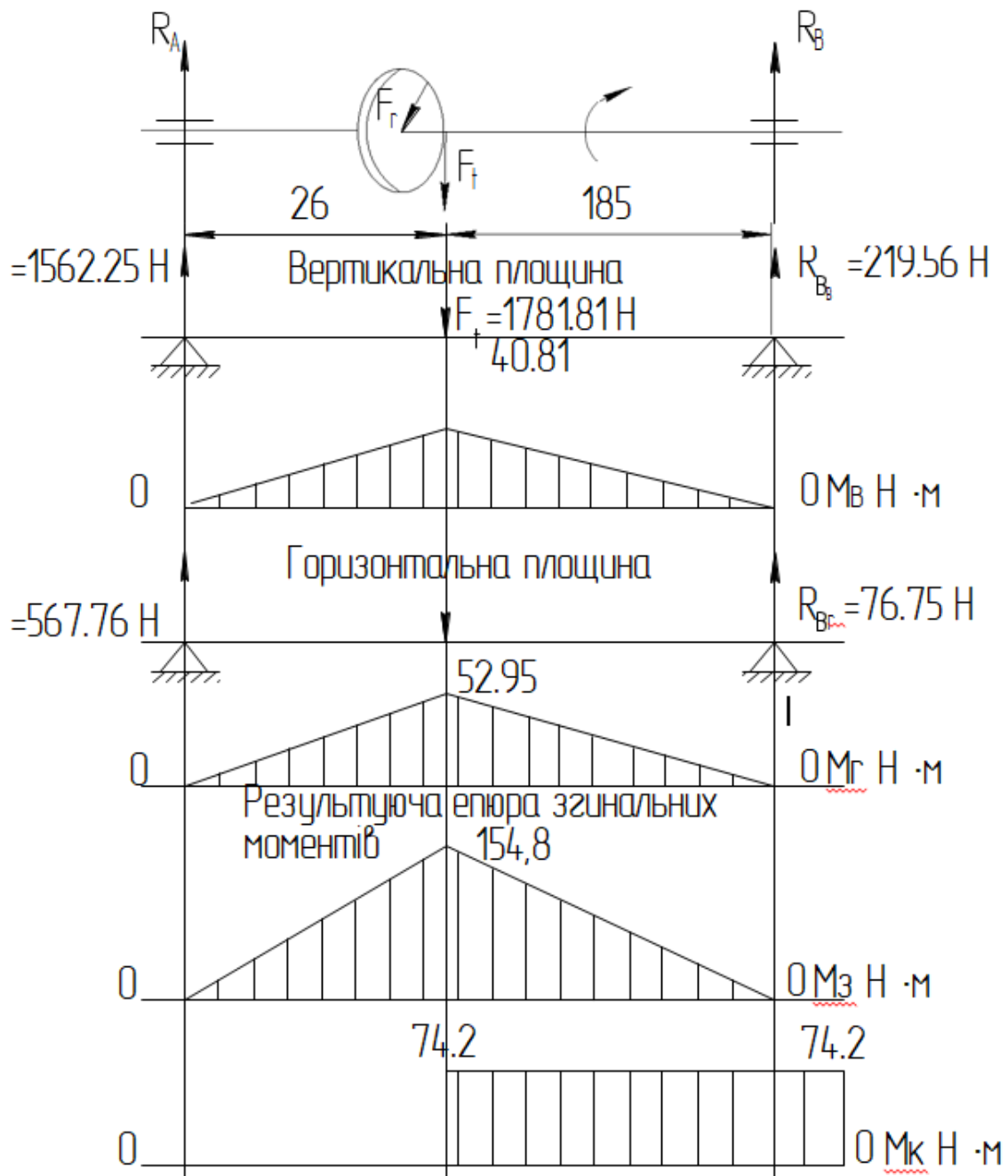


Рисунок 3.5 – Схема навантаження вала 1

Радіальна сила:

$$F_{R_i} = F \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1781.81 \cdot \operatorname{tg} 20 = 1781.81 \cdot 0.3634 = 647.51 \text{ Н} .$$

Сила діюча на муфти:

$$F_M = 50 \sqrt{M_1} = 50 \sqrt{49} = 350 \text{ Н} .$$

Визначаємо реакції:

а) в вертикальній площині: $\sum M_A = 0 ;$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$R_{B_B} \cdot (l_1 + l_2) - F \cdot l_1 = 0;$$

$$R_{B_B} = \frac{F \cdot l_1}{(l_1 + l_2)} = \frac{1781.81 \cdot 26}{(26 + 185)} = 219.56 H;$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$F \cdot l_2 - R_{A_B} \cdot (l_1 + l_2) = 0;$$

$$R_{B_B} = \frac{F_1 \cdot l_1}{(l_1 + l_2)} = \frac{1781.81 \cdot 29}{(26 + 185)} = 1562.25 H$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0;$$

$$R_{A_B} - F_t + R_{B_B} = 219.56 - 1781.81 + 1562.25 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно. б)

в горизонтальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$

$$R_{B_r} \cdot (l_1 + l_2) - F_r \cdot l_1 = 0;$$

$$R_{B_r} = \frac{F_r \cdot l_1}{(l_1 + l_2)} = \frac{647.51 \cdot 26}{(26 + 185)} = 76.75 H;$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$F_i \cdot l_2 - R_{A_r} \cdot (l_1 + l_2) = 0;$$

$$R_{A_r} = \frac{F_r \cdot l_2}{(l_1 + l_2)} = \frac{647.51 \cdot 185}{(26 + 185)} = 567.76 H.$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0;$$

$$R_{A_r} - F_r + R_{B_r} = 567.76 - 647.51 + 76.75 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

Реакції від сили F_M :

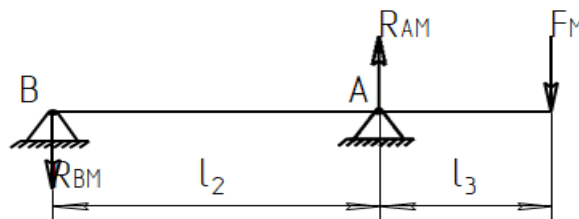


Рисунок 3.6 – Схема навантаження вала 1 від муфти

$$\sum M_A = 0;$$

$$-F_M \cdot l_1 + R_{B_M} \cdot l_2 = 0;$$

$$R_{B_M} = \frac{F_M \cdot l_3}{l_2} = \frac{350 \cdot 50}{185} = 94.59 H;$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$-F_M \cdot (l_2 + l_1) + R_{A_M} \cdot l_2 = 0$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$R_{AM} = \frac{F_M \cdot (l_2 + l_3)}{l_2} = \frac{350 \cdot (185 + 50)}{185} = 4444.59H$$

Перевірка:

$$-F_M + R_{AM} - R_{BM} = -350 + 444.59 - 94.59 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

По одержаним значенням реакцій будуємо епюри (рис 7).

$$R_{nB} = \sqrt{R_{Ar}^2 + R_{AB}^2} = \sqrt{567.76^2 + 1562.25^2} = 1662.22H$$

$$R_{nB} = \sqrt{R_{Br}^2 + R_{BB}^2} = \sqrt{76.75^2 + 219.56^2} = 262.87H$$

Реакції для розрахунку підшипників:

$$R_{nA} = R_A + R_{AM} = 1662.22 + 444.59 = 2106.81H ;$$

$$R_{nB} = R_B + R_{BM} = 232.87 + 94.59 = 327.4H .$$

Вал скручується моментом $M_K = 49H \cdot m$ тільки на ділянці лівіше середньої площини зубчатого вінця шестерні z_2 , що відображено на епюрі крутного моменту.

Результуючий згинальний момент:

$$M_3 = \sqrt{M_{3B}^2 + M_{3r}^2} = \sqrt{40.81^2 + 14.76^2} = 43.39H \cdot m.$$

Найбільше значення еквівалентного моменту буде під шестернею z_2 .

$$M_{ek} = \sqrt{M_K^2 + M_3^2} = \sqrt{49^2 + 43.39^2} = 65.44H \cdot m.$$

Визначаємо діаметр вала в цьому перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{ek}}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{65.44 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 300}} = 12.37mm.$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала під шестернею $d = 25mm$.

Уточнений розрахунок 2-го вала

Визначаємо діаметр під підшипник:

$$d_{n2} = c \cdot \sqrt[3]{M_2} = 7 \cdot \sqrt[3]{86.7} = 23.78mm.$$

Одержаний діаметр шийки вала під підшипник збільшуємо до найближчого стандартного діаметра внутрішнього кільця підшипника

$D_{n2} = 25mm$ і обираємо радіальний однорядний підшипник 700105.

Складаємо розрахункову схему вала згідно навантажень, які діють в зубчастих зачепленнях.

Визначаємо сили в зачепленні.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Окружні сили:

$$F_{t_1} = 1781.81 \text{ Н},$$
$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_2}{d_4} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 86.7}{25} = 3321.21 \text{ Н}$$

Радіальна сила:

$$F_{R_2} = F_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 3321.21 \cdot \operatorname{tg} 20 = 1208.82 \text{ Н}.$$

Визначаємо реакції:

а) в вертикальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$
$$R_{B_B} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_1} \cdot (l_1 + l_2) + F_{R_1} \cdot l_1 = 0$$
$$R_{B_B} = \frac{F_{t_2} \cdot (l_1 + l_2) - F_{t_1} \cdot l_1}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{3321.21 \cdot (26 + 168) - 1781.81 \cdot 26}{(26 + 168 + 20)} = 2703.21 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = 0;$$
$$R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_1 \cdot (l_2 + l_3) + F_2 \cdot l_3 = 0;$$
$$R_{A_B} = \frac{F_{t_1} \cdot (l_2 + l_3) - F_{t_2} \cdot l_3}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{1781.81 \cdot (26 + 168) - 3321.21 \cdot 26}{(26 + 168 + 20)} = 1161.81 \text{ Н};$$

Перевірка: $\sum Y = 0$;

$$R_{A_B} - F_{t_1} + F_{t_2} - R_{B_B} = 1161.81 - 1781.81 + 3321.21 - 2703.21 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

б) в горизонтальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$
$$R_B \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{R_1} \cdot (l_1 + l_2) + F_{R_2} \cdot l_1 = 0;$$
$$R_{B_r} = \frac{F_{R_2} \cdot (l_2 + l_1) - F_{R_1} \cdot l_1}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{647.51 \cdot (26 + 168) - 1208.82 \cdot 26}{(26 + 168 + 20)} = 440.13;$$

$$\sum M_B = 0;$$
$$R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{R_1} \cdot (l_2 + l_3) + F_{R_2} \cdot l_3 = 0$$
$$R_{A_r} = \frac{F_{R_1} \cdot (l_2 + l_3) - F_{R_2} \cdot l_3}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{1208.82 \cdot (26 + 168) - 647.51 \cdot 26}{(26 + 168 + 20)} = 1017.17;$$

Перевірка: $\sum Y = 0$;

$$R_{A_r} - F_{R_1} + F_{R_2} - R_{B_r} = 1017.17 - 1208.82 + 647.51 - 440.13 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

По одержаним значенням реакцій будуюмо епюри (рис 3.7).

Знаходимо сумарні реакції (реакції для розрахунку підшипників):

$$R_{n_A} = \sqrt{R_{A_B}^2 + R_{A_r}^2} = \sqrt{1161.81^2 + 1017.17^2} = 1544.19 \text{ Н};$$

$$R_{n_B} = \sqrt{R_{B_B}^2 + R_{B_r}^2} = \sqrt{2703.21^2 + 440.13^2} = 2738.8 \text{ Н}.$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обчислюємо результуючі згинальні моменти:

$$M_3 = \sqrt{30.20^2 + 26.44^2} = 40.14 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \sqrt{54.06^2 + 8.8^2} = 54.77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо найбільше значення еквівалентного моменту.

$$M_{ek} = \sqrt{M_K^2 + M_3^2} = \sqrt{86.7^2 + 54.77^2} = 102.55 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

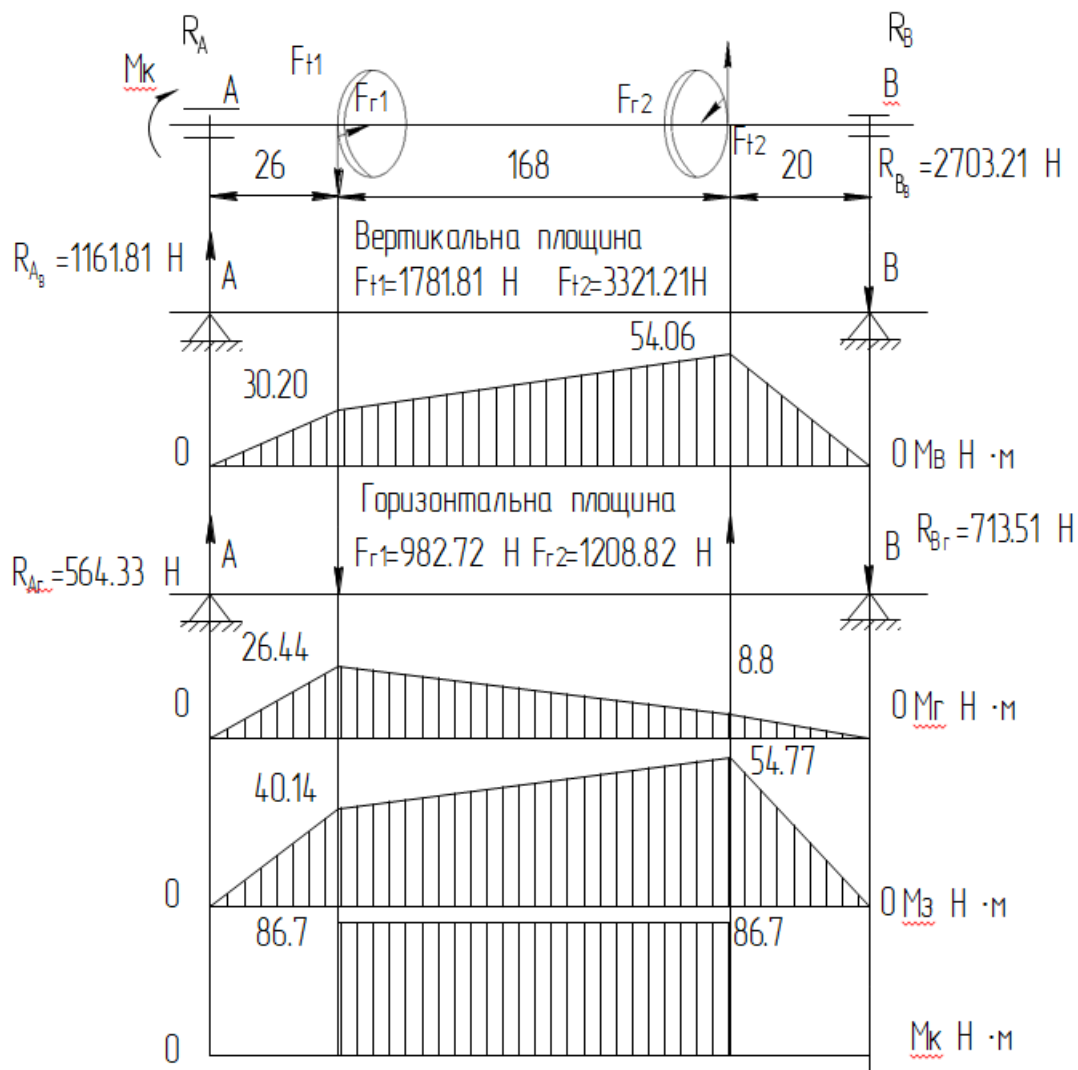


Рисунок 3.7 – Схема навантаження вала 2

Визначаємо діаметр вала в місці дії найбільшого значення еквівалентного моменту:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{ek}}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{102.55 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 300}} = 15.47 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала під шестернею $d = 26 \text{ мм}$.

Уточнений розрахунок 3-го валу.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо діаметр підшипник:

$$d_{n_3} = c \cdot \sqrt[3]{M_3} = 7 \cdot \sqrt[3]{168.3} = 38.64 \text{ mm.}$$

Одержаний діаметр шийки вала під підшипник збільшуємо до найближчого стандартного діаметра внутрішнього кільця підшипника $d_{n_3} = 40 \text{ mm}$ і обираємо радіальний однорядний підшипник 32207.

Складаємо розрахункову схему вала згідно навантажень, які діють в зубчастих зачепленнях.

Окружні сили:

$$F_{t_1} = 3321.21 \text{ H,}$$

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_3}{d_4} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 168.3}{68} = 4950 \text{ H}$$

Радіальна сила:

$$F_{R_2} = F_{t_2} \cdot \text{tg} \alpha = 4950 \cdot \text{tg} 20 = 1801.65 \text{ H.}$$

Визначаємо реакції:

а) в вертикальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$

$$R_{BB} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_2} \cdot (l_1 + l_2) + F_{t_1} \cdot l_1 = 0$$

$$R_{BB} = \frac{F_{t_2} \cdot (l_1 + l_2) - F_{t_1} \cdot l_1}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{3321.21 \cdot (11 + 84) - 4950 \cdot 111}{(111 + 84 + 20)} = 456.67 \text{ H;}$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_1} \cdot (l_2 + l_3) + F_{t_2} \cdot l_3 = 0;$$

$$R_{AB} = \frac{F_{t_1} \cdot (l_2 + l_3) - F_{t_2} \cdot l_3}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{4950 \cdot (84 + 20) - 3321.21 \cdot 20}{(111 + 84 + 20)} = 2085.54 \text{ H;}$$

Перевірка: $\sum Y = 0;$

$$-R_{AB} + F_{t_1} - F_{t_2} + R_{BB} = -2085.54 + 4950 - 3321.21 + 456.67 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

б) в горизонтальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$

$$R_B \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{R_2} \cdot (l_1 + l_2) + F_{R_1} \cdot l_1 = 0;$$

$$R_{Br} = \frac{F_{R_2} \cdot (l_1 + l_2) - F_{R_1} \cdot l_1}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{1801.65 \cdot (111 + 84) - 1208.82 \cdot 111}{(111 + 84 + 20)} = 1010.17 \text{ H;}$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{R_1} \cdot (l_2 + l_3) + F_{R_2} \cdot l_3 = 0$$

$$R_{Ar} = \frac{F_{R_1} \cdot (l_2 + l_3) - F_{R_2} \cdot l_3}{(l_1 + l_2 + l_3)} = \frac{1208.82 \cdot (84 + 20) - 1801.65 \cdot 20}{(111 + 84 + 20)} = 417.34 \text{ H;}$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

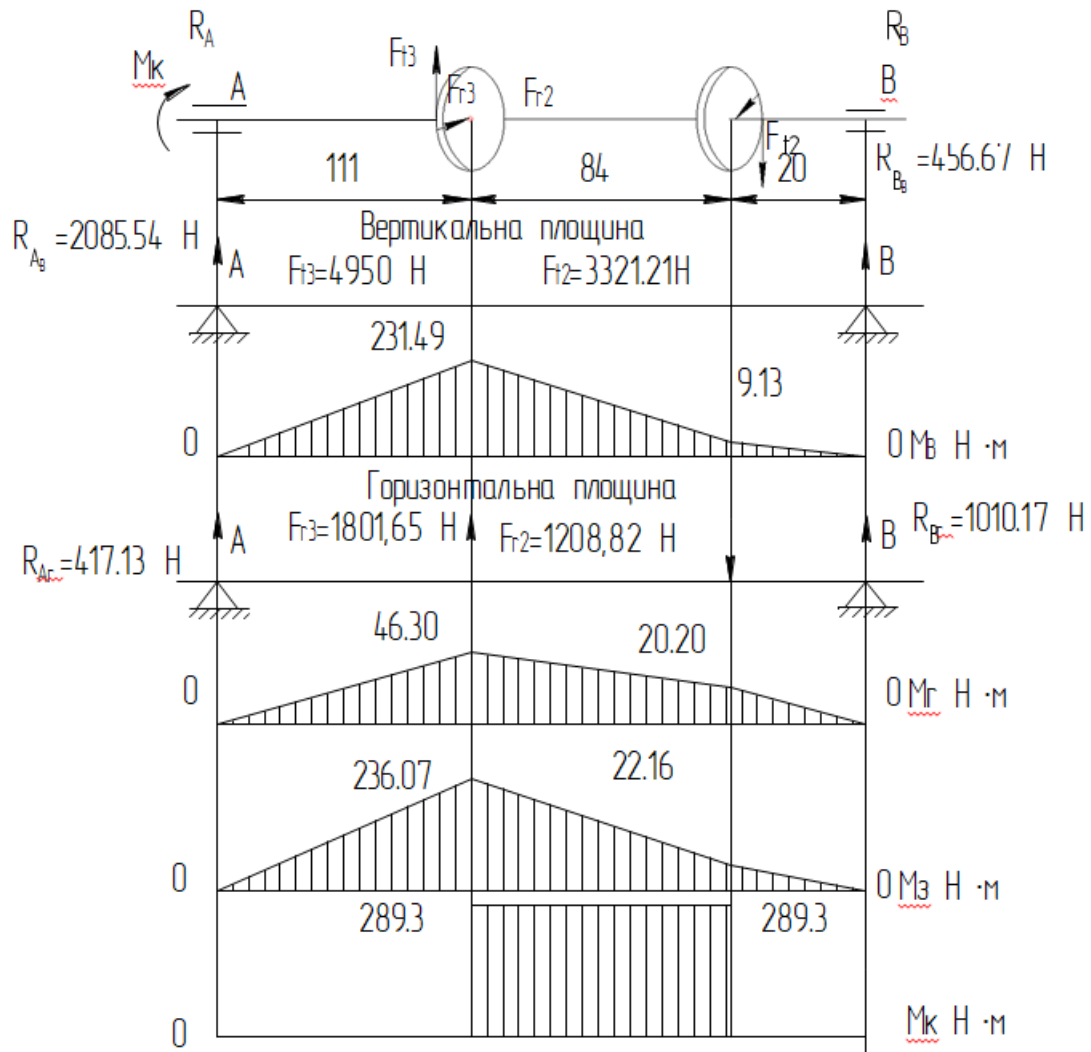


Рисунок 3.8 – Схема навантаження вала 3

Перевірка:

$$\sum Y = 0;$$

$$-R_{Ar} + F_{R2} - F_{R3} + R_{Br} = -417.13 + 1208.82 - 1801.65 + 1010.17 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

По одержаним значенням реакцій будуємо епюри (рис 3.8). Знаходимо сумарні реакції (реакції для розрахунку підшипників):

$$R_{nA} = \sqrt{R_{AB}^2 + R_{Ar}^2} = \sqrt{2085.54^2 + 417.13^2} = 2126.88 \text{ H};$$

$$R_{nB} = \sqrt{R_{BB}^2 + R_{Br}^2} = \sqrt{456.67^2 + 1010.17^2} = 1108.6 \text{ H}.$$

Обчислюємо результуючі згинальні моменти:

$$M_3 = \sqrt{231.49^2 + 46.3^2} = 236.07 \text{ H} \cdot \text{m};$$

$$M_3 = \sqrt{9.13^2 + 20.20^2} = 22.16 \text{ H} \cdot \text{m}$$

Знаходимо найбільше значення еквівалентного моменту.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$M_{ek} = \sqrt{M_K^2 + M_3^2} = \sqrt{168.3^2 + 236.07^2} = 289.92 \text{ Н.м.}$$

Визначаємо діаметр вала в місці дії найбільшого значення еквівалентного моменту:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{ek}}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{283.92 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 300}} = 21.3 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала під шестернею $d = 26 \text{ мм.}$

Уточнений розрахунок 4-го вала.

Визначаємо діаметр під підшипник:

$$d_{n_4} = c \cdot \sqrt[3]{M_4} = 7 \cdot \sqrt[3]{408.26} = 39.3 \text{ мм.}$$

Одержаний діаметр шийки вала під підшипник збільшуємо до найближчого стандартного діаметра внутрішнього кільця підшипника

$d_{n_3} = 40 \text{ мм}$ і обираємо радіальний однорядний підшипник 208.

Складаємо розрахункову схему вала згідно навантажень, які діють в зубчастих зачепленнях.

Визначаємо сили в зачепленнях.

Окружні сили:

$$F_{t_1} = 4950 \text{ Н,}$$

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_3}{d_4} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 408.26}{32} = 15131.8 \text{ Н}$$

Радіальна сила:

$$F_{R_2} = F_{t_2} \cdot \text{tg} \alpha = 15131.8 \cdot \text{tg} 20 = 5506.48 \text{ Н}$$

. Визначаємо реакції:

а) в вертикальній площині:

$$\sum M_A = 0;$$

$$R_{B_B} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_2} \cdot (l_1 + l_2) + F_t \cdot l_1 = 0$$

$$R_A = \frac{F_{t_3} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_4} \cdot l_3}{l_1 + l_2} = \frac{4950 \cdot (104 + 118 + 35) - 15131.8 \cdot 35}{118 + 35}$$

$$= 7820.2 \text{ Н;}$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - F_{t_1} \cdot (l_2 + l_3) + F_{t_2} \cdot l_3 = 0;$$

$$R_B = \frac{F_{t_2} \cdot l_1 + F_{t_4} \cdot l_3}{l_2 + l_3} = \frac{15131.85 \cdot 103.68 + 4950 \cdot 35}{118 + 35} = 12386.6 \text{ Н;}$$

Перевірка: $\sum Y = 0;$

$$\sum Y = F_{t_3} - R_A + F_{t_4} - R_B = 4950 - 7820.2 + 15131.8 - 12386.6 = 0,$$

отже реакції знайдені вірно.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

б) в горизонтальній площині:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \\ -F_3 r \cdot l_1 - F_4 r \cdot l_2 + R_B (l_3 + l_2) &= 0; \\ R_B &= \frac{F_3 \cdot l_1 + F_4 \cdot l_2}{l_3 + l_2} = \frac{1801.65 \cdot 103 + 5506.48 \cdot 118}{118 + 35} = 5459.7 \text{ H}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0; \\ -F_4 \cdot l_3 + F_3 \cdot (l_1 + l_3 + l_2) - R_A (l_3 + l_2) &= 0; \\ R_A &= \frac{-F_4 \cdot l_3 + F_3 \cdot (l_1 + l_3 + l_2)}{l_3 + l_2} = \frac{-5506.48 \cdot 35 + 1801.65(103 + 118 + 35)}{118 + 35} = 1754.24 \text{ H}. \end{aligned}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \sum Y &= 0; \\ \sum X &= F_3 - R_A - F_4 + R_B = 1801.65 - 1754.24 - 5506.48 + 5459.7 = 0., \end{aligned}$$

отже реакції знайдені вірно.

По одержаним значенням реакцій будуємо епюри (рис 3.9).

Знаходимо сумарні реакції для розрахунку підшипників:

$$\begin{aligned} R_{nA} &= \sqrt{R_{AB}^2 + R_{Ar}^2} = \sqrt{7820.2^2 + 1754.24^2} = 8014.54 \text{ H}; \\ R_{nB} &= \sqrt{R_{BB}^2 + R_{Br}^2} = \sqrt{12386.6^2 + 5459.7^2} = 13536.47 \text{ H}. \end{aligned}$$

Обчислюємо результуючі згинальні моменти:

$$\begin{aligned} M_2 &= \sqrt{234.73^2 + 39.34^2} = 238 \text{ H.m}; \\ M_3 &= \sqrt{365.6^2 + 209.87^2} = 421.55 \text{ H.m} \end{aligned}$$

Знаходимо найбільше значення еквівалентного моменту.

$$M_{ek} = \sqrt{M_K^2 + M_3^2} = \sqrt{816.52^2 + 421.55^2} = 918.91 \text{ H.m}.$$

Визначаємо діаметр вала в місці дії найбільшого значення еквівалентного моменту:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{ek}}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{918.91 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 300}} = 31.27 \text{ mm}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала під шестернею $d = 32 \text{ mm}$.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок підшипників для 4-го вала.

Частота обертання вала $n_4 = 160 \text{ об}^{-1}$; $d = 32 \text{ мм}$; потребуємо довговічність $L'_{10ah} = 10000 \text{ з}$. На опори вала діють сили $R_{yA} = 1607 \text{ Н}$; $R_{yB} = 126.52 \text{ Н}$.

Попередньо приймаємо підшипники шарикові однорядні легкої серії 305. для цих підшипників знаходимо $C_{\eta} = 25500 \text{ Н}$.

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження для більш навантаженої опори.

При коефіцієнті безпеки $K_B = 1.2$, (табл. 6.3. [4]) і $K_T = 1$ $t < 100^\circ \text{C}$ (табл. 6.4. [14]).

V – коефіцієнт обертання; $V=1$ – обертаються внутрішні кільця; $X=1$.

$$R_E = VXR_A \cdot K_B \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 8014,54 \cdot 1.2 \cdot 1 = 9617,4 \text{ Н}$$

Розрахункова точність:

$$L_{10ah} = a_{23} \cdot \left(\frac{C_y}{R_E} \right)^P \cdot \frac{10^6}{60n_y} = 0.75 \cdot \left(\frac{22500}{9617,4} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 160} = 10459.6 \text{ год.}$$

Що більше потребуємої довговічності $L_{ah} = 10000 \text{ з}$, тому приймаємо підшипник 305.

3.1.9 Розрахунок шпонкових з'єднань

Для передачі крутного моменту $M_1 = 49 \text{ Н} \cdot \text{м}$ з вала 1 на зубчасті колеса приймаємо шпонкові з'єднання. Шпонка призматична: $b=5 \text{ мм}$; $h=5 \text{ мм}$; $t_1=4 \text{ мм}$.

Довжина шпонки $l=20 \text{ мм}$; робоча довжина $l_p=l-b=20-5=15 \text{ мм}$.

Розрахункова напруга згинання:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot M_1}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 49 \cdot 10^3}{25 \cdot (5 - 4) \cdot 15} = 11.73 \text{ Н/мм}^2;$$

що менше $[\sigma_{\text{см}}] = 140 \text{ Н/мм}^2$ для сталюї ступиці колеса.

Для передачі крутного моменту $M_3 = 168.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ з вала 3 на зубчасті колеса приймаємо шпонкові з'єднання.

Шпонка призматична: $b=10 \text{ мм}$; $h=8 \text{ мм}$; $t_1=5 \text{ мм}$.

Довжина шпонки $l=28 \text{ мм}$; робоча довжина $l_p=l-b=28-10=18 \text{ мм}$.

Розрахункова напруга згинання:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot M_1}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 109.6 \cdot 10^3}{30 \cdot (8 - 5) \cdot 18} = 44.8 \text{ Н/мм}^2;$$

що менше $[\sigma_{\text{см}}] = 140 \text{ Н/мм}^2$ для сталюї ступиці колеса.

Шпонка призматична: $b=8 \text{ мм}$; $h=5 \text{ мм}$; $t_1=4 \text{ мм}$.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Довжина шпонки $l=45$ мм; робоча довжина $l_p=l-b=45-0=46$ мм.

Розрахункова напруга згинання:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot M_1}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 109.6 \cdot 10^3}{32 \cdot (8 - 5) \cdot 18} = 17.53 \text{ Н/мм}^2;$$

що менше $[\sigma_{cm}] = 140 \text{ Н/мм}^2$ для сталюї ступиці колеса.

Для передачі крутного моменту $M_4 = 916,52 \text{ Н} \cdot \text{м}$ з вала 3 на зубчасті колеса приймаємо шпонкові з'єднання.

Шпонка призматична: $b=10$ мм; $h=8$ мм; $t_1=5$ мм.

Довжина шпонки $l=32$ мм; робоча довжина $l_p=l-b=32-10=22$ мм.

Розрахункова напруга згинання:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot M_1}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 816.52 \cdot 10^3}{35 \cdot (8 - 5) \cdot 22} = 71.4 \text{ Н/мм}^2;$$

що менше $[\sigma_{cm}] = 140 \text{ Н/мм}^2$ для сталюї ступиці колеса.

3.1.10 Розрахунок шліцьових з'єднань

Для кріплення і пересування на валах блоків зубчастих коліс обираємо прямо бічні шліцьові з'єднання на 2-му і 4-му валах які мають позначення:

$$d - 8 \times 20 \frac{H7}{h6} \times 26 \times 7 \frac{H7}{js8}, d - 8 \times 28 \frac{H7}{h6} \times 32 \times 7 \frac{H7}{js8}$$

Визначаємо розрахункову напругу згинання на 3-му валу:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot M_2}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l \cdot \psi} = \frac{2 \cdot 87.6 \cdot 10^3}{30 \cdot 6 \cdot 1.4 \cdot 20 \cdot 0.75} = 16.75 \text{ Н/мм}^2$$

де: d_c – середній діаметр шліцьового з'єднання, мм.

$$d_c = 0.5 \cdot (D + d) = 0.5 \cdot (32 + 28) = 30 \text{ мм},$$

z – число шліців, $z=8$;

h – висота поверхні контакту, мм;

$$h = 0.5 \cdot (D - d) - f_b - f_c = 0.5 \cdot (32 - 28) - 0.3 - 0.3 = 1.4 \text{ мм},$$

l – довжина з'єднання, мм $l=6$;

ψ – коефіцієнт враховуючий нерівномірність розподілу навантаження між шліцями; $\psi=0,75$.

Отже, $[\sigma_{cm} < \sigma_{cm}] = 50 \text{ Н/мм}^2$

Визначаємо розрахункову напругу згинання на 3-му валу:

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot M_3}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l \cdot \psi} = \frac{2 \cdot 168.3 \cdot 10^3}{30 \cdot 6 \cdot 1.4 \cdot 38 \cdot 0.75} = 10.77 \text{ Н/мм}^2.$$

що менше $[\sigma_{\text{см}}] = 50 \text{ Н/мм}^2$.

3.2 Автоматичне конструювання пари зубчастих коліс.

3.2.1. Опис алгоритму розрахунку модуля прямозубої зубчатої передачі

Суть розрахунку модуля прямозубої зубчатої передачі при проектуванні металорізальних верстатів, машин та механізмів полягає в тому, щоб підібрати таке значення коефіцієнта динамічності (Khv) для зубчатого зачеплення, котре б відрізнялося від розрахункового коефіцієнта динамічності ($khvr$) для цього ж зачеплення не більше як на 0,001 ($Khv - khvr \leq 0,001$).

Розрахунковий ділительний діаметр шестерні – (dw_1) знаходять із математичної залежності для визначення розрахункових контактних напружень в зубах коліс:

$$\sigma_k = 12270 \cdot z_n \cdot z_\varepsilon \cdot \frac{1}{dw_1} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\psi_{bd} \cdot dw_1} \cdot \frac{u_n}{u} \cdot Khv \cdot Kh\beta}.$$

Наступний крок – знаходження модуля прямозубої передачі з умови забезпечення контактної міцності зубів

$$m = \frac{dw_1}{z_1},$$

міжосьової віддалі передачі

$$a_w = (z_1 + z_2) \cdot \frac{m}{2}$$

та відносної лінійної швидкості ковзання двох зубів у точці контакту

$$v = \frac{\pi \cdot dw_1 \cdot n}{60000}.$$

Визначення розрахункового коефіцієнта динамічності – ($khvr$) для тих параметрів передачі, що отримані з врахуванням (Khv) здійснюють за формулою

$$khvr = 0.98 + 0.014 \cdot v + \frac{3 \cdot a_w}{u \cdot 10000} + (st - 6) \cdot 0.02$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Провівши аналіз отриманих результатів, проводять повторний перерахунок модуля до тих пір, поки різниця між призначуваним коефіцієнтом динамічності – (Khv) та розрахунковим коефіцієнтом динамічності – $(khvr)$ не стане меншою за 0,001.

Подальші етапи виконання розрахунку пов'язані із визначенням модуля зубчатого зачеплення з умови забезпечення згинної міцності зубів та вибору найбільшого із розрахункових його значень.

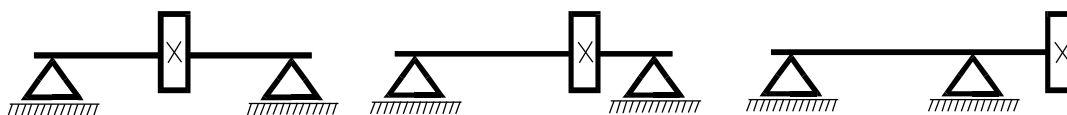
Розрахунок модуля прямозубого зачеплення

$T_1 := 60 \quad \text{fm}$
 $\sigma := 650 \quad \text{N/mm}^2$
 $z_1 := 36$
 $z_2 := 44$
 $n := 1450 \quad \text{1/a}$
 $st := 6$
 $z_n := 1.76$

$\psi_{bd} := 0.3$
 $\psi_{bd} := 0.3$

$\psi_{bd} := 0.3$

$\psi_{bd} := 0.3$

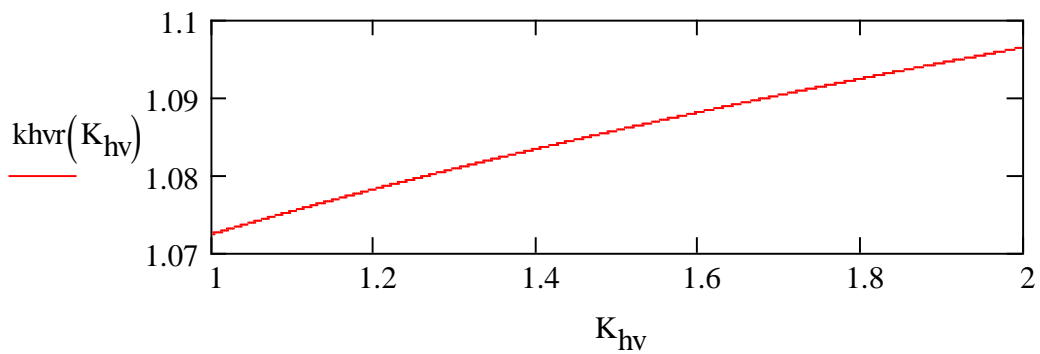


Kod = 1

Kod = 2

Kod = 3

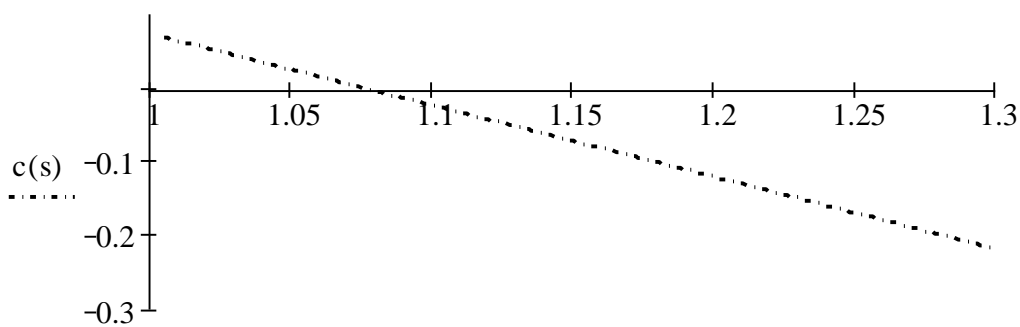
$$\text{khvr}(K_{\text{hv}}) := 0.98 + 0.014 \cdot v(K_{\text{hv}}) + (\text{st} - 6) \cdot 0.02 + \frac{(3 \cdot \text{aw}(K_{\text{hv}}))}{(u \cdot 10000)}$$



a := 1.006, 1.0061 .. 1.2

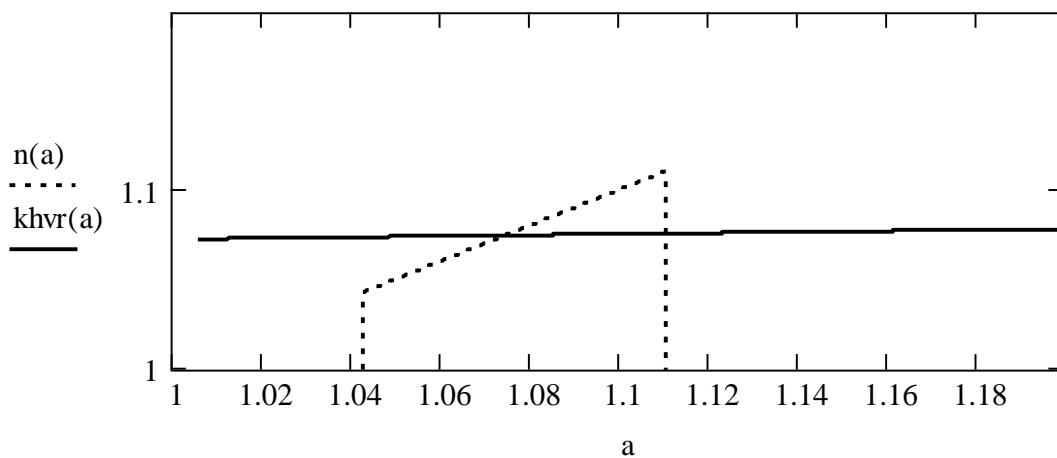
sp := 1.005 s := sp, (sp + 0.001) .. 1.3

c(s) := khvr(s) - s z(s) := 0



s := sp Khv := root(c(s), s) Khv = 1.075

e(b) := khvr(b) - Khv e(Khv) = -4.699×10^{-5} n(a) := if[(|e(a)|) < 0.001, a, 0]



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$e(1.035) = -1.229 \times 10^{-3} \quad e(1.11) = 9.776 \times 10^{-4} \quad e(1.055) = -6.301 \times 10^{-4}$$

Αιαιαοδ σαηοαδι η οηαι ειραεοδι ηοηηοι

$$dw1 := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot zn^2 \cdot z\varepsilon^2 \cdot T1 \cdot un \cdot Khv \cdot Kh\beta}{\psi bd \cdot u \cdot \sigma^2}}$$

λαηηεαευη αιηοηεε ηαοευ η ειραεοιεο ιαιδοαο

$$mhr := \frac{dw1}{z1} \quad dw1 = 70.893$$

$$mhr = 1.969$$

Εηαιοιαο ηαοευ, αευ ιδυηιραεο ιαδααα÷ km := 14

Εηαιοιαο, ηι αδαοιαο^ο οηηαιε ιαααιοαεαιυ η οεθεη αιηου ς οηηε ςαααρα÷αιηυ ςαηηηζ ι³οηηο³ ςοα³α

$$Kf\beta1 := 0.759 + 1.081 \cdot \psi bd - 0.985 \cdot \psi bd^2 + 0.423 \cdot \psi bd^3 + 0.232 \cdot kod$$

$$Kf\beta2 := 0.380 \cdot \psi bd \cdot kod^2 + 0.313 \cdot \psi bd^2 \cdot kod - 0.0549 \cdot kod^2 - 1.022 \cdot \psi bd \cdot kod$$

$$Kf\beta := Kf\beta1 + Kf\beta2$$

Εηαιοιαο, ηι αδαοιαοα οηδιο ςοαα σαηοαδι

$$Yf := 3.518 + \frac{6.0}{z1 - 10} - \frac{0.11}{z1 - 16} + (z1 - 60) \cdot 0.00034$$

Αηηοηεη ιαιδοαε η ςαηηο σf := 200 Ιθα

ηηηαευη αιηοηεε ηαοευ η ιαιδοαο ςαηηο

$$mf := km \cdot \sqrt{\frac{T1 \cdot Kf\beta \cdot Yf}{z1^2 \cdot \psi bd \cdot \sigma f}}$$

ΔΑÇÓËÜÒÀÒÈ

οηδαοοιεηαε ηαοευ ς οηηε ςαααρα÷αιηυ αιηοηεε ιαιδοα ιδε ςαηη³ ςοαα

$$mf = 0.806 \quad mm$$

οηδαοοιεηαε ηαοευ ς οηηε ςαααρα÷αιηυ ειραεοηηζ ι³οηηο³ ςοαα

$$mhr = 1.969 \quad mm$$

					ΚΡΒ 21-224.00.00.000 Π3	Αρκ.
3μ.	Αρκ.	№ документа	Πιδνις	Δαηα		

q := 0..4 m_q := qq := 5..7 r := 8 qqq := r..13 j := 0..13

1
1.25
1.75
2
2.5

$$m_{qq} := m_4 + \frac{qq - 4}{2}$$

$$qr(qqq) := \text{if}[r \neq qqq, (qqq - r) + 1, 1]$$

$$m_{qqq} := m_7 + 2 \cdot qr(qqq) \qquad \text{mod}_j := m_j$$

$$mr1(j) := \text{if}(mf < \text{mod}_j, \text{mod}_j, 0) \qquad mr2(j) := \text{if}(mhr < \text{mod}_j, \text{mod}_j, 0)$$

$$m(j) := \text{if}(mr1(j) \neq 0, \text{if}(mr2(j) \neq 0, mr2(j), 0), 0)$$

mr1(j) =

1
1.25
1.75
2
2.5
3
3.5
4
6
8
10
12
14
16

mr2(j) =

0
0
0
2
2.5
3
3.5
4
6
8
10
12
14
16

m(j) =

0
0
0
2
2.5
3
3.5
4
6
8
10
12
14
16

З проведених розрахунків видно, що найменше розрахункове значення модуля прямозубого зубчатого зачеплення, яке відповідає нормальним значенням становить $m = 1,969$ мм. Рекомендовано підбирати значення модуля з першого ряду нормальних значень. Для виконання проектних робіт може бути прийнятий модуль $m = 2$ мм.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

4. Безпека Життєдіяльності, Основи Охорони Праці

4.1. Розрахунок заземлення

Мета розрахунку заземлення – визначити кількість електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень. Площа ділянки 51 кв.м. Верстати (4 одиниць),

Вихідні дані:

1. Захищений об'єкт - обладнання ділянки, кількість верстатів – 4, виробнича площа 36 кв.м.
2. Захищений об'єкт - стаціонарний.
3. Напруга мережі - 380 В.
4. Виконання мережі - з глухо заземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою - вертикальний .
6. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_b = 4,5$ м; діаметр $d = 0,03$ м, кутник 40х40. Відношення відстані між трубами до їх довжини $\frac{L_b}{l_b} = 1$.
7. Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): $L_c = L_{з.с.}$ – згідно з розрахунком, м; ширина стрічки $b_c = 0,04$.
8. Глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_b = 0,5$ м, горизонтальних $h_c = 0,5$.
9. Грунт – супісок, склад однорідний, вологість мала.
10. Кліматична зона – II.

Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ воно відноситься до класу П–II; за вибухонебезпекою згідно з ПУЕ - до класу В–I.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив	Дунець					Літ	Аркуш
Перевірив	Шанайда						Аркушів
Рецензент					Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002” м.Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр.МВс-41		
Н. контр.	Кобельник						
Зав. каф.	Кобельник						

3.Визначаємо R_d - допустиме значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_d \leq 4$ Ом.

4.Визначаємо $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується приймаємо $\rho_{табл}$. – 300 Ом· м, [14], табл. 2.14.

5.Визначаємо $K_{с.в}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів, для даної кліматичної зони II. приймаємо $K_{с.в} = 1,5$ [16] табл.7.4.

6.Визначаємо значення $K_{с.г}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною II, приймаємо $K_{с.г} = 3,5$, [16] табл.2.16.

7.Визначаємо $\rho_{розр.в}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів

$$\rho_{розр.в} = \rho_{табл} \cdot K_{с.в}; \quad (4.1)$$

де $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору,

$K_{с.в}$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.в} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом.}$$

8.Визначаємо $\rho_{розр.г}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.г} = \rho_{розр.в} \cdot K_{с.г}; \quad (4.2)$$

де $\rho_{розр.г}$ – приблизне значення питомого опору; $K_{с.г}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача;

$$\rho_{розр.г} = 300 \cdot 3,5 = 1050 \text{ Ом.}$$

9.Визначаємо t

$$t = h_b + \frac{l_b}{2} = 0,5 + \frac{4,5}{2} = 2,75$$

10. Визначаємо R_e – опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі.

$$R_e = \frac{\rho_{розр.в}}{2\pi \cdot l_b} \left(\ln \frac{2,1l_b}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_b}{4,2t - l_b} \right); \quad (4.3)$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\text{в}} = \frac{450}{3,14 \cdot 4,5} \left(\ln \frac{2,1 \cdot 4,5}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot 2,75 + 4,5}{4,2 \cdot 2,75 - 4,5} \right) = 18,31 \text{ Ом.}$$

9. Визначаємо $n_{\text{т.в.}}$ теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання, тобто $\eta_{\text{в.в.}} = 1$

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.4)$$

де $R_{\text{в}}$ – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

$R_{\text{д}}$ – допустиме значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{18,31}{4 \cdot 1} \approx 4 \text{ шт.}$$

10. Визначаємо $n_{\text{в.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх по контуру при числі заземлювачів $n_{\text{т.в.}} = 4$ шт. та при відношенні $\frac{L_{\text{б}}}{l_{\text{б}}} = 1$.

За табл. 2.17 [16] приймаємо $\eta_{\text{в.в.}} = 0,41$.

11. Визначаємо $n_{\text{н.в.}}$ – необхідна кількість штук вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.5)$$

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{18,6}{4 \cdot 0,41} \approx 5 \text{ шт.}$$

12. Визначаємо $R_{\text{розр.в.}}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_{\text{н.в.}} = 5$ шт без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_{\text{в}}}{n_{\text{н.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.6)$$

де $n_{\text{н.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

$R_{\text{в}}$ – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{186}{114 \cdot 0,41} = 3,97 \text{ Ом.}$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

13. Визначаємо L_{ϵ} – відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_{\epsilon}/l_{\epsilon} = 1$, звідси :

$$L_{\epsilon} = 1 \cdot l_{\epsilon}; \quad (4.7)$$

де l_{ϵ} – довжина вертикального електрода;

$$L_{\epsilon} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м.}$$

14. Визначаємо $L_{з.с.}$ – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлення.

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot L_{\epsilon} \cdot n_{н.в.} \quad (4.8)$$

де $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних заземлювачів; L_{ϵ} – відстань між вертикальними заземлювачами;

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 5 = 7,87 \text{ м.}$$

15. Визначаємо $R_{г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці).

$$R_{г.з.с.} = \frac{\rho_{розр.г.}}{2\pi \cdot L_{з.с.}} \ln \frac{L_{з.с.}^2}{d \cdot t}; \quad (4.9)$$

$$R_{г.з.с.} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 538} \ln \frac{61,9}{0,03 \cdot 2,75} = 4,19 \text{ Ом}$$

16. Визначаємо $\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними значеннями або за чотирикутним контуром при відношенні $L_{\epsilon}/l_{\epsilon} = 1$ та необхідної кількості вертикальних заземлювачів $n_{н.в.} = 5$ шт приймаємо $\eta_{в.г.} = 0,19$ [16] табл.2.18. При паралельно включених горизонтальних заземлювачах $\eta_{в.г.}$ визначають з табл. 2.19, [13].

17. Визначаємо $R_{розр.г.}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальних заземлювачах (з'єднуючій стрічці) при числі електродів що дорівнює 1.

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{г.з.с.}}{n_2 \cdot \eta_{в.г.}}; \quad (4.10)$$

де $R_{г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі;

$\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{розр.г.} = \frac{4,19}{1 \cdot 0,19} = 22 \text{ Ом}$$

18. Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г.} = \frac{R_{розр.в.} \cdot R_{розр.г.}}{R_{розр.в.} + R_{розр.г.}} ; \quad (4.11)$$

де $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах;

$$R_{розр.в.г.} = \frac{3,97 \cdot 22}{3,97 + 22} \approx 3,96 \text{ Ом}$$

19. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників. За табл.2.20 [17] вибираємо голі мідні $S_m=4 \text{ мм}^2$ або алюмінієві провідники $S_a=6 \text{ мм}^2$

20. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини. За табл. 2.20 [17] приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_c=4 \text{ мм}$ і перетином не менше $\sigma = 100 \text{ мм}^2$.

21. Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою).

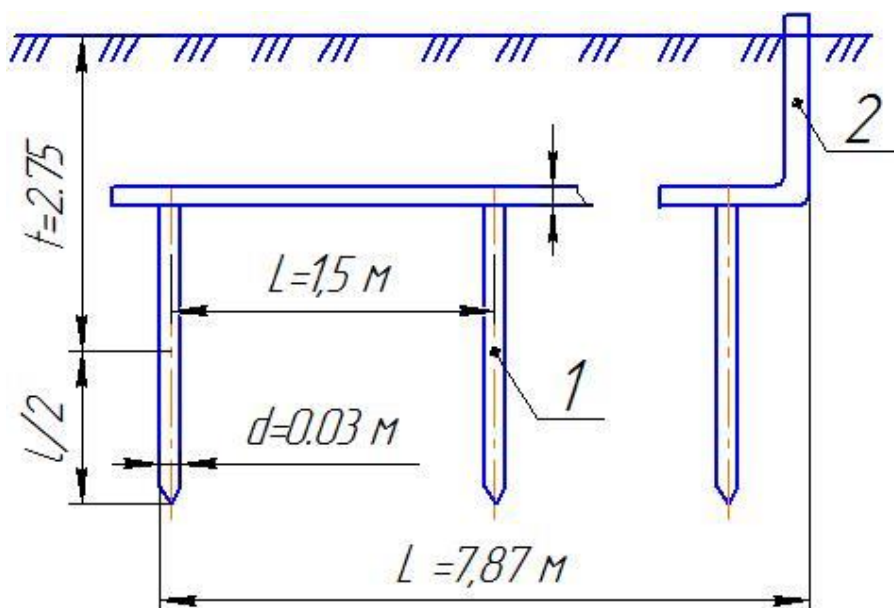


Рис. 4.1 Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновок до розділу.

У розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування дільниці з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Вказано вимоги до виробничого обладнання. Для дільниці площею 36 кв.м., здійснено розрахунок заземлення. Спроектвано схему з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм. Площа дільниці 36 кв.м. Характеристики заземлення: кількість заземлювачів – 4, довжина з'єднувальної стрічки 6,5 м., діаметр заземлювачів - 0,04 м, матеріал - кутник 40x40.

4.2. Безпека Життєдіяльності

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта - це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Ціль оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому [19].

Оцінка стійкості роботи об'єкта це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання.

У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування.

Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектної забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови,

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві. Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожувальних конструкцій цехів. Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-вимірювальної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунально-енергетичні мережі одержать ті або інші руйнування. Визначається забезпеченість працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку. Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час. Оцінюються стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

Оцінка стійкості роботи об'єкта організовується начальником ЦО (директором підприємства), його штабом і головними фахівцями: головним інженером, головним механіком, головним технологом, головним енергетиком. До оцінки стійкості залучаються начальники служб і інші фахівці. **4. Безпека**

Життєдіяльності, Основи Охорони Праці

4.1. Розрахунок заземлення

Мета розрахунку заземлення – визначити кількість електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень. Площа ділянки 51 кв.м. Верстати (4 одиниць),

Вихідні дані:

11.Захищений об'єкт - обладнання ділянки, кількість верстатів – 4, виробнича площа 36 кв.м.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

12.Захищений об'єкт - стаціонарний.

13.Напруга мережі - 380 В.

14.Виконання мережі - з глухо заземленою нейтраллю.

15.Тип заземлювального пристрою - вертикальний .

16.Розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_b = 4,5$ м; діаметр $d = 0,03$ м, кутник 40x40. Відношення відстані між трубами до їх довжини $\frac{L_b}{l_b} =$

1.

17.Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): $L_2=L_{з.с.}$ – згідно з розрахунком, м; ширина стрічки $b_c=0,04$.

18.Глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_b=0,5$ м, горизонтальних $h_2=0,5$.

19.Грунт – супісок, склад однорідний, вологість мала.

20.Кліматична зона – II.

Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ воно відноситься до класу П–II; за вибухонебезпечністю згідно з ПУЕ - до класу В–I.

11. Визначаємо R_d - допустиме значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_d \leq 4$ Ом.

12. Визначаємо $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується приймаємо $\rho_{табл} = 300$ Ом· м, [14], табл. 2.14.

13. Визначаємо $K_{с.в.}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів, для даної кліматичної зони II. приймаємо $K_{с.в.} = 1,5$ [16] табл.7.4.

14. Визначаємо значення $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною II, приймаємо $K_{с.г.} = 3,5$, [16] табл.2.16.

15. Визначаємо $\rho_{розр.в}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів

$$\rho_{розр.в.} = \rho_{табл.} \cdot K_{с.в.}; \quad (4.1)$$

де $\rho_{табл.}$ – приблизне значення питомого опору,

$K_{с.в.}$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.в.} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом.}$$

16. Визначаємо $\rho_{розр.г.}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.г.} = \rho_{розр.в.} \cdot K_{с.г.}; \quad (4.2)$$

де $\rho_{розр.г.}$ – приблизне значення питомого опору; $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача;

$$\rho_{розр.г.} = 450 \cdot 3,5 = 1575 \text{ Ом.}$$

17. Визначаємо t

$$t = h_b + \frac{l_b}{2} = 0,5 + \frac{4,5}{2} = 2,75$$

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

18. Визначаємо R_{ϵ} – опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі.

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{\text{розр.в.}}}{2\pi \cdot l_B} \left(\ln \frac{2,1l_{\epsilon}}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_{\epsilon}}{4,2t - l_{\epsilon}} \right); \quad (4.3)$$

$$R_{\epsilon} = \frac{450}{3,14 \cdot 4,5} \left(\ln \frac{2,1 \cdot 4,5}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot 2,75 + 4,5}{4,2 \cdot 2,75 - 4,5} \right) = 18,31 \text{ Ом.}$$

9. Визначаємо $n_{\text{т.в.}}$ теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання, тобто $\eta_{\text{в.в.}} = 1$

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.4)$$

де R_{ϵ} – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;
 R_0 – допустиме значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

$$n_{\text{т.в.}} = \frac{18,31}{4 \cdot 1} \approx 4 \text{ шт.}$$

10. Визначаємо $n_{\text{в.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх по контуру при числі заземлювачів $n_{\text{т.в.}} = 4$ шт. та при відношенні $\frac{L_b}{l_b} = 1$.

За табл. 2.17 [16] приймаємо $\eta_{\text{в.в.}} = 0,41$.

11. Визначаємо $n_{\text{н.в.}}$ – необхідна кількість штук вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.5)$$

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{18,6}{4 \cdot 0,41} \approx 5 \text{ шт.}$$

13. Визначаємо $R_{\text{розр.в.}}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_{\text{н.в.}} = 5$ шт без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_B}{n_{\text{н.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (4.6)$$

де $n_{\text{н.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;
 R_{ϵ} – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{186}{114 \cdot 0,41} = 3,97 \text{ Ом.}$$

13. Визначаємо L_{ϵ} – відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_{\epsilon}/l_{\epsilon} = 1$, звідси :

$$L_{\epsilon} = 1 \cdot l_{\epsilon}; \quad (4.7)$$

де l_{ϵ} – довжина вертикального електрода;

$$L_{\epsilon} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м.}$$

14. Визначаємо $L_{\text{з.с.}}$ – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлення.

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot L_{в} \cdot n_{н.в.} \quad (4.8)$$

де $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних заземлювачів; $L_{в.}$ – відстань між вертикальними заземлювачами;

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 5 = 7,87 \text{ м.}$$

15. Визначаємо $R_{г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці).

$$R_{г.з.с.} = \frac{\rho_{розр.г.}}{2\pi \cdot L_{з.с.}} \ln \frac{L_{з.с.}^2}{d \cdot t}; \quad (4.9)$$

$$R_{г.з.с.} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 538} \ln \frac{61,9^2}{0,03 \cdot 2,75} = 4,19 \text{ Ом}$$

16. Визначаємо $\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними значеннями або за чотирикутним контуром при відношенні $L_{в}/l_{в} = 1$ та необхідної кількості вертикальних заземлювачів $n_{н.в} = 5$ шт приймаємо $\eta_{в.г.} = 0,19$ [16] табл.2.18. При паралельно включених горизонтальних заземлювачах $\eta_{в.г.}$ визначають з табл. 2.19, [13].

17. Визначаємо $R_{розр.г.}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальних заземлювачах (з'єднуючій стрічці) при числі електродів що дорівнює 1.

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{г.з.с.}}{n_2 \cdot \eta_{в.г.}}; \quad (4.10)$$

де $R_{г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі;

$\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

$$R_{розр.г.} = \frac{4,19}{1 \cdot 0,19} = 22 \text{ Ом}$$

18. Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г.} = \frac{R_{розр.в.} \cdot R_{розр.г.}}{R_{розр.в.} + R_{розр.г.}}; \quad (4.11)$$

де $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах;

$$R_{розр.в.г.} = \frac{3,97 \cdot 22}{3,97 + 22} \approx 3,96 \text{ Ом}$$

19. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників За табл.2.20 [17] вибираємо голі мідні $S_m = 4 \text{ мм}^2$ або алюмінієві провідники $S_a = 6 \text{ мм}^2$

21. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини За табл. 2.20 [17] приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_c = 4 \text{ мм}$ і перетином не менше $\sigma = 100 \text{ мм}^2$.

22. Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою).

					КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

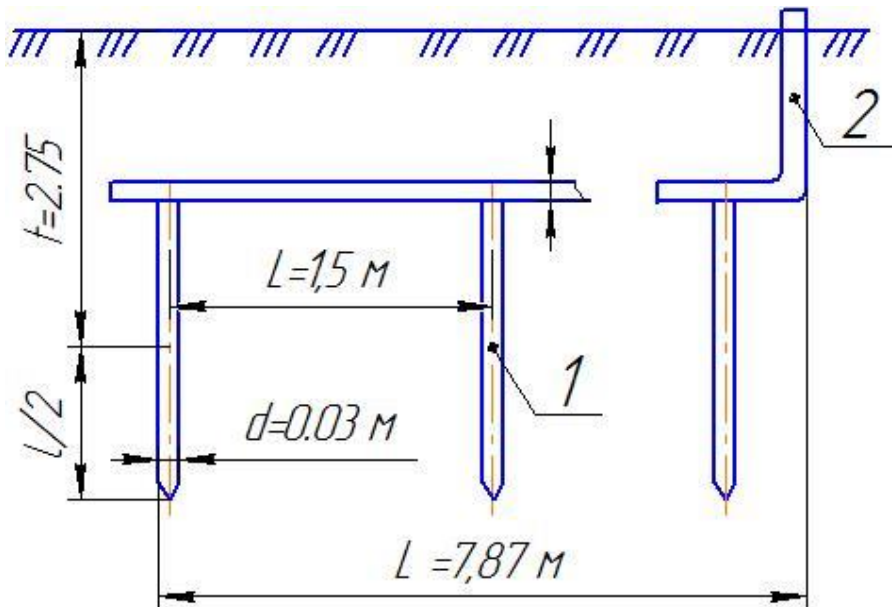


Рис. 4.1 Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм

Висновок до розділу.

У розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування ділянки з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Вказано вимоги до виробничого обладнання. Для ділянки площею 36 кв.м., здійснено розрахунок заземлення. Спроектвано схему з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм. Площа ділянки 36 кв.м. Характеристики заземлення: кількість заземлювачів – 4, довжина з'єднувальної стрічки 6,5 м., діаметр заземлювачів - 0,04 м, матеріал - кутник 40x40.

4.2. Безпека Життєдіяльності

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта - це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Ціль оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому [19].

Оцінка стійкості роботи об'єкта - це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ

Арк.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання. У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування. Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектною забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови,

розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві. Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожувальних конструкцій цехів. Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-виміральної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунально-енергетичні мережі одержать ті або інші руйнування.

Визначається забезпеченість працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку.

Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час. Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Оцінка стійкості роботи об'єкта організовується начальником ЦО (директором підприємства), його штабом і головними фахівцями: головним інженером, головним механіком, головним технологом, головним енергетиком. До оцінки стійкості залучаються начальники служб і інші фахівці.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновок

Атестаційна робота за темою «Верстатно-інструментальна опора для обробки деталі "Циліндр-21ДП40006.06.00.002"» здійснено:

- аналіз теоретичної бази для проектування структурних елементів вертикально-фрезерних верстатів;
- Аналіз схем формування для подальшого впровадження на проектованих верстатах.
- проаналізувати та оптимізувати компоновання розробленої машини ;
- Проведено технічний аналіз виробничого приміщення та багато розрахунків для визначення навантажень у процесі обробки.
- проведений кінематичний розрахунок приводу головного руху верстата;
- проведено конструювання окремих елементів верстатного обладнання;
- розроблено конструкції технологічного оснащення для реалізації технологічного процесу механічної обробки деталі " Циліндр-21ДП40006.06.00.002";
- проведено автоматизовані розрахунки з використанням засобів САПР;
- Сформулювати заходи з охорони праці при використанні розроблених верстатів у виробничому процесі.
- Розробка заходів безпеки життєдіяльності в умовах механічного виробництва ;

В основу запропонованої конструкції покладено кінематичний розрахунок головного приводу токарного верстата з робочим колесом ЧПК; У розділі «Охорона праці» визначено вимоги дотримання вимог охорони праці. розрахунок землі з точки зору охорони праці. Визначаються виробничі вимоги пристрій. Оцінка стійкості роботи промислових підприємств від впливу факторів ризику .

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Дунець</i>				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі "Циліндр-21ДП40006.06.00.002"			
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>м. Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр.МВс-41</i>		

Список літератури

1. Врагов Ю.Д. Анализ компонок металлорежущих станков: (Основы компонетики)./ Врагов Ю.Д. –М: Машиностроение, 1978. – 208 с
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Том 1 /Под. ред . И.Н. Жестковой. М.:Машиностроение,2001. – 920 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Том 2/ Под. ред . И.Н. Жестковой. М.:Машиностроение,2001. – 912 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Том 3/ Под. ред . И.Н. Жестковой. М.:Машиностроение,2001. – 864 с.
5. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий / А. Г. Маеров. - М. : Машиностроение, 1986. - 367 с.
6. Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Маш-ние, 1986. - 526с.
7. Кінематичний розрахунок приводів рухів металообробного обладнання (теорія та приклади). Методичний посібник./[Луців.І.В., Дубецький І.Д., Шарик М.В., Кобельник В.Р.] Тернопіль, ТНТУ, 2008. – 103 с.
8. Основы кинематического расчета металлорежущих станков. Методические рекомендации по курсовому и дипломному поректированию металлорежущих станков/ Дубиняк С.А., Нагорняк С.Г., Дубецкий И.Д. Тернополь, 1980. – 84 с.
9. Розрахунок передач, валів, муфт і тягових пристроїв металорізальних верстатів / Дубиняк С.А., Нагорняк С.Г., Дубецький І.Д. :Тернополь, 1980. – 61 с.
10. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ/ С.А.Дубиняк, С.Г.Нагорняк, И.В.Луцив, И.Д.Дубецкий :Киев УМК ВО, 1989. – 152 с.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Дунець				Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Шанайда							
Рецензент						<i>м.Тернопіль ТНТУ ФМТ, гр.МВс-41</i>		
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Кобельник							

11. Свирщевский Ю.И. Расчет и конструирование коробок скоростей и подач. / Свирщевский Ю.И., Макейчик Н.Н. – Минск: Вышэйшая школа 1976. – 592 с.
12. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режимы різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
13. Кухарський О. М., Куцак І.В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
14. Анурьев В. Н. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. – М: Машиностроение, 1984. – 529 с., ил.
15. Нефедов Н. А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. Изд. 3-е, перераб. И доп. – М: Машиностроение 1976. – 288 с.
16. Куцак О. М. Методичні вказівки для виконання економічної частини дипломного проекту. Тернопіль: ТК ТНТУ, 2019. 13с.
17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
18. Журавлев В.Н., Николаева О.Н. Машиностроительные стали. Справочник. М: Машиностроение, 1981. 393 с.
19. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 276 с.

					<i>КРБ 21-224.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ВІ
Кобельник В.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту ДУНЕЦЬ ОЛЕГУ ВОЛОДИМИРОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”

Керівник роботи Шанайда Володимир Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» грудня 2022 року № 4/7-1057
2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023 р.
3. Вихідні дані до роботи креслення деталі ”Циліндр-21ДП40006.06.00.002”;
технологічний процес механічної обробки; паспорт металорізального верстата мод. ГФ2171С5

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи;
технологічний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки;
розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій;
конструювання коробки швидкостей вертикально-фрезерного верстата
аналіз механізму кріплення металорізальних інструментів
розробка питань з Охорони Праці та Безпеки Життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
технологічний аналіз – 2 аркуша формату А1;
кінематична схема вертикально-свердлильного верстата –1 аркуш формату А1;
складальне креслення коробки швидкостей верстата –1 аркуш формату А0;
механізм кріплення металорізальних інструментів –1 аркуш формату А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., доц. Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 29 грудня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.01.2023 р.	
	аналіз базового технологічного процесу	25.01.2023 р.	
	аналіз характерних особливостей об'єкта виробництва	02.02.2023 р.	
	огляд літератури з проблематики кваліфікаційної роботи	06.02.2023 р.	
	формування плану кваліфікаційної роботи	10.02.2023 р.	
	схвалення переліку графічного матеріалу	10.02.2023 р.	
	розрахунок кінематичної структури верстата	14.02.2023 р.	
	розробка кінематичної схеми верстата	28.02.2023 р.	
	розрахунок коробки швидкостей верстата	21.03.2023 р.	
	конструювання коробки швидкостей верстата	11.04.2023 р.	
	конструювання механізму кріплення металорізальних інструментів	25.04.2023 р.	
	розробка питань Безпеки Життєдіяльності та основ Охорони Праці	16.05.2023 р. 23.05.2023 р.	
	остаточне оформлення графічного матеріалу	08.06.2023 р.	
	остаточне оформлення пояснювальної записки	16.06.2023 р.	

Студент

(підпис)

Дунець О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шанайда В.В.

(прізвище та ініціали)