

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**  
**Кафедра автомобільного транспорту**



## **Навчально-методичний посібник**

до виконання дипломного проєкту  
для студентів освітньо-професійного ступеня «Фаховий молодший бакалавр»  
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

Житомир - 2025

Навчально-методичний посібник до виконання дипломного проєкту для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр» спеціальності 274 Автомобільний транспорт. – Житомир. ЖАТФК, 2025. – 55 с.

Навчально-методичний посібник розроблений відповідно до до освітньо-професійної програми «Автомобільний транспорт» освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр» спеціальності 274 Автомобільний транспорт.

Викладено вимоги, рекомендації, методику та організацію виконання дипломного проєкту.

Укладачі:

**Мельничук С. В.** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобільного транспорту;

**Рудзінський В.В.** – д.т.н., професор, викладач кафедри автомобільного транспорту;

**Ємець Б. В.** – к.т.н., викладач кафедри автомобільного транспорту;

**Рябчук О. П.** – к.с.-г.н., завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін;

**Ломакін В.О.** – к.т.н., викладач кафедри автомобільного транспорту;

**Довбиш А. П.** – к.т.н., викладач кафедри автомобільного транспорту.

Рецензент: к.т.н., доц. Шостачук А.М.

Методичні вказівки розглянуті та  
рекомендовані до видання на засіданні кафедри  
«Автомобільний транспорт»

Протокол № 6 від «08» 01 2025 р.

Затверджено методичною радою  
Житомирського агротехнічного фахового  
коледжу

Протокол № 4 від «16» 01 2025 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	5
1.1. Вимоги до професійної підготовки випускника .....	5
1.2. Особливості підготовки до виконання проєкту .....	7
1.3. Методологія пошуку інформації .....	8
1.4. Структура та зміст проєкту .....	10
1.5. Організація роботи над проєктом .....	14
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ОБ'ЄКТИВНО-ОРІЄНТОВНОГО ПРОЄКТУВАННЯ .....	15
2.1. Методичні рекомендації керівникам дипломних проєктів .....	15
2.2. Методичні рекомендації консультантам дипломних проєктів .....	16
2.3. Методичні рекомендації нормоконтролера дипломних проєктів .....	17
2.4. Методичні рекомендації для студента-дипломника .....	18
2.5. Порядок виконання дипломних проєктів .....	19
2.6. Правила оформлення пояснювальної записки .....	25
РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ .....	29
3.1. Приклад виконання конструкторсько-розрахункової частини .....	29
3.2. Приклад виконання економічної частини .....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	50
ДОДАТКИ .....	53

## ВСТУП

Дипломний проект – це самостійна навчально-аналітична та графічна робота студента на завершальному етапі підготовки фахівця, метою якої є вирішення завдань під час його випускної кваліфікаційної роботи, що засвідчує професійну підготовку випускника, на підставі чого екзаменаційна комісія має оцінити та присвоїти рівень підготовки та атестувати на відповідний освітній ступінь випускника. В процесі підготовки випускної кваліфікаційної роботи дипломник поглиблює раніше набуті знання, формує вміння та навички. Дипломний проект є завершеною індивідуальною самостійною роботою, яка повинна мати теоретичну та практичну значущість.

Дипломний проект – це праця, що підтверджує рівень як загальної, так і спеціалізованої професійної та методичної підготовки студента. При цьому дана робота студента має демонструвати його володіння аналітичними методами та складними інструментами графічної побудови проекту.

Мета даного посібника – уніфікація відображення проведених теоретичних та експериментальних досліджень відповідно до завдання з дипломного проекту, правильності оформлення пояснювальної записки, доповіді та ілюстрацій для захисту в Державній екзаменаційній комісії (ДЕК).

Оформлення дипломного проекту виконується відповідно до діючого стандарту: ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. Кваліфікаційна робота бакалавра готується студентом самостійно, під керівництвом викладача, який, як правило, має науковий ступінь.

Методичний посібник підготовлений у відповідності до вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Основою методичного посібника є освітньо-кваліфікаційна характеристика та освітньо-професійна програма підготовки освітньо-професійного ступеня «Фаховий молодший бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» [1]. Автори виражають подяку рецензенту за допомогу у поліпшенні структури та змісту видання, членам методичної ради Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

# 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1. Вимоги до професійної підготовки випускника

Вимоги до професійної підготовки зазначені у галузевих стандартах вищої освіти України з підготовки освітньо-професійного ступеня (ОПС) «Фаховий молодший бакалавр» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт», які викладені у освітній професійній програмі та освітньо-кваліфікаційній характеристиці.

Вимоги до атестації фахівців ОПС «Фаховий молодший бакалавр» викладені у відповідності до регламенту, що зазначені у положенні про організацію навчального процесу коледжу.

Слід зазначити, що в даному посібнику викладені систематизовані методичні рекомендації з підготовки і захисту випускних кваліфікаційних робіт ОПС «Фаховий молодший бакалавр» спеціальності «Автомобільний транспорт» виробничого спрямування.

Випускник зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» повинен в умовах виробництва вирішувати такі професійні задачі:

- організація високоефективного використання автомобілів, в першу чергу, для сільськогосподарського виробництва;
- виконання стандартних і сертифікаційних випробувань автомобілів;
- ефективне використання матеріалів, алгоритмів та програм розрахунків експлуатаційних параметрів автомобілів;
- монтаж, пусконаладження та стабілізація режимів роботи і заданих параметрів автомобілів, які безпосередньо використовуються в технологічних процесах;
- вміти вести технічну документацію, яка пов'язана з монтажем, експлуатацією та пусконаладженням автомобілів;
- забезпечити високу надійність експлуатації автомобілів;
- організовувати роботу колективів виконавців, приймати оптимальні управлінські рішення;

- здійснювати технічний контроль, вимірювання і управління якістю в процесі виробництва;
- вміти налагоджувати роботу колективу з дотриманням виробничої і трудової дисципліни, вимог безпеки життєдіяльності та координації діяльності членів колективу;
- оцінювати затрати на інженерно-технічне забезпечення виробництва;
- аналізувати стан та динаміку показників якості об'єктів діяльності з використанням сучасних методів дослідження;
- удосконалювати конструкцію окремих частин та автомобілів у цілому, оптимізувати робочий процес і параметри експлуатації автомобілів;
- вміти знаходити оптимальні рішення багатокритеріальних задач;
- розробляти нові методи і технічні засоби відновлення та зміцнення зношених вузлів і деталей;
- вміти формувати цілі та програму проекту, критерії та показники досягнення цілей, визначення пріоритетів вирішення задач з врахуванням різних аспектів діяльності;
- розробляти проекти об'єктів професійної діяльності, технічних умов, стандартів і технічних інструкцій до автомобілів і обладнання;
- розробляти узагальнені варіанти вирішення проблем, прогнозування наслідків.

Окрім цього, випускник повинен знати:

- нормативні документи з використання автомобілів у народному господарстві;
- передовий вітчизняний і зарубіжний досвід експлуатації автомобілів;
- методи виконання технічних розрахунків, пов'язаних з механізацією процесів виробництва;
- основи теорії розрахунку енергетичних засобів та технологічного обладнання;
- вимоги до експлуатаційних матеріалів;
- будову автомобіля і його обладнання та правила їх технологічного налагодження;

- суть економіки, оплати та нормування праці;
- мати навички в управлінні енергетичними засобами, автомобілями та обладнанням вітчизняного і зарубіжного виробництва.

## **1.2. Особливості підготовки до виконання проекту**

Темпи науково-технічного прогресу нині вимагають, щоб теперішній фахівець постійно навчався, а не тільки формально, в стінах вищого навчального закладу. Тому з першого дня навчання в коледжі необхідно орієнтувати студента на заключний етап навчання – випускню кваліфікаційну роботу. Навчання за розкладом, самостійна робота студента, його участь у науковій діяльності кафедри, все це має працювати на виконання цієї роботи. До того ж, майбутній фахівець повинен вчитися і після завершення навчання у вищому навчальному закладі, здобувати знання та підвищувати свій фах неформальним шляхом [3].

Отже, в процесі навчання майбутній фахівець повинен зважити і оцінити різні проблеми свого напрямку, сформулювати задумку підготувати проект, чітко визначити основні задачі та вирішити їх у теоретичному чи аналітичному дослідженні або узагальнити практичний досвід. Нарешті, визначити та накопичити інформаційний матеріал. Зібрати максимальну кількість різних джерел – головна задача підготовчого етапу до виконання проекту.

Вибір теми випускної роботи має бути гармонізованим з науково-практичними інтересами студента, з науково-методичним напрямком роботи кафедри, з пропозиціями керівника та врахувати інтереси майбутньої діяльності випускника.

Тому вибір теми проекту є складним та серйозним етапом роботи, враховуючи її значимість, новизну та актуальність. Вибір теми повинен супроводжуватися попередньою роботою студента над літературою. Тема випускної роботи може бути запропонована самим студентом, при наявності у нього напрацювань та власних науково-практичних інтересів.

Таким чином, вибрана тема формує в студента особисту відповідальність та обумовлює, в подальшому, особисту захопленість студента, попри технічним і психологічним труднощям, які матимуть місце при виконанні роботи.

Керівник приймає активну участь у формуванні теми, на підставі особистих і фахових інтересів студента, його можливостей та індивідуальних властивостей. Керівник може запропонувати перспективні напрямки існуючих проблем у механізації процесів того чи іншого виробництва. Він повинен надавати науково-методичну допомогу студенту, систематично контролювати виконання роботи, надавати консультацію, вносити корективи та оцінювати рівень готовності роботи. При потребі, керівник може запропонувати з окремих розділів консультантів. Ними можуть бути науково-педагогічні працівники коледжу, висококваліфіковані фахівці з виробництва або з наукових установ.

### **1.3. Методологія пошуку інформації**

Опрацювання теми проекту розпочинається із підбирання та первинного вивчення інформації. Слід відзначити, що інформаційні джерела різноманітні, мають різний рівень фундаментальності, систематизації, упорядкованості, новизни, цілісності, хронологічності, вірогідності тощо.

Є джерела інформації неперіодичні – монографії, збірники, наукові видання, матеріали наукових конференцій, патенти, авторські свідоцтва. Особливістю їх є фундаментальність та новизна викладеної інформації. Періодичні видання – журнали, газети подають свіжу інформацію, але не завжди достатню і закінчену [3].

Видання, які мають вузьку спеціалізацію – це бюлетені, збірники, вчені записки тощо. Вони мають обмежену фахову спрямованість і достатню перевіреність фактів, що подаються. Дипломні проекти мають також фахову обмеженість, але відрізняються достатньою глибиною та хронологічністю інформації, є фундаментальними і вірогідними.



Інформаційні видання – реферативні журнали, експрес-інформація, огляди. Вони мають націлити студента на більш глибокий пошук інформації в монографіях, дисертаціях тощо.

Довідкова література, до якої відносять словники, довідкові видання, енциклопедії дають початкову, загальну інформацію про об'єкт вивчення, орієнтують дослідника на подальший пошук.

І, нарешті, бібліографічні видання повинні бути вивчені напередодні інформаційного пошуку і є «компасом» у інформаційному полі [3].

При відбиранні інформації насамперед необхідно дотримуватись таких критеріїв: вірогідність, важливість, точність та значимість. Узагальненим критерієм, відбирання інформації, є її релевантність, тобто потрібність її для вирішення поставлених задач у конкретному проекті. Окрім цього, враховуються критерії: об'єктивність, цінність та зрозумілість інформації. Перш за все перевіряють релевантність, хоча початківцю це оцінити не легко. Тут студентові повинен допомогти керівник. Після цього інформацію перевіряють на достовірність і актуальність. В цілому, в кожному конкретному випадку, вирішення задач проекту, дипломник має вибирати конкретний критерій оцінки інформації для роботи.

Зупиняючись більш детально на критеріях вибору інформації слід зазначити таке. Релевантність інформації передбачає зв'язок її з проблемою проекту та здатність її внести розуміння в поставлену проблему. Тут необхідно порівняти дану інформацію з інформаційними потребами проекту. Якщо потреби задовольняються, дипломник переходить до перевірки достовірності інформації. Достовірність перевіряється мінімум за трьома окремими джерелами. При цьому дана інформація має бути підтверджена за іншими джерелами. Вона повинна бути узгодженою з інформацією інших джерел. При цьому, необхідно знати особливості цих джерел, їх мотивацію друкувати дану інформацію, авторитетність джерела [3].

Потрібно пам'ятати, що друкowana чи передана по каналах інформація, не є обов'язково правильною, об'єктивною. Доцільно розвивати в собі вміння

критично оцінювати та відбирати інформацію. Це головне, перед тим як використовувати будь-яку отриману інформацію.

Окрім цього, інформація має бути повною чи не повною, в залежності від того, яким джерелом користується студент. Джерелами загальної інформації можуть бути енциклопедія, довідники, вікіпедія, інформація у науково-популярній періодиці. Спеціальну, детальну інформацію, можна отримати в галузевих енциклопедіях та довідниках, у монографіях та спеціальних статтях у науковій періодиці. Поглиблену інформацію можна отримати у академічних виданнях, вчених записках тощо. При цьому, необхідно користуватися інформацією не тільки на паперових носіях, але і на електронних, магнітних тощо.

Інформацію накопичують, за окремими напрямками, які формулює дипломник самостійно чи за допомогою керівника. Це важливо, тому що керівник бачить структуру всього проекту, зміст в цілому. Накопичення має відбуватися систематизовано і тривати в процесі всього періоду навчання студента при участі його в студентських наукових гуртках при кафедрі.

Отже, розподіл студентів за кафедрами має проводитися на перших курсах, а не перед від'їздом на переддипломну практику. Лише в такому разі атестаційна робота буде відповідати сучасним вимогам, а не буде компіляцією, чи що і трапляється інколи плагіатом минулорічних випускних робіт.

#### **1.4. Структура та зміст проекту**

Дипломний проект на здобуття освітньо-професійного ступеня «Фаховий молодший бакалавр» відповідної кваліфікації є завершальним етапом у навчанні на даному освітньому ступені де вирішується конкретна задача відповідної галузі народного господарства або викладенні бакалавром обґрунтовані наукові, технічні чи технологічні рішення. Роботу студент виконує самостійно і вона повинна мати науково-методичні положення достатні для публічного захисту та відповідати вимогам освітніх стандартів.

Основним вимогам відповідає така структура бакалаврської роботи:

- титульна сторінка (додаток А);

- завдання до проекту (додаток Б);
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- висновки;
- список використаних джерел;
- додатки.

Зміст повинен включати найменування всіх структурних частин роботи з номерами їхніх початкових сторінок та бути оформленим відповідно до вимог ГОСТ 2.105-95 ЄСКД «Загальні вимоги до текстових документів» і ДСТУ 3008 – 95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки».

У вступі студент повинен обґрунтувати актуальність обраної теми, викласти мету та зміст поставлених задач. Вступ має підкреслити потребу в даній розробці, її новизну, сформулювати значущість (корисність) даного проекту та його готовність і масштаби використання. Якщо фаховий молодший бакалавр за результатами випускної роботи мав виступи на засіданнях кафедри методичних комісій, на наукових конференціях різного рівня, то до вступу додається компонент «Апробація проекту». Коли за результатами виконаної роботи студент має публікації в журналах, збірниках тощо, то до вступу додається компонента «Публікації». Наприкінці вступу студент має подати структуру проекту. Наприклад: Дипломний проект складається зі вступу, 4 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел (25 найменувань), 3 додатків на 8 сторінках. Текст дипломного проекту виконано українською мовою, проілюстровано 15 таблицями та 22 рисунками.

В основній частині бакалаврського проекту виконують описування об'єкту проектування. При цьому розкривають сутність теоретичного проектування у розрізі теми цієї роботи. Після цього ставлять задачі дослідження, складають програму та методику проектування. Методика проектування повинна базуватись на загальноприйнятих базових методиках, а отримані результати, мають бути оцінюваними і валідними. В окремих випадках допускаються

спеціальні методики, але перевірені у виробничих умовах. За методикою, у відповідності до завдання, мають бути виконана графічна частина.

Як правило проектування в умовах виробництва є контрольними та відображають сутність предмета проектування.

В основній частині також наводяться результати екологічної та економічної оцінок розробки. На підставі вищенаведеного проектування студент може готувати інноваційний проект чи інжинірингову послугу. При викладанні основної частини, студент має приділяти увагу логічному зв'язку розділів, зокрема використанню результатів аналізу та досліджень у розробках та пропозиціях. Теоретична і практична частини проекту повинні відображати власну думку студента, власний досвід та досвід колег.

Кожний параграф і розділ основної частини повинні закінчуватися не виокремленими локальними висновками.

Остаточна структура основної частини роботи значною мірою залежить від її специфіки та може в певній мірі відрізнятися від даних рекомендацій.

Заключним етапом проекту є висновки. У висновках студент відображає ступінь досягнення цілей роботи шляхом систематизації в інтегрованому (узагальненому) вигляді всього змісту та результатів роботи. Цей розділ має показати незалежному читачеві (користувачеві інформації): важливість, значущість та актуальність проблеми, яким чином вона вивчалася і аналізувалася в ретроспективі іншими фахівцями, що показав аналіз, які додаткові дослідження та результати отримані ним. Вказати можливі шляхи практичного застосування результатів проектування та шляхи подальшого вирішення проблеми. Наведення загальновідомих істин, посилання на інших авторів у висновках не допускається. Рекомендується обсяг висновків готувати не більше 5% обсягу основної частини дипломного проекту.

Список використаних джерел повинен відображати самостійну роботу студенту з першоджерелами. До списку джерел включаються навчальну літературу, наукові публікації різного рівня, патенти, опубліковані звіти про науково-дослідницьку роботу, тощо. Кожне згадане у списку джерело повинно бути згаданим у рукописі роботи.

Автор дипломного проекту повинен вміти оперувати науковою термінологією, осмислювати наукові визначення, які точно характеризують проблему роботи. Оформлення бібліографічного списку здійснюють відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015, а посилання в тексті відповідно до вимог ГОСТ 2.105-95.

За бажанням автора, дипломний проект може мати додатки, до яких входять таблиці, рисунки, графіки, програми, методичні розробки тощо. Додатки розміщують в порядку появи посилань у тексті та оформляють у відповідності до вимог ГОСТ 2.105-95.

Загальний обсяг дипломного проекту має складати 60...80 сторінок машинописного тексту без додатків. Обсяг роботи визначається характером роботи та особливістю її оформлення. До пояснювальної записки роботи додається демонстраційний матеріал у вигляді креслень, плакатів, слайдів в паперовому чи електронному вигляді. В паперовому варіанті матеріал виготовляється на аркушах формату А1. В електронному варіанті демонстраційний матеріал записують на CD чи DVD-дисках, за певними програмами. Зміст та кількість демонстраційного матеріалу визначають завданням на дипломний проект і може змінюватися до моменту затвердження теми. При наявності закінчених розробок (макетів, виробів чи пристроїв), вони можуть бути зараховані за демонстраційний аркуш.

## **1.5. Організація роботи над проектом**

Успішна робота над проектом можлива лише, коли дипломник дотримується термінів при виконанні роботи, які передбачені планом і затверджені на кафедрі.

Орієнтовно можна виділити наступні види виконуваних робіт з проекту:

- визначення з об’єктом та предметом дослідження в проекті;
- складання графіка виконання проекту;
- пошук, вивчення та систематизація інформації з предмету проектування;
- видача завдання до дослідження предмету проекту;
- затвердження теми дипломного проекту;
- аналіз тенденцій функціонування об’єкту проектування;
- дослідження стану вивчення об’єкту проектування в світі;
- теоретичне дослідження предмету проектування;
- підготовка програми та методики проектування;
- обробка результатів проектування;
- графічна та аналітична інтерпретація результатів проектування;
- оптимізація (за необхідністю) результатів проектування;
- розробити та оцінити заходи екологічної та трудової безпеки об’єкту (предмету) проектування;
- економічна оцінка синтетичних рішень технологічної системи;
- підготовка висновків, рекомендацій, списку літератури, додатків;
- захист проекту на засіданні кафедри;
- отримання відзиву керівника та рецензії на проект;
- захист випускної роботи перед екзаменаційною комісією.

Таким чином організована і періодично контролювана кафедрою та керівником ритмічна робота студента над проектом може бути виконана самостійно та своєчасно [3].

## **РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ОБ'ЄКТИВНО-ОРІЄНТОВНОГО ПРОЄКТУВАННЯ**

### **2.1. Методичні рекомендації керівникам дипломних проєктів**

Керівниками дипломних проєктів, як правило, призначаються професори, доценти, викладачі, які мають науковий ступінь профілюючих кафедр.

Керівник дипломного проєктування в процесі своєї роботи систематично вивчає становище і перспективи розвитку науки і техніки своєї спеціальності. Керує роботою студентів, підготовлюючи їх до дипломного проєктування. Своєчасно і якісно розробляє тематику дипломного проєктування з урахуванням наукової роботи студентів, зроблених раніше висновків та рекомендацій державної екзаменаційної комісії. Розробляє конкретні і достатньо повні завдання на дипломне проєктування, рекомендує необхідну літературу і дає методичні рекомендації.

Керівник дипломного проєкту проводить бесіди із студентами по узгодженню завдань дипломного проєктування, структури дипломного проєкту і етапів роботи над ним. Рекомендує методики виконання розрахунків, проведення експериментів і моделювання (якщо такі передбачені завданням на дипломне проєктування). Подає допомогу студентам в складанні, календарних планів виконання дипломних проєктів. Здійснює безпосереднє і систематичне керівництво розробкою всіх питань дипломного проєкту, розвиваючи при цьому у студента навички самостійної роботи, творчі здібності і ініціативу.

Основною формою керівництва дипломним проєктуванням являється індивідуальна консультація. Керівник докладно консультиє студента по питанням, які виходять за межі учбових дисциплін рекомендує доступну для студента літературу. Питання, які доступно викладені в літературі, керівник рекомендує студенту проробити самостійно.

Керівник здійснює систематичну перевірку відповідності ходу роботи студента календарному плану виконання дипломного проєкту, розглядає виконану частину роботи, звертає увагу на недостатню глибину опрацьованих питань. Перевіряє розділи пояснювальної записки дипломного проєкту в

чорновому (першій редакції) вигляді по мірі їх підготовки з метою недопущення грубих помилок, які можуть привести до невиконання завдання, надлишкове збільшеного обсягу, зниженого наукового рівня проекту. Контролює відповідність змісту і оформленню дипломного проекту завдання, вимогам стандартів ДСТУ і керівним документам по дипломному проектуванні. Відображує хід виконання дипломних проектів в графіку контролю дипломного проектування на кафедрі. Всі позначки, які виникають, в ході контролю роботи студента-дипломника, керівник вносить в чорновий варіант дипломного проекту.

Керівник підписує пояснювальну записку до дипломного проекту та графічну частину після досконалої перевірки. Складає відгук з характеристикою роботи студента над дипломним проектом.

## **2.2. Методичні рекомендації консультантам дипломних проектів**

По узгодженню з відповідними завідувачами кафедр для консультування студентів по окремим питанням проекту завідувачий профілюючої кафедри може запрошувати викладачів із числа професорсько-викладацького складу других кафедр. Узгодження питань, які виносяться консультантами на розгляд в дипломних проектах, зі студентами-дипломниками повинно бути закінчено до початку роботи державної екзаменаційної комісії.

Методична підготовка є інтегруючою ланкою між психолого-педагогічної і інженерною підготовками. Її мета – сформувані у студента-дипломника уміння проектувати дидактичні системи, іншими словами – уміння будувати і реалізовувати власні дидактичні проекти.

В своїй роботі по аналізі економічної ефективності проекту викладачі-консультанти виходять із того, що оцінка прийняття технічних рішень повинна мати місце на всіх станах дипломного проектування. В учбово-методичних матеріалах, доступних для студентів-дипломників, на кафедрі «Охорона праці та безпека життєдіяльності» відображається сукупність варіантів задач, які



можуть бути включені в завдання на дипломне проектування. При цьому студенту надається право вибору однієї із цих задач, а також право рішення задачі, яка не ввійшла в загальний перелік, але відповідає даній спеціалізації і темі дипломного проекту.

### **2.3. Методичні рекомендації нормоконтролера дипломних проектів**

Нормоконтролеру дипломних проектів представляється пояснювальна записка і графічна частина.

Основна мета нормоконтролю дипломних проектів – підвищення якості підготовки спеціалістів по профілю підготовки випускаючої кафедри.

Основні обов'язки нормоконтролера:

- перевірка в дипломних проектах дотримання норм і вимог, установлених в стандартній та іншій нормативно-технічній документації;
- перевірка правильності оформлення пояснювальної записки;
- перевірка в розроблених об'єктах дипломного проектування високого рівня стандартизації, уніфікації і типізації обладнання на основі типових проектів і проектних рішень;
- установлення відповідності дипломного проекту індивідуальному завданню на дипломне проектування;
- перевірка зовнішнього вигляду проектної документації на акуратність;
- проведення аналізу виявлених при нормоконтролі помилок;
- інформування дипломників і керівників дипломних проектів про виявлені помилки.

При перевірці дипломних проектів перевіряються:

- відповідність позначень установленій системі позначень конструкторських документів;
- комплектність документації;
- правильність виконання основних надписів;
- правильність застосованих скорочених слів;

- наявність і правильність посилань на стандарти;
- правильність оформлення таблиць, схем, ілюстрацій, додатків;
- відповідність одиниць вимірювання ДОСТ 8417-81 Метрологія. Одиниці фізичних величин;
- відповідність стандартів до текстових конструкторських документів;
- відповідальність показників і розрахункових величин нормативним даним;
- відповідність виконання креслень вимогам стандарту ДСТУ на форматі, масштаби, зображення (види, розміри, перерізи), конструкторських документів.

Нормоконтроль являється останнім етапом розробки документації дипломного проекту і здійснюється перед його попереднім захистом на кафедрі перед робочою комісією.

#### **2.4. Методичні рекомендації для студента-дипломника**

Студенту представляється право вибору теми дипломного проекту з урахуванням рекомендацій професорсько-викладацького складу профілюючої кафедри. Студент може запропонувати свою тему з необхідним обумовленням її розробки для підприємства.

Якщо студент не проявив необхідної ініціативи по вибору тем в указаний термін, завідувач кафедрою закріплює тему дипломного проекту за студентами на свій погляд, але з урахуванням індивідуальних особливостей та ступенем його підготовки.

Студент-дипломник отримує завдання на дипломне проектування, збирає матеріали необхідні для дипломного проектування.

На протязі першого тижня дипломного проектування студент складає проект календарного плану виконання дипломного проекту з вказівками послідовності і обсягу (в відсотках) окремих етапів роботи і представляє його на розгляд і затвердження керівникові дипломного проекту.

Після затвердження керівництвом плану роботи над дипломним проектом студент приступає до його реалізації.

В обов'язковому порядку відвідує передбачені розкладом додаткові заняття, загальні консультації, інструктажі, збори які проводяться по плану кафедри.

Всебічно, на високому науковому та інженерному рівні вирішує всі питання індивідуального завдання, якісно у відповідний термін виконує етапи роботи, передбачені календарним планом, а також вказівки і рекомендації керівника дипломного проекту і консультантів.

Оформляє графічні матеріали, пояснювальну записку, представляє на підпис консультантам, нормоконтролеру, керівникові дипломного проекту, після цього представляє на кафедру для попереднього захисту в робочу комісію і завідувачу кафедрою в термін, передбачений календарним планом і планом кафедри, не пізніше ніж за 7-10 днів до початку роботи державної екзаменаційної комісії.

Дипломний проект, підписаний завідувачем кафедри разом з письмовим відгуком керівника дипломного проекту, представляється рецензенту.

## **2.5. Порядок виконання дипломних проектів**

Після одержання завдання на виконання дипломного проекту студент разом з керівником, і за його допомогою, створює календарний план виконання дипломного проекту, тобто перелік задач та дати їх виконання.

Обсяг пояснювальної записки без додатків і списку використаних джерел не повинен перевищувати 35 сторінок машинописного (40-50 сторінок рукописного) тексту (без урахування додатків), обсяг графічного матеріалу має складати 4-6 аркушів формату А1. Пояснювальна записка обов'язково переплітається (не підшивається тільки реферат – він вкладається окремо в пояснювальну записку перед титульним аркушем).

Титульний аркуш є першим аркушем дипломного проекту (роботи). Виконують його згідно з ДОСТ 2.105-95 на аркуші формату А4.

Титульний аркуш містить (додаток А):

- назву міністерства, до сфери управління якого належить навчальний заклад;
- назву навчального закладу;
- найменування кафедри;
- тему дипломного проекту;
- прізвище, ім'я, по батькові студента-дипломника;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові консультантів.

Вихідним документом на виконання проекту є завдання. Завдання складається керівником дипломного проекту відповідно до обраної теми, затверджується завідувачем кафедри і видається студенту.

Після виконання дипломного проекту завдання разом з іншими текстовими документами переплітаються і представляються в державну екзаменаційну комісію.

У завданні вказуються:

- назва навчального закладу;
- назва кафедри;
- шифр і назва спеціальності;
- тема дипломного проекту;
- номер наказу директора про затвердження теми і його дата;
- термін здачі студентом завершеного дипломного проекту на кафедру;
- вихідні дані до дипломного проекту;
- зміст пояснювальної записки (перелік питань, що розробляються);
- перелік графічних матеріалів;
- календарний план.

Підписують завдання керівник дипломного проекту, консультанти і студент-дипломник. Затверджує завдання завідувач кафедри.

Допускається друкувати завдання з двох боків аркуша формату А4. Зразок оформлення завдання наведено в додатку Б.

Вихідним документом на виконання проекту є завдання. Завдання складається керівником дипломного проекту відповідно до обраної теми, затверджується завідувачем кафедри і видається студенту.

Реферат – це скорочений виклад змісту дипломного проекту з основними розробками та висновками.

Розміщують реферат за завданням на дипломний проект починаючи з нової сторінки.

Реферат має містити:

- відомості про обсяг дипломного проекту: кількість аркушів креслення, сторінок пояснювальної записки, розділів, ілюстрацій, таблиць, додатків;
- текст реферату;
- перелік ключових слів.

Текст реферату відображає подану в проекті інформацію у такій послідовності:

- тема, характер та мета роботи;
- використані методи (розрахунковий, експериментальний тощо);
- основні конструктивні, технологічні й техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
- результати роботи, їх новизна та економічна ефективність;
- рекомендації щодо використання результатів проекту.

Інформація про дипломний проект у рефераті подається стисло і чітко в тексті реферату доцільно використовувати стандартизовану термінологію та вирази, які застосовують у наукових і технічних документах; слід уникати незвичайних термінів і символів. Реферат дипломного проекту виконується на одній сторінці формату А4.

Ключові слова, що є визначальними для розкриття суті дипломного проекту, вміщують після тексту реферату.

Перелік ключових слів повинен містити від 5 до 15 слів (словосполучень), надрукованих великими літерами у називному відмінку в рядок через коми.

Зміст подають на початку пояснювальної записки. Він містить найменування та номери початкових сторінок усіх розділів, підрозділів та пунктів (якщо

вони мають заголовки), зокрема вступу, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Якщо в дипломному проекті вжита специфічна термінологія, а також використано маловідомі скорочення, нові символи, позначення і таке інше, то їх перелік може бути поданий у вигляді окремого списку, який розміщують перед вступом.

Перелік треба друкувати двома колонками, в яких зліва за абеткою наводять, наприклад, скорочення, справа - їх детальну розшифровку.

Приклад:

АЕС – атомна електростанція;

ТЕС – теплова електростанція на органічному топливі;

ВРП-110 кВ – відкритий розподільний пристрій на напругу 110 кВ;

ЗРП-10 кВ – закритий розподільний пристрій на напругу 10 кВ.

Якщо в роботі спеціальні терміни, скорочення, символи, позначення і таке інше повторюються менше трьох разів, перелік не складають, а їх розшифровку наводять у тексті при першому згадуванні.

Приклад:

"...відноситься до ІЗОД (інформації з обмеженим доступом)..."

У дипломному проекті текстова частина складається з наступних розділів:

- основна частина;
- методична частина;
- розрахунок техніко-економічних показників проекту;
- охорона праці та навколишнього середовища.

Основна частина дипломної роботи розбивається на розділи, підрозділи, пункти, підпункти. Кожний розділ починають з нової сторінки. Основному тексту кожного розділу може передувати передмова з коротким описом вибраного напрямку та обґрунтуванням застосованих методів. В кінці кожного розділу формулюють висновки із стислим викладенням наведених у розділі наукових і практичних результатів, що дає змогу вивільнити загальні висновки від другорядних подробиць.

Метою виконання методичної частини дипломного проекту є перевірка вміння студента розробляти дидактичні проекти підготовки спеціаліста того або іншого науково-кваліфікаційного рівня (кваліфікованого робітника, молодшого спеціаліста, бакалавра, спеціаліста).

Метою виконання техніко-економічної частини дипломного проекту є маркетингові дослідження ринку й оцінка конкурентоздатності проекту.

Охорона праці та навколишнього середовища. Метою виконання даного розділу є проведення аналізу характеристик проектуваного об'єкта й умов його роботи.

У висновках підводиться підсумок виконаної роботи. В ньому наводять одержані результати роботи, рекомендації щодо використання результатів розробки, основні напрями подальшої роботи в галузі.

Список використаних джерел слід розміщувати у порядку появи посилань у тексті.

У список використаних джерел вносять всі використані в пояснювальній записці дипломного проекту джерела інформації: підручники, навчальні посібники, довідники, монографії, періодичні видання (журнали, газети), наукові праці відповідних організацій, стандарти, каталоги, нормативно-технічні документи, авторські свідоцтва, патенти та інше.

Бібліографічний опис джерел складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи. Зокрема, потрібну інформацію можна одержати із таких стандартів: ДСТУ 7.1-84 «Бібліографічний опис документа. Загальні вимоги й правила складання», ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

У додатках до дипломного проекту вміщують матеріал, який доповнює текст пояснювальної записки, але має великий обсяг, або, якщо включення його до основної частини може змінити впорядковане й логічне уявлення про проект.

Додатками до проекту можуть бути:

- графічний матеріал;
- таблиці, що доповнюють основний текст;
- розрахунки, які через значний об'єм не розміщено в основному тексті;
- оригінали фотографій;
- опис апаратури і приладів, що використовувались під час вимірів та випробувань;
- інструкції і методики, опис алгоритмів і програм вирішення задач на ЕОМ, які розроблені в процесі виконання дипломного проекту;
- ілюстрації допоміжного характеру;
- та інші матеріали.

Графічна частина дипломного проекту містить:

- схеми принципів або функціональні;
- генеральний план об'єкта розробки, окремих його частин;
- план-графіки;
- таблиці (графіки) з показниками використання та економічної ефективності розробки;
- конструкторська документація (креслення загального виду, збірні креслення, деталювання, тощо).

Графічну частину дипломного проекту можна виконувати олівцем вручну або з допомогою комп'ютерних спеціальних креслярських програм (КОМПАС, AutoCAD, інші).

## **2.6. Правила оформлення пояснювальної записки**

Пояснювальна записка містить текстову частину, рисунки, таблиці які оформляють на аркушах формату А4 (210x297 мм), для об'ємних таблиць і рисунків допускається використання аркушів формату А3 (420x297 мм).

Текстові документи виконують на формах, установлених відповідними стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Оригінали текстових документів виконують одним з наступних способів:



- рукописним з висотою букв і цифр не менш 2,5 мм. Цифри й букви необхідно писати чітко чорним чорнилом або пастою;
- із застосуванням друкуючих і графічних пристроїв ЕОМ (ДСТУ 2.004).

При написанні пояснювальної записки рукописним засобом, рисунки повинні виконуватись олівцем, а таблиці – чорними чорнилами або пастою.

Описки й графічні неточності, виявлені в процесі виконання документа, допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою й нанесенням на том же місці виправленого тексту (графіки) чорним чорнилом або пастою рукописним способом (але не більше двох виправлень на один аркуш).

Ушкодження аркушів текстових документів, помарки й сліди не повністю вилюченого колишнього тексту або рисунка не допускаються.

При застосуванні ЕОМ пояснювальна записка до дипломної роботи подається у вигляді електронного документу у форматі Word 6.0 і подальших версій, а також у друкованій версії одного примірника на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 (210мм x 297мм) до тридцяти рядків на сторінці. При комп'ютерному наборі слід використовувати шрифт Times New Roman розміром 14 пт з міжстроковим інтервалом 1,5.

Відстань від рамки форми до границь тексту на початку й наприкінці рядків - не менш 5 мм.

Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки повинне бути не менш 10 мм.

Робоча мова дипломного проекту є українська мова.

Текст основної частини дипломного проекту поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти.

Заголовки структурних частин проекту «ЗМІСТ», «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ», «ВСТУП», «РОЗДІЛ», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ (ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ)», «ДОДАТКИ» друкують великими літерами у середині сторінки симетрично до тексту. Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу.

Крапку в кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою.

Переноси слів у заголовках підрозділів не допускаються. Якщо заголовок не міститься в одному рядку, то другу й наступні рядки варто писати також з абзацного відступу.

Заголовки пунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу в розрядці в підбір до тексту. В кінці заголовка, надрукованого в підбір до тексту, ставиться крапка.

Переноси слів у заголовках пунктів не допускаються. Якщо заголовок не міститься в одному рядку, то другу й наступні рядки варто писати без абзацного відступу.

Кожний розділ пояснювальної записки треба починати з нової сторінки. Відстань між заголовком і текстом, між заголовками розділу й підрозділу при виконанні документа із застосуванням друкуючих і графічних пристроїв ЕОМ повинне бути дорівнює 3 інтервалам (пропущений один рядок), при виконанні рукописним способом - 16-20 мм.

Відстань між рядками тексту при виконанні документа рукописним способом повинне дорівнювати 8-10 мм.

Усередині розділів, підрозділів, пунктів або підпунктів можуть бути наведені перерахунки.

Перед кожною позицією перерахунку варто ставити дефіс.

Приклад:

- комутаційні апарати розподільних пристроїв;
- обмежуючі апарати розподільних мереж.

При необхідності посилання в тексті документа на одне з перерахунків, перед кожною позицією перерахунку варто ставити малу літеру, після якої ставиться дужка. Для подальшої деталізації перерахунків необхідно використовувати арабські цифри, після яких ставиться дужка.

Приклад:

а) комутаційні апарати розподільних пристроїв:

- 1) рубильники;

2) вимикачі навантаження.

б) обмежуючі апарати розподільних мереж:

1) реактори;

2) розрядники.

У кожному разі запис перерахувань виробляється малими літерами з абзацного відступу. Наприкінці кожного рядка перерахування, крім останньої, ставиться крапка з комою. Останній рядок перерахування повинна закінчуватися крапкою.

У тексті документа, за винятком формул, таблиць і малюнків, не допускається:

– застосовувати математичний знак (-) перед негативними значеннями величин (варто писати слово «мінус»);

– застосовувати знак «(» для позначення діаметра (варто писати слово «діаметр»). При вказівці розміру або граничних відхилень діаметра на кресленнях, поміщених у тексті документа, перед розмірним числом варто писати знак «(»;

– застосовувати без числових значень математичні знаки, наприклад  $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $i$ ,  $J$ , №. Варто писати більше, менше, дорівнює, більше або дорівнює, менше або дорівнює, не дорівнює. А також знаки № (номер), % (відсоток).

Перелік скорочень слів, що допускаються, установлений у ДСТУ 2.316. Якщо в документі прийнята особлива система скорочення слів або найменувань, то в ньому повинен бути наведений перелік прийнятих скорочень, що поміщають наприкінці документа перед переліком термінів.

Якщо в документі приводяться написи, що пояснюють, наносимі безпосередньо на виготовлений виріб (наприклад, на планки, таблички до елементів керування й т.п.), їх виділяють шрифтом (без лапок), наприклад ВМК., ВИМК., або лапками - якщо напис складається із цифр і (або) знаків.

Умовні літерні позначення повинні приводитися відповідно до прийнятого в державних стандартах. У тексті документа, перед позначенням параметра, дають його пояснення, наприклад «Опір лінії РЛ».

При необхідності застосування умовних позначок, зображень або знаків, не встановлених діючими стандартами, їх варто пояснювати в тексті або в переліку позначень. У документі варто застосовувати стандартизовані одиниці фізичних величин, їхнього найменування відповідно до ДСТУ 8.417. До загального обсягу пояснювальної записки не входять додатки, список використаних джерел, таблиці та малюнки, які повністю займають площу сторінки. Але всі сторінки зазначених елементів підлягають нумерації на загальних засадах.

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, малюнків, таблиць, формул подають арабськими цифрами без знака №.

Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок пояснювальної записки. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять, на наступних сторінках номер проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Такі структурні частини дипломної роботи, як зміст, перелік умовних позначень, вступ, висновки, список використаних джерел не мають порядкового номера. Звертаємо увагу на те, що всі аркуші, на яких розміщені згадані структурні частини пояснювальної записки, нумерують звичайним чином.

Не нумерують лише їх заголовки, тобто не можна друкувати: «1. ВСТУП» або «Розділ б. ВИСНОВКИ». Номер розділу ставлять після слова «РОЗДІЛ», після номера крапку не ставлять, потім друкують заголовок розділу. Підрозділи нумерують у межах кожного розділу.

Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, між якими ставлять крапку. В кінці номера підрозділу повинна стояти крапка, наприклад: «2.3.» (третій підрозділ другого розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок підрозділу.

Пункти нумерують у межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з порядкових номерів розділу, підрозділу, пункту, між якими ставлять крапку. В кінці номера повинна стояти крапка, наприклад: «1.3.2.» Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як пункти.

## РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

### 3.1. Приклад виконання конструкторсько-розрахункової частини

Приклад виконання конструкторсько-розрахункової частини розглянемо за методикою проектування передач «гвинт-гайка».

Головні вимоги та вихідні дані при розрахунку такої передачі [13]:

- тип передачі: одноконтурна,  $Z = 1$  (найбільш розповсюджена);
- в гайці має бути обов'язково врахований її зворотній перебіг;
- обґрунтувати невеликий натяг з'єднання, для покращення осьової жорсткості та точності переміщення веденого елемента в передачі;
- кількість робочих витків гайки,  $I_B = 6$ ;
- ведучим елементом передачі є гвинт;
- матеріали робочих поверхонь наступні: гвинт: сталь 8ХФ ГОСТ 5950-73, 59-63 HRC; гайка: сталь 9ХС ГОСТ 5950-73, 59-63 HRC; вкладиші: сталь 9ХС ГОСТ 5950-73, 40-50 HRC; порошок металевий: ПЖВ 3.160.24 ГОСТ 9849-86
- кулька: сталь ШХ15 ГОСТ 801-78, 63-67 HRC;
- коефіцієнт тертя кочення в передачі:  $f=0,005...0,015$ .

Розрахунок максимальних значень параметрів передачі.

Максимальне зусилля, яке прикладається на шток приймемо  $F_{max} = 1500H$ .

Тому запишемо:

$$F_{max} = |F_{i max}| = 1500H \quad (3.1)$$

Частота обертання (на вихідному кінці вала редуктора):

$$n_{max} = n_{i max} = 185 \text{ об/хв.} \quad (3.2)$$

Далі визначимо корегувальні коефіцієнти.

Коефіцієнти, що впливають на точність передачі:

$$K_m = 0,95; K_{m0} = 0,95; K_{mR} = 1 [13];$$

$K_p = 0,95$  – коефіцієнт безвідмовної роботи (понад 90%).

$K_{i0} = 1, K_i = 1$  – коефіцієнти, що враховують кількість робочих витків гайки.

Зменшення динамічної та статичної вантажопід'ємності, поряд зі зменшенням твердості, враховують відповідними коефіцієнтами:

$$K_H = \left( \frac{HRC}{61} \right)^3 = \left( \frac{61}{61} \right)^3 = 1 \quad (3.3)$$

$$K_{H0} = \left( \frac{HRC}{61} \right)^{4.4} = \left( \frac{61}{61} \right)^{4.4} = 1 \quad (3.4)$$

Приймаємо  $K_M = 1$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу деталей.

Таким чином загальний коректуючий коефіцієнт:

$$K = \frac{K_T \cdot K_\rho \cdot K_H \cdot K_M}{K_I} = \frac{0.95 \cdot 0.95 \cdot 1 \cdot 1}{1} = 0.9 \quad (3.5)$$

$$K_0 = \frac{K_{T0} \cdot K_{H0}}{K_{I0}} = \frac{0.95 \cdot 1}{1} = 0.95 \quad (3.6)$$

Для передач з натягом мінімально необхідна базова динамічна вантажепід'ємність з умови збереження натягу та досягнення необхідної жорсткості розраховується за формулою:

$$C_{a \min} = 1.25 \frac{F_{\max}}{K} = 1.25 \frac{400}{0.9} = 444H \quad (3.7)$$

Мінімально необхідна базова статична вантажепід'ємність з умови забезпечення статичної міцності визначається, як:

$$C_{a \min} = 1.25 \frac{F_{\max}}{K_0} = 1.25 \frac{400}{0.95} = 421H \quad (3.8)$$

Вибираємо типорозмір передачі:  $d_o = 16$  мм – номінальний діаметр;

$P = 5$  мм – крок різьби [13].

При такому типорозмірі :

Прийнята допустима динамічна вантажепід'ємність:  $C_a = 5000H$  [13].

Допустима статична вантажепід'ємність:  $C_{0a} = 9600H$

Визначаємо скореговані значення:

$$\begin{aligned} C_{ap} &= K \cdot C_a = 5000 \cdot 0.9 = 4500H \\ C_{0ap} &= K_0 \cdot C_{0a} = 9600 \cdot 0.95 = 9120H \end{aligned} \quad (3.9; 3.10)$$

Визначення еквівалентного навантаження.

Середня частота обертів валу:

$$n_{cp} = \frac{\sum_1^j (n_i \cdot t_i)}{\sum_1^j t_i} = \frac{185 \cdot 100\% \text{ часу}}{100\% \text{ часу}} = 185 \text{ об/хв} \quad , \quad (3.11)$$

де  $t$  – час роботи в данному режимі, с.

Еквівалентне навантаження при дії осьових сил:

$$Q_e = \sqrt[3]{\frac{\sum_1^j (F_i \cdot n_i \cdot t_i)}{n_{cp} \cdot \sum_1^j t_i}} = \sqrt[3]{\frac{400^3 \cdot 185 \cdot 100\%}{185 \cdot 100\%}} = 400H \quad (3.12)$$

Розрахунок для осьових сил іншого напрямку виконується аналогічно.

При розрахунку на ресурс елементів передачі приймають в якості еквівалентного навантаження найбільше значення для даного випадку:

$$F_E = Q_E = 400H \quad (3.13)$$

При розрахунку на статичну вантажопід'ємність передачі розрахунковою силою  $F_p$  служить найбільша з них:

$$F_p = F_{\max} = 1500H \quad (3.14)$$

Статична міцність вважається забезпеченою, якщо:

$$\begin{aligned} F_p &\leq C_{ap} \\ 1500H &\leq 8200H \end{aligned} \quad (3.15)$$

Умова на статичну міцність виконується

Визначимо фактичний ресурс  $L_{h\phi}$  передачі:

$$L_{h\phi} = 10^6 \cdot \frac{\left(\frac{C_{ap}}{F_e}\right)^3}{60 \cdot n_{cp}} = 10^6 \cdot \frac{\left(\frac{4500}{400}\right)^3}{60 \cdot 185} = 1.2 \cdot 10^5 \text{ год} \quad (3.16)$$

Передача вибрана вдало так, як повністю виконується умова:

$$L_{h\phi} \geq L_h \quad (3.17)$$

де  $L_h$  – заданий ресурс (приймаємо рівним строку експлуатації автомобіля, 7 років або 36000 годин).

$$120000 \text{ год} \geq 36000 \text{ год}$$

Умова виконується.

Виконаємо перевірку витка гвинта на статичну стійкість.

Для перевірки визначаємо значення критичної сили  $F_{кр}$  за формулою Ейлера:

$$F_{кр} = \frac{\Pi^3 E d^4}{64 S (\mu l)^2} = \frac{3.14^3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 14^4}{64 \cdot 3 \cdot (0.5 \cdot 85)^2} = 7.2 \cdot 10^5 \text{ Н},$$

де  $d$  – діаметр різьби гвинта по впадинам, мм.

$S$  – коефіцієнт запасу (звичайно приймають 3);

$\mu$  – коефіцієнт, що залежить від способу закріплення гвинта;

$l$  – довжина гвинта що навантажується, мм.

Прийнято для сталі  $E = 2.1 \cdot 10^5$  Мпа [13].

Робимо висновок, що статична стійкість забезпечена, так як:

$$\begin{aligned} F_{\max} &\leq F_{кр} \\ 400 \text{ Н} &\leq 7.2 \cdot 10^5 \text{ Н} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Важливо перевірити передачу «гвинт-гайка» на динамічну стійкість.

У відповідності до ОСТ 2 Р31.5-89 максимальну частоту  $n_{\text{пред}}$  обертання гвинтової передачі регламентують двома факторами: критичною частотою  $n_{\text{кр}}$  обертання та лінійною швидкістю руху кульки [13]. Для вирішення цієї задачі використаємо наступний вираз:

$$d_o n = 12 \cdot 10^4 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1} \quad (3.19)$$

$$n = \frac{12 \cdot 10^4}{16} = 7500 \text{ об/хв}$$

Тоді критична частота обертання рівна:

$$n_{кр} = 5 \cdot 10^7 \cdot VK_6 \cdot \frac{d}{l^2} = 5 \cdot 10^7 \cdot 2.2 \cdot 0.8 \cdot \frac{16}{85^2} = 3 \cdot 10^5 \text{ хв}^{-1} \quad (3.20)$$

де  $V$  – коефіцієнт, що враховує спосіб зачеплення.

Приймається  $n_{\text{пред}} = n = 7500 \text{ хв}^{-1}$ .

$$n_{кр} \geq n_{\max} \quad (3.21)$$

$$300000 \text{ хв}^{-1} \geq 7500 \text{ хв}^{-1}$$

Умова виконана.

Визначення коефіцієнта корисної дії передачі.

При ведучому гвинті можна записати наступне [13]:



$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \psi \cdot K_{\text{нат}}}{\operatorname{tg}(\psi + \rho)} \quad (3.22)$$

$$\psi = \operatorname{arctg}\left(\frac{Pz}{\Pi d_0}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{5 \cdot 1}{3.14 \cdot 16}\right) = 0,099 \quad (3.23)$$

де  $\psi$  – кут підйому різьби, град;

$\alpha$  – кут контакту,  $\alpha = 45^\circ$ ;

$K_{\text{нат}} = 1$  – коефіцієнт що враховує вплив натягу;

$\rho$  - приведений кут тертя в різьбі.

$$\rho = \operatorname{arctg}\left(\frac{f_k}{0.5D_w \cdot \sin \alpha}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{0.005}{0.5 \cdot 3 \cdot 0.785}\right) \quad (3.24)$$

$$\rho = 0,5$$

$$\text{Тоді: } \eta = \frac{\operatorname{tg} 5 \cdot 1}{\operatorname{tg}(5 + 0.5)} = 90\% .$$

Розрахунок геометричного профілю різьби виконаємо в наступному порядку. Радіус кульки розрахуємо за формулою[13]:

$$r_w = \frac{D_w}{2} = 1.5 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Радіус профіля різьби:

$$r_{np} = (1.03 \dots 1.05) \cdot r_w = 1.55 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Кількість кульок в одному витку гайки:

$$z_{\text{ш}} = \frac{\Pi d_0}{D_w \cdot \cos \psi} = \frac{3.14 \cdot 16}{3 \cdot \cos 5} = 17 \quad (3.27)$$

Розрахункова кількість кульок в  $i_e$  витках:

$$z_{\text{розр}} = 0,7 \cdot z_{\text{розр}} \cdot i_e = 0.7 \cdot 17 \cdot 6 = 59 \quad (3.28)$$

Нормальна сила, що навантажує одну кульку:

$$F_n = \frac{F_p}{z_{\text{розр}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \psi} = \frac{400}{59 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5} = 14.25 \text{ Н} \quad (3.29)$$

Параметри місця контакту між тілом та дорожкою кочення:

$$A_e = \left(1 - \frac{r_w}{r_{np}}\right) \cdot \left(1 - \frac{2r_w \cos \alpha}{d_0}\right) = \left(1 - \frac{1.5}{1.55}\right) \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 0.707}{16}\right) = 0.021 \quad (3.30)$$

$$M = (1.32 - 0.98 \cdot A_b)^2 = (1.32 - 0.025)^2 = 1.4 \quad (3.31)$$

$$\gamma = \frac{A}{r_w} = \frac{0.021}{1.5} = 0.014 \quad (3.32)$$

Радіус галтелі гвинта:

$$r_g = 0.2 \cdot r_w = 0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ мм} \quad (3.33)$$

Радіус галтелі гайки:

$$r_z = 0.15 \cdot r_w = 0.15 \cdot 1.5 = 0.225 \text{ мм} \quad (3.34)$$

Зовнішній діаметр різьби гвинта:

$$d_1 = d_0 - 2 \cdot [(r_w + r_g) \cdot \cos(\alpha + \gamma) - r_g] = 16 - 2 \cdot [(1.5 + 0.3) \cdot 0.707 - 0.3] \approx 14.6 \text{ мм} \quad (3.35)$$

Зміщення центру радіуса профіля:

$$c_{np} = (r_{np} - r_w) \sin \alpha = (1.55 - 1.5) \cdot 0.707 = 0.035 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Внутрішній діаметр різьби гвинта:

$$d_{2g} = d_o + 2c_{np} - 2r_{np} = 16 + 0.035 \cdot 2 - 2 \cdot 1.55 = 12.97 \text{ мм} \quad (3.37)$$

Зовнішній діаметр різьби гайки:

$$d_{2z} = d_0 - 2c_{np} + 2r_{np} = 16 - 0.07 + 3.1 = 19.03 \text{ мм} \quad (3.38)$$

Внутрішній діаметр різьби гайки:

$$d_{3z} = d_0 + 0.5 \cdot (d_0 - d_1) = 16 + 0.5(16 - 14.6) = 16.7 \text{ мм} \quad (3.39)$$

Діаметр кочення по гвинту:

$$d_{kg} = d_0 - 2r_w \cos \alpha = 16 - 2 \cdot 1.5 \cdot 0.707 = 13.88 \text{ мм} \quad (3.40)$$

Діаметр кочення по гайці:

$$d_{kz} = d_0 + 2r_w \cos \alpha = 16 + 2.121 = 18.12 \text{ мм} \quad (3.41)$$

Розрахуємо стержень гвинта на міцність.

Напруження розтягу, стиску при навантаженні максимальною силою [13]:

$$\sigma = \frac{4F_{\max}}{\Pi d_{2g}^2} = \frac{4 \cdot 400}{3.14 \cdot 12.97^2} = 1.7 \text{ МПа} \quad (3.42)$$

Напруження кручення при навантаженні найбільшим моментом розрахуємо, як:

$$T_{зав} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3} \cdot F_{\max} z P}{\Pi \eta} + T_{xx} = \frac{0.0005 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 5}{3.14 \cdot 0.90} + 0.039 = 0.4 \text{ Нм} \quad (3.43)$$

Розрахуємо момент холостого ходу, Н·м:

$$T_{xx} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3} F_{нат} d_0 \sin(2\rho)}{[K_{нат} \cos(\psi + \rho) \cos(\psi - \rho)]} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 16 \cdot \sin(2 \cdot 0.5)}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 0.039 \text{ Нм} , \quad (3.44)$$

де  $K_{нат} = 1$  – коефіцієнт натягу, для передач з зазором та невеликим натягом.

При цьому:

$$F_{нат} \leq \frac{F_{max}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ Н} , \quad (3.45)$$

де  $F_{нат}$  – сила попереднього натягу, Н;

Тоді:

$$\tau = \frac{10^3 T_{зав}}{0.2 d_{2\epsilon}^2} = \frac{550}{33.644} = 12.1 \text{ МПа} \quad (3.46)$$

Міцність гвинта перевіряють за еквівалентним навантаженням:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{1.7^2 + 3 \cdot 12.1^2} = 21 \text{ МПа} \quad (3.47)$$

$$\sigma_e \leq [\sigma], \quad [\sigma] = 220 \text{ МПа} [13]$$

де допустиме напруження відповідає 1/3 границі текучості матеріала гвинта.

Умова міцності виконана.

Розрахуємо осьову жорсткість гвинта:

$$C_{\epsilon} = \frac{\Pi d_{кв}^2 E}{10^3 l} = \frac{3.14 \cdot 12.97^2 \cdot 2.1 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 90} = 1304 \text{ Нмкм} \quad (3.48)$$

Для такого типорозміру гвинтової передачі попередньо підберемо наступні приєднувальні розміри:

- $d_1 = 10 \text{ мм}$  – розмір вала під підшипники;
- $d_3 = 8 \text{ мм}$  – розмір вала під муфту;
- $l_{ш} = 5 \text{ мм}$  – довжина шпонки.

Для таких розмірів вибираємо шпонку [14]:

$$- b \times h = 2 \times 2;$$

Глибина паза:

- вала  $t_1 = 1.2 \text{ мм}$ ;
- втулки  $t_2 = 1 \text{ мм}$ ;

Фаска Sx45, чи радіус  $r = 0.08-0.16 \text{ мм}$ .

Використавши ці дані, вибираємо муфту BF-1, яка призначена для плавної передачі крутного моменту.

На основі отриманих даних вибираємо мотор-редуктор IG-35GM, який має наступну характеристику:

- потужність двигуна – 200Вт;
- напруга живлення - 12В;
- кількість обертів на хвилину – 185об/хв.

Розрахуємо кутову швидкість вала на виході [14]:

$$\omega = \frac{\Pi n}{30} = \frac{3.14 \cdot 185}{30} = 19.36 \text{ рад / с} \quad (3.49)$$

Знайдемо лінійну швидкість:

$$v = \frac{\omega P n}{2 \Pi} = \frac{19.36 \cdot 0.005 \cdot 1}{2 \cdot 3.14} = 0.0154 \text{ м / с}, \quad (3.50)$$

де  $n$  – кількість заходів різьби;

$P$  – крок різьби, мм.

Знайдемо крутний момент на вихідному кінці вала редуктора:

$$T = \frac{P \eta}{\omega} = \frac{13 \cdot 0.9}{19.36} = 0.55 \text{ Нм} \quad (3.51)$$

де  $\eta$  – ККД редуктора.

Необхідний крутний момент [14]:

$$T_{зав} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3} \cdot F_{\max} z P}{\Pi \eta} + T_{xx} = \frac{0.0005 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 5}{3.14 \cdot 0.90} + 0.039 = 0.4 \text{ Нм}$$

або:

$$T = F_a \frac{d_0}{2} \operatorname{tg}(\psi + \rho) = 400 \cdot \frac{0.016}{2} \cdot 0.087 = 0.38 \text{ Нм} \quad (3.52)$$

Необхідна потужність двигуна:

$$P_{\text{дв}} = \frac{F_a v}{\eta_{\text{гвинтер}}} = \frac{400 \cdot 0.015}{0.90} \approx 6.6 \text{ Вт} \quad (3.53)$$

Характеристика даного двигуна задовольняють вимоги до гвинтової передачі, що розраховується.

Далі перевіримо шпонку, яка була раніше вибрана [14]:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{d(h-t)l_{ш}} = \frac{2 \cdot 550}{8(2-1.2) \cdot 5} = 13.75 \text{ МПа}, \quad (3.54)$$

де  $T$  – крутний момент, що передається, Нмм;

$d$  – діаметр вала, мм;

$l_{ш}$  – робоча довжина шпонки, мм.

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.55)$$

де  $[\sigma_{зм}] = 800 \dots 1200 \text{ МПа}$ , при прийнятій сталевій маточині [14].

$$13,75 \text{ МПа} \leq 800 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Виконаємо розрахунок валу передачі.

Наш механізм навантажений осьовою силою 1500Н, яка розташована від осі вала на відстані 32 мм, тому виникає момент:

$$M = F \cdot l = 400 \cdot 0.032 = 12.8 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.56)$$

Сила змінює своє положення тому розглянемо два випадки побудови епюр.

Загальна довжина вала між опорами (підшипниками) складає  $l = 90$  мм, а момент, в першому випадку, розташований на відстані 35 мм від лівої опори.

Побудуємо балку на двох опорах і визначимо епюри поперечних сил та згинальних моментів (рис. 1)

Визначимо реакції опор. Попередньо вибираємо довільний напрямок реакцій.

$$\sum M_{Rb} = 0:$$

$$R_a \cdot 0.09 - M = 0 \quad (3.57)$$

$$R_a = \frac{M}{0.09} = 142 \text{ Н}$$

Тоді інша реакція опор рівна:

$$\sum M_{Ra} = 0:$$

$$-R_b \cdot 0.09 - M = 0 \quad (3.58)$$

$$R_b = \frac{M}{0.09} = -142 \text{ Н}$$

Значення отримане з від'ємним знаком, тому реакцію направляємо вниз.

Розрахуємо поперечні сили:

$$Q_1 = R_a = 142 \text{ Н}$$

$$Q_2 = -R_b = 142 \text{ Н}$$

Виконаємо розрахунок для побудови епюри моментів:

$$M_1 = R_a \cdot x_1 \text{ при } 0 \leq x_1 \leq 0.035$$

$$M_{1|x_1=0} = 0$$

$$M_{1|x_1=0.035} = 0.035 \cdot 142 = 4.97 \text{ Нм}$$

$$M_2 = R_a \cdot x_2 - M \text{ при } 0 \leq x_2 \leq 0.09$$

$$M_{2|x_2=0} = -M$$

$$M_{2|x_2=0} = 0.09 \cdot 142 - M = 12.8 - 12.8 = 0$$

Виконаємо перевірку:

$$R_a + R_b = 142 - 142 = 0$$

Виконаємо розрахунок в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_{\text{заг}}|}{W_z} \leq [\sigma], \quad (3.59)$$

де  $W_z = \frac{\Pi d^3}{32}$  - осьовий момент опору при згинанні,  $\text{мм}^3$ .

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{730}{1.5} = 486 \text{ МПа}, \quad (3.60)$$

де  $n$  – коефіцієнт запасу.

Тоді:

$$\sigma_{\max} = \frac{12.8 \cdot 10^3 \cdot 32}{3.14 \cdot 0.016^3} = 29,8 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma],$$

$$29,8 \text{ МПа} \leq 486 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Так як на валу прикладене осьове зусилля, то є необхідність в побудові епюри поздовжніх сил.

Вибираємо довільний напрямок реакцій:

$$\sum M_{Rb} = 0: \quad R_a + N = 0$$

$$R_a = -N = -400 \text{ Н}$$

Далі необхідно змінити напрямок реакції на протилежний.

$$\sum M_{Ra} = 0: \quad R_b + N = 0$$

$$R_b = -N = -400 \text{ Н}$$

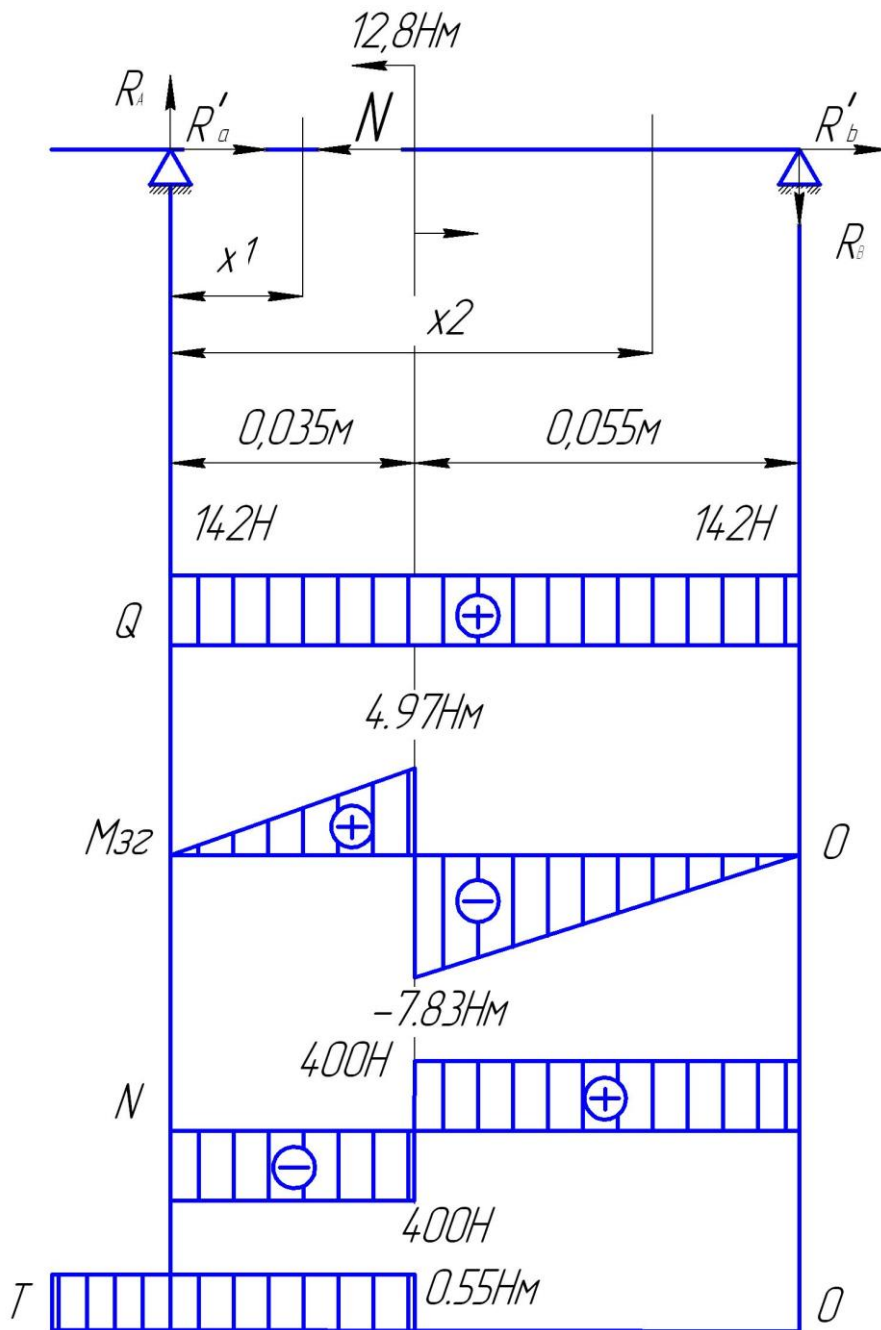


Рис. 1. Епюра навантажень

Виконаємо перевірку на міцність ( $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ ), для цього розрахуємо:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} = \frac{400}{3.14 \cdot 15^2} = 0.5 \text{ МПа}, \quad (3.61)$$

Умова виконана.

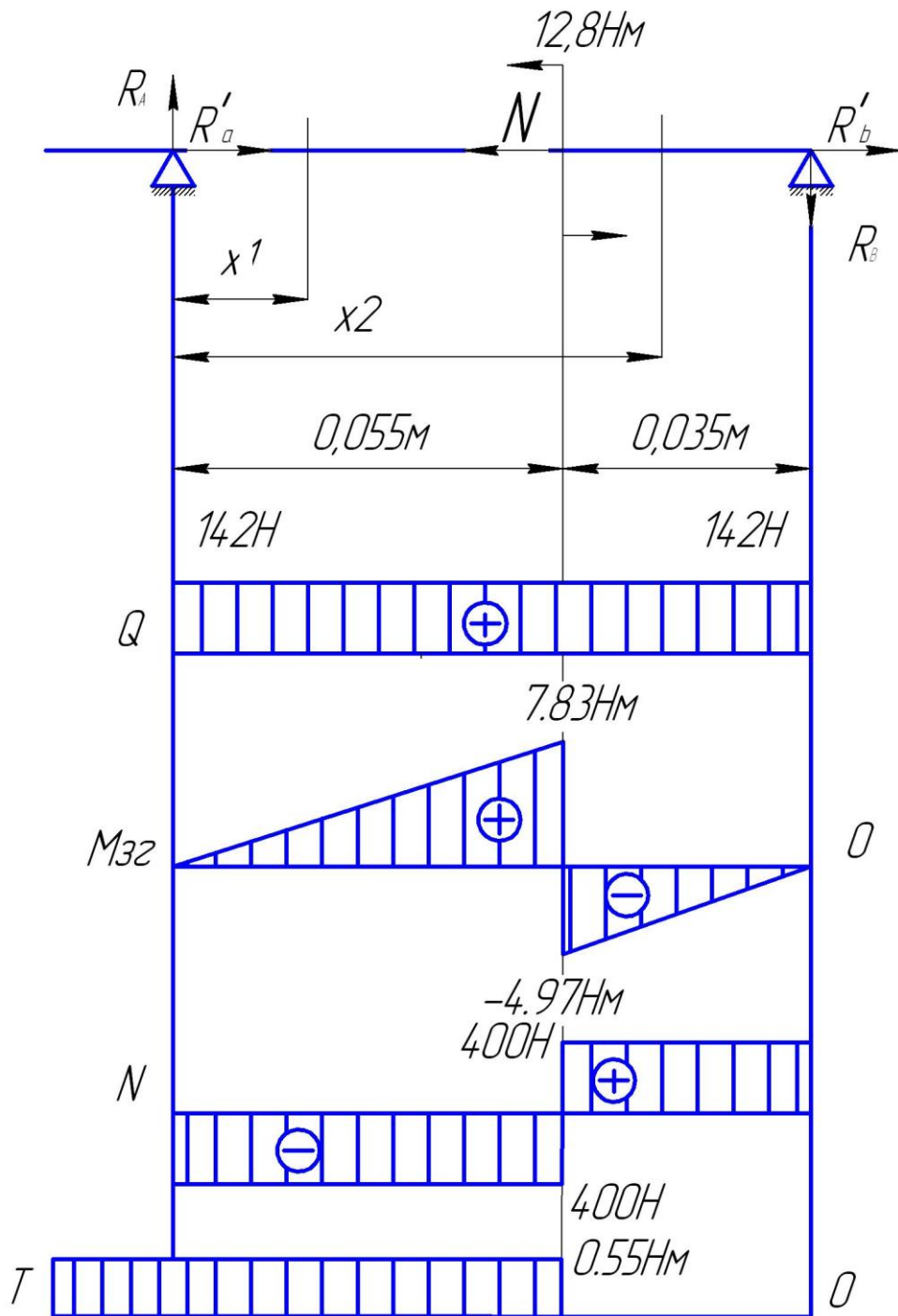


Рис. 2. Епюра навантажень

Умова міцності при крученні має наступний вигляд:

$$\tau = \frac{|M_{\max}^{кр}|}{W_p} \leq [\tau], \quad (3.62)$$

де  $W_p = \frac{\Pi d^3}{16}$  - полярний момент опору,  $\text{мм}^3$ .

$[\tau] = 0,5 \div 0,6[\sigma] = 243 \text{ МПа}$  - допустиме напруження при крученні.



$$\text{Тоді : } \tau = \frac{0,55 \cdot 10^3 \cdot 16}{3,14 \cdot 15^3} = 0,8 \text{ МПа}.$$

Умова міцності при крученні виконується.

Розглянемо другий випадок побудови епюр навантажень (рис. 2).

Реакції опор та епюра поперечних сил залишаються незмінними.

Виконаємо розрахунок для побудови епюри моментів:

$$M_1 = R_a \cdot x_1 \text{ при } 0 \leq x_1 \leq 0,055$$

$$M_{1|x_1=0} = 0$$

$$M_{1|x_1=0,055} = 0,055 \cdot 142 = 7,83 \text{ Нм}$$

$$M_2 = R_a \cdot x_2 - M \text{ при } 0 \leq x_2 \leq 0,09$$

$$M_{2|x_2=0} = -M$$

$$M_{2|x_2=0,09} = 0,09 \cdot 142 - M = 12,8 - 12,8 = 0$$

Дані розрахунку для перевірки співпадають з даними першого варіанта.

Необхідно також виконати перевірочний розрахунок на довговічність підшипників.

Знаючи реакції в опорах визначимо сумарні реакції [14]:

$$P_{r1} = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{142^2} = 142 \text{ Н} \quad (3.63)$$

$$P_{r2} = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{142^2} = 142 \text{ Н}$$

Далі підбираємо підшипники (дві опори однаково навантажені).

Вибираємо радіальні шарикові підшипники 100 ГОСТ 8338-85:

- $d = 10$  мм;
- $D = 26$  мм;
- $B = 8$  мм;
- $r = 0,5$  мм;
- динамічна вантажопід'ємність  $C = 5,07$  кН;
- статична вантажопід'ємність  $C_0 = 2,24$  кН.

Еквівалентне навантаження розраховується за формулою:

$$P_e = (XVP_r + YP_a) K_\sigma \cdot K_t \quad (3.64)$$

В якій осьове навантаження визначається наступними даними:

- $P_a = F_a = 1500$  Н;
- $V = 1$  – обертається внутрішнє кільце;
- $K_\sigma = 1$  – коефіцієнт безпеки;
- $K_m = 1$  – коефіцієнт, який залежить від робочої температури підшипника.

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{1500}{2240} = 0,178 \quad (3.65)$$

Даній величині відповідає  $e \approx 0,34$

$$\frac{P_a}{P_r} = \frac{1500}{142} = 2,8 \quad (3.66)$$

Звідси знаходимо:  $X = 0,56$ ,  $Y = 1,31$ .

Тоді:

$$P_e = 0,56 \cdot 1 \cdot 142 + 1,31 \cdot 1500 = 566 \text{ Н}$$

Роздахункова довговічність, млн. об.:

$$L = \left( \frac{C}{P_e} \right)^3 = \left( \frac{5 \cdot 10^3}{566} \right)^3 = 684,3 \text{ млн. об.} \quad (3.67)$$

Розрахункова довговічність підшипників, год.:

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{684 \cdot 10^6}{60 \cdot 185} = 61,621 \cdot 10^3 \text{ год} \quad (3.68)$$

Необхідно виконати уточнений розрахунок вала передачі «гвинт-гайка».

Приймемо, що нормальні напруження від згину змінюються по симетричному циклу, а дотичні від кручення – по віднульовому (пульсуючому) [14].

Уточнений розрахунок являє собою визначення коефіцієнта запасу міцності  $S$  для небезпечних перерізів і порівняння їх з потрійними (допустимими) значеннями  $[S]$ . Умова вважається виконана при  $S \geq [S]$ .

Виконаємо розрахунок для ділянки вала з найменшим діаметром.

Матеріал вала: сталь 8ХФ ГОСТ 5950-73, 59-63 НРС.

Середнє значення  $\sigma_b$ , для даного матеріалу і діаметра вала менше 90 мм (в нашому випадку 10 мм) не менше 1020 МПа [14].

Границя витривалості при симетричному циклі згину:

$$\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_e = 0,43 \cdot 1020 = 438,6 \text{ МПа} \quad (3.69)$$

Границя витривалості при симетричному циклі дотичних напружень:

$$\tau_{-1} \approx 0.68\sigma_{-1} = 0.58 \cdot 438.6 = 254.39 \text{ МПа} \quad (3.70)$$

Переріз ділянки вала з найменшим діаметром, при передачі крутного моменту від електродвигуна через муфту, необхідно розрахувати на кручення.

Додаткову концентрацію напружень визиває наявність шпоночного пазу.

Коефіцієнт запасу міцності розраховуємо:

$$S = S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m} \quad (3.71)$$

Амплітуду та середнє напруження віднульового циклу визначимо, як:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{T_1}{2W_{\text{кнетто}}} \quad (3.72)$$

Прийнято:  $d = 8$  мм;  $b = 2$  мм;  $t_1 = 1,2$  мм.

$$W_{\text{кнетто}} = \frac{d^3 \pi}{16} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} = \frac{8^3 \cdot 3.14}{16} - \frac{2 \cdot 1.2(8-1.2)^2}{2 \cdot 8} = 99.1 \text{ мм}^3 \quad (3.73)$$

Тоді:  $\tau_v = \tau_m = \frac{0.55 \cdot 10^3}{2 \cdot 168.1} = 2.77 \text{ МПа}$

Приймаємо:  $k_{\tau} = 1,9$ ;  $e_{\tau} \approx 0,83$ ;  $\psi_{\tau} = 0,1$ .

$$S = S_{\tau} = \frac{254.39}{\frac{1.9}{0.83} \cdot 2.7 + 0.1 \cdot 2.7} = 39$$

Так як довжина вала під муфту 10 мм, отримаємо згинальний момент від консольного навантаження:

$$M = 2.5\sqrt{T \cdot 10^3} \cdot \frac{L_2}{2} = 2.5\sqrt{0.55 \cdot 10^3} \cdot \frac{10}{2} = 293 \text{ Нмм}$$

Розрахуємо момент опору згину:

$$W_{\text{нетто}} = \frac{d^3 \pi}{32} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} = \frac{8^3 \cdot 3.14}{32} - \frac{2 \cdot 1.2(8-1.2)^2}{2 \cdot 8} = 49 \text{ мм}^3 \quad (3.74)$$

Та амплітуду нормальних напружень згину:

$$\sigma_v = \frac{M}{W_{\text{нетто}}} = \frac{0.293 \cdot 10^3}{49} = 5.97 \text{ МПа} \quad (3.75)$$

Приймаємо:  $k_{\sigma} = 1.9$ ;  $e_{\sigma} = 0.92$ .

Коефіцієнт запасу міцності по нормальним напруженням розраховуємо, як:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_v + \psi_{\tau} \tau_m} = \frac{438.6}{\frac{1.9}{0.92} \cdot 5.97} = 43 \quad (3.76)$$

Результуючий коефіцієнт запасу міцності визначимо за формулою:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{43 \cdot 39}{\sqrt{43^2 + 39^2}} = 28 \quad (3.77)$$

Такий великий коефіцієнт запасу міцності пояснюється тим, що діаметр валу був навмисно збільшений при конструюванні до найближчого стандартного ряду. Також це зроблено для того, щоб цей вал можна було приєднати до вала електродвигуна стандартною муфтою.

Виконаємо розрахунок корпусу підшипників.

Проведемо розрахунок розмірів бугеля [15].

Для цього використаємо величину зовнішнього діаметру підшипників:

$$D_a = D = 26 \text{ мм}$$

А відстань від підшипника до центру отвору кріплення фланця рівна:

$$c = d = 5 \text{ мм},$$

де  $d$  – діаметр гвинта (при  $D_a = 21-37$  мм).

Кількість гвинтів кріплення в такому випадку дорівнює 3.

Товщина стінок кришки підшипника приймається в залежності від зовнішнього діаметру підшипника:

$$\delta = 4 \text{ мм}$$

Базовою поверхнею кришки підшипника є її фланець, тому ширина  $C$  пояса визначається:

$$C = (1.0 \div 1.5)b = 1.2 \cdot 3 = 4 \text{ мм} \quad (3.78)$$

де  $b$  – ширина канавки, приймають по табличним значенням [15].

Відстань від центру отвору кріплення до зовнішнього діаметру фланця:

$$h = (1.0 \div 1.2)d = 1.5 = 5 \text{ мм} \quad (3.79)$$

Зовнішній діаметр фланця розраховують, як:

$$D_{\phi} = D_a + (4.0 \div 4.4)d = 26 + 4 \cdot 5 = 46 \text{ мм} \quad (3.80)$$

Визначимо товщину фланця:

$$\delta_1 = (1.2 \div 1.3)\delta_1 = 1.2 \cdot 4 = 5 \text{ мм} \quad (3.81)$$

Розраховано товщину центрального пояска:

$$\delta_2 = (0.8 \div 0.9)\delta = 4 \cdot 0.9 = 4 \text{ мм} \quad (3.82)$$

Кришки підшипників звичайно кріпляться до корпусних деталей гвинтами з шестигранною головкою. Довжину гвинтів вибирають після наступних розрахунків [15].

Визначення попередньої глибини загвинчування гвинта:

$$h' = \left(\frac{h}{d}\right)d = 2 \cdot 5 = 10 \text{ мм} \quad (3.83)$$

де  $\left(\frac{h}{d}\right)$  - відносна глибина загвинчування.

Попередню довжину гвинта розраховують, як:

$$l' = h' + \delta_{\Sigma} = 10 + 5 = 15 \text{ мм} \quad (3.84)$$

де  $\delta_{\Sigma}$  - сумарна товщина деталей, що кріпляться.

Тоді  $l = 16 \text{ мм}$  – найближче значення зі стандартного ряду,  $l$  – довжина гвинта.

Уточнюємо значення глибини загвинчування гвинта:

$$h = l - \delta_{\Sigma} = 16 - 5 = 11 \text{ мм} \quad (3.85)$$

Перевірка на достатність довжини різьби на гвинті:

$$l_0 - h \geq 2S, \quad (3.86)$$

або

$$l_0 - h \geq 1.2l_2 \quad (3.87)$$

$$16 - 11 \geq 1.2 \cdot 3$$

де  $l_0$  – довжина нарізаної частини гвинта, мм;

$S$  – шаг різьби, мм;

$l_2$  – недоріз (враховується при  $l_0 \approx l$ ).

Глибина нарізання різьби розрахована за формулою:

$$h'_0 = h + (1.2 \div 1.5)l_3 = 11 + 1.2 \cdot 2.7 = 14.24 \text{ мм}, \quad (3.88)$$

де  $l_3$  – величина, що враховує збіг різьби.

Тоді  $h_0 = 15 \text{ мм}$  – найближча більша величина зі стандартного ряду.

Глибина свердління під різьбу розраховується:

$$\delta_0 = h_0 + l_4 - l_3 = 15 + 4 - 2.7 = 16.3 \text{ мм}, \quad (3.89)$$

де  $l_4$  – недоріз.

Приймаємо  $\delta_0 = 17$  мм, це найближча більша величина зі стандартного ряду табличних даних з глибини свердління під різьбу.

Також необхідно розрахувати зварні з'єднання механізму передачі «гвинт-гайка».

Зварні шви розраховують на міцність по номінальному перерізу з'єднаних деталей [15].

Напруження розтягу визначають з виразу:

$$\sigma = \frac{P}{lS} \leq [\sigma']_p, \quad (3.90)$$

де  $P$  – зовнішня сила, 1500 Н;

$l$  та  $S$  – відповідно довжина шва та товщина з'єднаних деталей, мм;

$$l = 16 + 14 + 16 + 14 = 60 \text{ мм}$$

$$S = 12 \text{ мм}$$

$[\sigma']_p$  – допустимі напруження зварного шва при розтязі, приймають рівними:

$[\sigma]$  – допустимі напруження при розтязі основного матеріалу.

Для даних деталей  $[\sigma] = 240$  МПа [14], тоді:

$$\sigma = 1500 / (60 \cdot 12) = 2,08 \text{ МПа}$$

Висновок з розрахунку: зварні шви мають достатню міцність по номінальному перерізу з'єднаних деталей.

Під кінець виконаємо спрощений розрахунок на міцність гвинта на зріз (з одночасним вибором діаметра по заданій силі) [15]:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau_{cp}]}} \quad (3.91)$$

де  $P$  – зовнішня сила, що діє на гвинт, 1500 Н;

$[\tau_{cp}]$  – допустиме напруження при зрізі, МПа,  $[\tau_{cp}] = 60$  МПа [15].

Тоді:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1500}{3.14 \cdot 60}} = 4.8 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пальця  $d = 5$  мм, так, як навантаження під час роботи передачі «гвинт-гайка» прогнозується багаторазовим.

### 3.2. Приклад виконання економічної частини

Об'єкт реконструкції – шиномонтажна дільниця.

Характеристика реконструкції:

- а) поповнення технологічним обладнанням шиномонтажної дільниці;
- б) розробка стенда для монтажу/демонтажу шин.

Очікувані результати.

- 1. Підвищення пробігу рухомого складу на 5 %.
- 2. Зменшення витрат на ТО та ПР.

Приймаємо наступні вихідні дані.

Номінальна вартість автопарку – 4270000 грн.

Площа шиномонтажної дільниці – 215,28 м<sup>2</sup>.

Трудомісткість робіт на дільниці за рік – 573 год.

Вартість технологічного обладнання дільниці – 1000000 грн.

Потужність електроспоживачів дільниці – 7,95 кВт.

Трудомісткість робіт по гаражу за рік – 57263,82 люд.-год.

Чисельність робітників на дільниці – 3.

Витрати на удосконалення дільниці – до 300000 грн.

Виконаємо розрахунок річних виробничих витрат на дільниці.

Основну заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$Z_{то} = S_{сер} \cdot T_{зм} D_p K_{обс} k_1 k_2 n_{p\Sigma} = (19.40 \cdot 1.35) \cdot 8 \cdot 250 \cdot 1.05 \cdot 1.25 \cdot 3 = 77076,56 \text{ грн}$$

де  $S_I$  – тарифна ставка першого розряду,  $S_I=19,40$  грн/год;

$K_{сер}$  - середній тарифний коефіцієнт;

$K_i$  - коефіцієнт  $i$  – го розряду;

$n_i$  - кількість робітників цього розряду;

$n_{p\Sigma}$  - загальна кількість робітників, чол.;

$\kappa_I$  - коефіцієнт, що враховує премії робітників;

$T_i$  - трудомісткість обслуговування на дільниці, годин;

$\kappa_{обс}$  - коефіцієнт, що враховує зарплату допоміжних робітників,  $\kappa_{обс} = 1,05$ ;

$\kappa$  - коефіцієнт, що враховує відрахування до соціальних фондів.

Нарахування на заробітну плату:

$$Z_{нарах} = \delta \cdot Z_{то} / 100 = 37,52 \cdot 77076,56 / 100 = 28919,13 \text{ грн} \quad (3.92)$$

де  $\delta$  - відсоток для нарахувань,  $\delta = 37,52 \%$

Річний фонд оплати праці:

$$Z_p = Z_{то} + Z_{нарах} = 77076,56 + 28919,13 = 105995,69 \text{ грн}$$

Розрахуємо витрати на технологічні матеріали для проекту.

Витрати на мастила технологічні:

$$B_m = C_m G_m = 14,30 \cdot 7 \cdot 3 = 300,30 \text{ грн}$$

де  $G_m$  - потреба в мастилах, л. (прийнято,  $G_m = 3$  літри на одиницю технологічного обладнання на рік).

$C_m$  - ціна одного літра мастил, грн.

Витрати на обтирні матеріали:

$$B_{обт} = C_{обт} G_{обт} T_p / \Phi_p = 2,5 \cdot 12 \cdot 3920 / 1860 = 63,00 \text{ грн}$$

де  $C_{обт}$  - ціна одного кг. обтирних матеріалів, грн;

$G_{обт}$  - норма витрат обтирних матеріалів 1000 л./год, кг.

Витрати на інструмент:

$$B_{ин} = \alpha \delta_m B_{обл} = 0,09 \cdot 0,03 \cdot 10000000 = 270,00 \text{ грн}$$

Витрати на інші матеріали, які використовують на дільницях при поточних ремонтах автомобілів розраховують, зазвичай, як відсоток до загальних витрат на матеріали.

$$B_{ини} = 10^{-2} \kappa_{ини} \sum B_m = 0,25 \cdot 633,30 = 158,33 \text{ грн}$$

Коефіцієнт, враховує витрати на інші матеріали,  $\kappa_{ини} = 25 \%$ .

Загальні витрати на матеріали:

$$B_{mat} = \sum B_i = 300,30 + 63,00 + 270,00 + 158,33 = 791,63 \text{ грн.}$$



Витрати на обслуговування виробничих приміщень розраховано за формулою:

$$B_F = \delta_{обс} F_i = 30,00 \cdot 215,28 = 6458,40 \text{грн},$$

де  $\delta_{обс}$  – нормативні витрати на обслуговування 1 м<sup>2</sup> площ за рік.

Витрати на обслуговування технологічного обладнання визначають, як:

$$B_{то} = 10^{-2} \delta B_{обл} = 0,05 \cdot 100000,00 = 5000,00 \text{грн},$$

де  $\delta$  – відсоток від вартості технологічного обладнання,  $\delta_{обл}=5,0\%$ .

Загальні витрати на обслуговування:

$$B_{обс} = \sum B_{i(обс)} = 6458,40 + 5000,00 = 11458,40 \text{грн}.$$

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо, як:

$$E_{то} = S_w N T_{зм} D_p \lambda_1 \lambda_2 / \lambda_3 = 0,9 \cdot 7,95 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 0,8 \cdot 0,3 / 0,95 = 3615,16 \text{грн},$$

де  $E_{то}$  – витрати на технологічну електроенергію за рік, грн;

$T_{зм}$  – кількість годин в робочій зміні;

$D_p$  – кількість робочих днів за рік;

$\lambda_1$  – коефіцієнт використання технологічного обладнання,  $\lambda_1=0,8 \dots 0,9$ ;

$\lambda_2$  – коефіцієнт використання електродвигунів за часом протягом зміни,  
 $\lambda_2=0,3 \dots 0,6$ ;

$\lambda_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати в мережі,  $\lambda_3 = 0,95$ ;

$S_w$  – тарифна ставка за 1 кіловат-годину, грн;

$N$  – загальна потужність двигунів на ділянці, кВт.

Витрати на освітлення приміщень розраховуємо наступним чином:

$$E_{осв} = S_{осв} \tau_{осв} F_i T D k_1 / k_2 = 0,56 \cdot 0,02 \cdot 215,28 \cdot 3,5 \cdot 250 \cdot 0,6 / 0,95 = 1332,47 \text{грн},$$

де  $S_{осв}$  – тарифна ставка за 1 кіловат-годину, грн;

$\tau_{осв}$  – норма потужності освітлення кв. метра, кВт;

$T$  – середня тривалість освітлення на добу,  $T=3,5$  год.

$D$  – кількість робочих днів за рік,  $D = 250$ ;

$K_1$  – коефіцієнт одночасного використання,  $K_1=0,6$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, враховує втрати в мережі,  $K_2 = 0,95$ .

$F_i$  – площа ділянки, м<sup>2</sup>.

Витрати на опалення приміщень розраховано за формулою:

$$B_{on} = S_{on} F_i = 15,00 \cdot 215,28 = 3229,2 \text{ грн},$$

де  $F_i$  - площа опалення на ділянці,  $\text{м}^2$ .

$S_{on}$  – тариф за опалення 1 кв. метра на рік;

Витрати на водопостачання і каналізацію розрахуємо наступним чином:

$$B_{en} = B_{kn} n_p = 170,00 \cdot 3 = 510,00 \text{ грн}$$

Загальні витрати на енергоносії розраховано за формулою:

$$E_{\Sigma} = E_{ocv} + E_{to} + B_{on} + B_{en} = 1332,47 + 3615,16 + 3229,2 + 510,00 = 8686,83 \text{ грн}.$$

Накладні витрати розрахуємо, як:

$$H = 10^{-2} \delta_n (3_p + B_{mat} + B_{obc} + E_{\Sigma}) = 0,03(105995,69 + 791,63 + 11458,40 + 8686,83) \\ = 3807,98 \text{ грн}$$

де  $H$  - накладні (додаткові) витрати за рік, грн;

$\delta_n$  – відсоток від виробничих витрат,  $\delta_n = 3-7\%$ .

Розрахуємо амортизаційні відрахування наступним чином.

Загальна вартість виробничих споруд:

$$B_{\sigma} = C_{\sigma} F_i = 370 \cdot 215,28 = 79653,60 \text{ грн}.$$

Амортизаційні відрахування на відновлення та ремонт виробничих споруд:

$$A_{\sigma yd} = \delta B_{\sigma} / 100 = 0,025 \cdot 79653,60 = 1991,34 \text{ грн}.$$

Амортизаційні відрахування на технологічне обладнання:

$$A_{obl} = \delta B_{obl} / 100 = 0,15 \cdot 100000,00 = 15000,00 \text{ грн}.$$

Загальні амортизаційні відрахування:

$$A_{zag} = A_{\sigma yd} + A_{obl} = 1991,34 + 15000,00 = 16991,34 \text{ грн}.$$

Розрахуємо виробничі витрати за рік:

$$B_{vir} = B_{\Sigma} + H = 105995,69 + 791,63 + 11458,40 + 8686,83 + 3807,98 = \\ = 130740,53 \text{ грн}$$

Загальні витрати на енергоносії розраховуємо за формулою:

$$B_{zag} = B_{vir} + A_{zag} = 130740,53 + 16991,34 = 147731,87 \text{ грн}.$$

Нормативні витрати визначаємо, як:

$$B_{norm} = 0,05 \delta B_{avt} = 0,05 \cdot 0,7 \cdot 4270000,00 = 149450,00 \text{ грн}.$$

Економічний ефект від удосконалення технічного обслуговування на ділянці розраховуємо за формулою:

$$E_p = B_{норм} - B_{заг} = 149450,00 - 147731,87 = 1718,13 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо, як:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{E_p} = \frac{3000}{1718,13} = 1,8 \text{ роки.}$$

Коефіцієнт ефективності розраховуємо за формулою:

$$K_{ef} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{1,8} = 0,55 \geq 0,15.$$

Висновок з розрахунку: удосконалення технічного обслуговування на шиномонтажній ділянці є економічно ефективним.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ГОСТ 2.1045-2006. Єдина система конструкторської документації. Основні надписи. Київ : Держстандарт України, 2007. 21 с.
2. Водяницький Г.П. Лекції з курсу «Основи технічної творчості». Житомир, 2008. 50 с.
3. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1999. 34 с.
4. Водяницький Г.П., Муляр О.Д., Грабар І.Г. Методичний посібник до виконання магістерської роботи. Житомир, 2013. 90 с.
5. Грабар І.Г., Водяницький Г.П. Теорія і технологія наукових досліджень. Житомир, 2012. 269 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ  
Кафедра автомобільного транспорту

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ**

\_\_\_\_\_  
*(назва теми дипломного проекту)*

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Група \_\_\_\_\_

Виконавець проекту \_\_\_\_\_  
*(підпис, П.І.Б.)*

Керівник проекту \_\_\_\_\_  
*(підпис, П.І.Б.)*

Консультант \_\_\_\_\_  
з економічних питань *(підпис, П.І.Б.)*

Консультант \_\_\_\_\_  
з охорони праці *(підпис, П.І.Б.)*

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
*(підпис, П.І.Б.)*

Житомир 20\_\_ р.

Житомирський агротехнічний фаховий коледж  
Відділення «Агроінженерія»  
Кафедра «Автомобільний транспорт»  
Освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр  
Галузь знань 27 «Транспорт»  
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

### 1. Тема проєкту (роботи) :

Керівник проєкту (роботи)

затверджена наказом від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. №\_\_\_

### 2. Строк подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

### 3. Вихідні дані до проєкту

### 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

### 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

**6. Консультанти з проєкту (роботи) із зазначенням розділів проєкту, що їх стосується**

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**7. Дата видачі завдання**

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_  
(підпис)