

ПРОМИСЛОВЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

методичні рекомендації до виконання
курсової роботи

Запоріжжя 2025



УДК 669:621.3(072)
П78

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №1 від 24 жовтня 2025 р.)

Укладач

Кулік Т. О., канд. техн. наук.

Рецензент

Бойко І. О., канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалознавства та прикладної механіки ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

П78 **Промислове обладнання та його обслуговування** : методичні рекомендації до виконання курсової роботи (для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти) / уклад. Т. О. Кулік. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2025. 43 с.

Методичні вказівки містять основні положення щодо структури, змісту та порядку виконання курсової роботи з дисципліни «Промислове обладнання та його обслуговування» для здобувачів освіти спеціальності G9 Прикладна механіка (ОПП «Інжиніринг механічних систем та обладнання») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Подано вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки, порядок виконання, подання та оцінювання курсової роботи, а також рекомендації щодо дотримання академічної доброчесності.

Матеріали узагальнюють сучасні підходи до оцінювання працездатності та підвищення ефективності експлуатації промислового обладнання. Особливу увагу приділено методиці виконання основного розділу з застосуванням аналітичного підходу, який передбачає оцінку технічного стану, надійності, ремонтпридатності та ефективності технічного обслуговування машин і агрегатів, а також з застосуванням прикладного розрахункового підходу — виконанню інженерних розрахунків вузлів і деталей на міцність, зносостійкість і довговічність.

УДК 669:621.3(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025





ЗМІСТ

1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ	4
2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	6
2.1 Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист	6
2.2 Застереження щодо академічної доброчесності	8
2.3 Критерії оцінювання курсових робіт	15
3 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ	19
3.1 Вимоги до структури курсової роботи	19
3.2 Аналіз технічного стану та показників надійності облад- нання (аналітичний підхід)	21
3.2.1 <i>Невідновлювальні об'єкти</i>	23
3.2.2 <i>Відновлювальні об'єкти (з кінцевим часом віднов-</i> <i>лення)</i>	23
3.2.3 <i>Об'єкти з миттєвим відновленням</i>	24
3.3 Аналіз технічного стану об'єкта за результатами інженер- ного розрахунку на працездатність (прикладний підхід)	28
3.3.1 <i>Перевірка міцності</i>	32
3.3.2 <i>Перевірка на втому, жорсткість або стійкість</i>	32
3.3.3 <i>Перевірка на зносостійкість</i>	33
3.3.4 <i>Перевірка на критичний знос</i>	34
3.3.5 <i>Розрахунок довговічності при втомному наванта-</i> <i>женні</i>	36
3.3.6 <i>Розрахунок довговічності при зношуванні</i>	36
3.3.7 <i>Довговічність підшипників</i>	37
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	41
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	42
Додаток А	43
Додаток Б	44
Додаток В	45



1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота є самостійним дослідженням і важливою складовою практичної підготовки здобувачів освіти з дисципліни «Промислове обладнання та його обслуговування» в межах освітньо-професійної програми «Інжиніринг механічних систем та обладнання» спеціальності G9 Прикладна механіка (першого – бакалаврського рівня вищої освіти) для здобувачів усіх форм навчання.

Сучасне промислове обладнання є основою ефективного функціонування підприємств різних галузей. Раціональне проектування, експлуатація та технічне обслуговування машин і агрегатів забезпечують безпечність, надійність, економічність та екологічність виробничих процесів. Тому правильний вибір, розрахунок та обґрунтування параметрів обладнання мають важливе значення для підвищення ефективності роботи технологічних систем.

Мета курсової роботи – закріплення, поглиблення та практичне застосування знань і навичок, отриманих під час вивчення дисципліни «Промислове обладнання та його обслуговування», а також формування у студентів умінь самостійно вирішувати інженерно-технічні завдання, пов'язані з аналізом, розрахунком, експлуатацією та удосконаленням промислового обладнання.

Основні завдання курсової роботи – розвиток у студента здатності та навичок:

- систематизації, закріплення та розширення теоретичних і практичних знань з вивченої дисципліни;
- самостійного та творчого розв'язання інженерних завдань, пов'язаних із вибором, проектуванням та технічним обслуговуванням машин і механізмів;
- аналізу надійності, довговічності, ремонтпридатності та енергоефективності промислового обладнання;
- набуття практичних навичок виконання розрахунків вузлів і агрегатів на міцність, стійкість, зносостійкість, а також розрахунків систем технічного обслуговування;
- розвитку вмінь працювати з конструкторською, нормативною та технічною документацією, а також застосовувати сучасні методи діагностики та експлуатації машин.

Виконання та захист курсової роботи сприяє формуванню у здобувачів освіти **професійних компетентностей і програмних результатів навчання**, передбачених освітньо-професійною програмою «Інжиніринг механічних систем та обладнання», зокрема:

ФК12 Здатність забезпечувати якісну роботу з модернізації, оптимізації та експлуатації механічного обладнання і технологічних систем



різних виробництв машинобудівного, металургійного і гірничодобувного комплексів.

ФК13. Здатність використовувати сучасними методами діагностування технічного стану, обслуговування та ремонту машин і обладнання, підготовки машин і обладнання до використання за призначенням.

Очікувані результати навчання:

РН10. Знати конструкції, методики вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації механічного обладнання, зокрема гірничодобувного та металургійного.

РН19. Вміти аналізувати креслення, схеми та конструкції гірничо-металургійного обладнання та відповідно організувати його експлуатацію.



2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист

Варіант завдання визначається відповідно до індивідуального «Завдання до курсової роботи» (Додаток Б), яке студент отримує від викладача. У завданні зазначаються тема, мета роботи, вихідні дані, перелік розрахункових завдань та орієнтовні терміни виконання окремих етапів.

Після узгодження завдання студент і керівник курсової роботи засвідчують документ підписами. Надалі, при оформленні розрахунково-пояснювальної записки, заповнений бланк «Завдання...» підшивається безпосередньо після титульної сторінки.

Вихідними даними для виконання курсової роботи є інформація, необхідна для проведення аналізу або виконання розрахунків відповідно до індивідуального завдання студента.

До складу вихідних даних можуть входити:

- технічні характеристики та експлуатаційні параметри вибраного об'єкта дослідження (машини, агрегату, вузла чи системи), включно з основними геометричними розмірами, потужністю, продуктивністю, швидкостями або навантажувальними показниками;
- умови експлуатації обладнання — режим роботи, види навантажень, робоче середовище, температура, вологість, рівень вібрацій чи пилу;
- вимоги до надійності, ремонтпридатності, довговічності, енергоефективності та безпечності експлуатації обладнання відповідно до технічної документації або галузевих норм;
- дані про конструкційні матеріали деталей і вузлів, типи підшипників, з'єднань, ущільнень, мастильних матеріалів, способи кріплення та поверхневу обробку;
- статистичні відомості або результати діагностики щодо типових відмов, зносів, пошкоджень і частоти технічного обслуговування;
- довідкові або нормативні дані, що стосуються вибору матеріалів, допустимих напружень, коефіцієнтів запасу міцності, термінів міжремонтних циклів, рекомендованих методів контролю технічного стану.

У випадку, якщо студент проходив виробничу практику або працює на підприємстві, дозволяється використовувати реальні технічні характеристики машин чи систем, що експлуатуються на виробництві, за умов наявності дозволу на використання цих даних у навчальних цілях.

Вихідні дані оформлюються у вигляді таблиць або коротких описів, що розміщуються безпосередньо в тексті пояснювальної записки (у



підрозділі «Вихідні дані»). Для наочності допускається додавати схеми, фотографії чи креслення вибраного обладнання, вузлів або окремих деталей, які підлягають розрахунку чи аналізу.

Розрахунки та аналітичні дослідження виконуються відповідно до індивідуального завдання, який визначає перелік необхідних дій:

- аналіз технічного стану, надійності та ефективності роботи обладнання;
- інженерні розрахунки окремих вузлів або деталей (на міцність, довговічність, зносостійкість тощо);
- оцінювання показників експлуатаційної готовності, ремонтпридатності, частоти відмов;
- розроблення технічно обґрунтованих пропозицій щодо вдосконалення системи технічного обслуговування, підвищення надійності та енергоефективності обладнання.

Під час виконання курсової роботи студенти відвідують консультації згідно з розкладом занять або за індивідуальним графіком у дистанційному форматі. На консультаціях викладач надає методичні рекомендації щодо структури, змісту, розрахунків і оформлення пояснювальної записки, а також здійснює контроль ступеня готовності роботи.

Контроль виконання, подання на перевірку та представлення закінченої курсової роботи здійснюється через освітню платформу Moodle, де створюється окремий курс під назвою: «Курсова робота «Промислове обладнання та його обслуговування».

Завершена курсова робота у вигляді розрахунково-пояснювальної записки має містити титульну сторінку (Додаток А), завдання, реферат (додаток В), зміст, усі розділи, додатки, таблиці, графічні матеріали (за потреби).

Подання та перевірка здійснюються у такій послідовності:

- студент завантажує готову курсову роботу у систему Moodle у встановлений термін;
- система автоматично здійснює перевірку на плагіат за допомогою відповідного інструменту Moodle;
- після перевірки на академічну доброчесність робота передається керівнику для оцінювання якості виконання розрахунків, повноти висвітлення теми, обґрунтованості висновків і рівня оформлення.

У разі позитивної оцінки та допуску керівника студент допускається до захисту курсової роботи перед комісією, до складу якої входять 2–3 викладачі, включно з лектором дисципліни та керівником роботи.

Під час **захисту курсової роботи** студент коротко доповідає про мету, зміст, основні результати розрахунків, запропоновані технічні рішення та заходи щодо підвищення надійності й ефективності роботи обладнання.

Члени комісії ставлять уточнювальні запитання, що дозволяють оцінити рівень розуміння студентом виконаної роботи та засвоєння



навчального матеріалу.

При оцінюванні курсової роботи враховується:

- правильність та обґрунтованість виконаних інженерних розрахунків;
- доцільність і логічність технічних рішень;
- глибина аналізу обладнання, що розглядається;
- рівень самостійності виконання;
- повнота та якість оформлення розрахунково-пояснювальної записки;
- здатність студента обґрунтувати результати під час захисту.

Підсумкова оцінка за виконання освітнього компоненту «Курсова робота «Промислове обладнання та його обслуговування» складається з двох складових:


1. оцінки за зміст, правильність і оформлення пояснювальної записки;
2. оцінки за захист роботи перед комісією.

Остаточна оцінка вноситься до екзаменаційної відомості та враховується при визначенні середнього балу успішності студента з фахових дисциплін освітньо-професійної програми «Інжиніринг механічних систем та обладнання».

2.2 Застереження щодо академічної доброчесності

Як член студентської спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» здобувач має дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

- шахрайство та плагіат заборонені;
- спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим;
- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації;
- університет підтримує середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу



в межах своєї спільноти – здобувачів вищої освіти, співробітників або відвідувачів [2].

Виконання курсового проєкту / роботи має здійснюватися з урахуванням **вимог щодо академічної доброчесності**. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту»: «**Академічна доброчесність** – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень» [1]. Головним проявом академічної недоброчесності вважається академічний плагіат. «**Академічний плагіат** – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства» [1], а саме:

- відтворення в тексті роботи (повний текст роботи, з коментарями, примітками, бібліографією, переліком джерел та всіма додатками до основного тексту) без змін, з незначними змінами, або в перекладі тексту іншого автора (інших авторів), обсягом від речення і більше, без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;
- відтворення в тексті роботи, повністю або частково, тексту іншого автора (інших авторів) через його перефразування чи довільний переказ без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;
- відтворення в тексті роботи наведених в іншому джерелі цитат з третіх джерел без вказування, за яким саме безпосереднім джерелом наведена цитата;
- відтворення в тексті роботи наведеної в іншому джерелі науково-технічної інформації (крім загальновідомої) без вказування на те, з якого джерела взята ця інформація;
- перефразування тексту джерела у формі, що є близькою до оригінального тексту, або наведення узагальнення ідей, інтерпретацій чи висновків з певного джерела без посилання на це джерело;
- подання як власних робіт, виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання [3].

До числа інших порушень академічної доброчесності, класифікованих законодавством України, що можуть трапитися при виконанні курсового проєкту / роботи, належать:


- **самоплагіат** - оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
- **фабрикація** - вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;

- **фальсифікація** - свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
- **списування** - виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання;
- **обман** - надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування;
- **хабарництво** - надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;
- **необ'єктивне оцінювання** - свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти;
- надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання;
- вплив у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання [1].

В разі, якщо здобувач стикається із проявами порушень академічної доброчесності, він має повідомити про це завідувача кафедри / Комісію з питань академічної доброчесності / Уповноваженого з питань протидії корупції, які, в свою чергу, повинні негайно після повідомлення забезпечити вжиття заходів попередження або виправлення таких порушень [2].

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в курсовому проєкті / роботі:

- робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;
- будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, з незначними змінами, або в перекладі з іншого джерела, обов'язково має супроводжуватися посиланням на це джерело (у формі підрядкового посилання, наприклад як це зроблено щодо Закону «Про освіту» на попередній сторінці); винятки допускаються лише для стандартних текстових кліше, які не мають авторства та/чи є загальноживаними;
- якщо перефразування чи довільний переказ в тексті роботи тексту іншого автора (інших авторів) займає більше одного абзацу,



посилання (бібліографічне та/або текстуальне) на відповідний текст та/або його автора (авторів) має міститися щонайменше один раз у кожному абзаці роботи, крім абзаців, що повністю складаються з формул, а також нумерованих та маркованих списків (в останньому разі допускається подати одне посилання наприкінці списку);

- якщо цитата з певного джерела наводиться за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на першоджерело; якщо цитата наводиться не за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на безпосереднє джерело цитування («цитується за ХХХХХХ») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;
- будь-яка наведена в тексті роботи науково-технічна інформація має супроводжуватися чітким вказуванням на джерело, з якого взята ця інформація із посиланням на відповідний пункт списку використаних джерел; винятки припускаються лише для загальновідомої інформації, визнаної всією спільнотою фахівців відповідного профілю; у разі використання у роботі тексту нормативно-правового акту достатньо зазначити його назву, дату ухвалення та, за наявності, дату ухвалення останніх змін до нього або нової редакції, а також посилання на відповідний пункт списку використаних джерел.
- для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору слід наводити цитати; науковий етикет потребує точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором [3].

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у роботі. Такі посилання дають змогу відшукати документи та перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися бажано на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли в них є матеріал, який не включено до останнього видання.

2. Якщо використовуються відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в курсовій роботі.

3. Посилання додаються одразу після закінчення цитати у квадратних дужках, де вказується порядковий номер джерела у списку літератури та відповідна сторінка джерела (наприклад: [12, с. 172]), або під текстом цієї сторінки у вигляді зноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора,



назву джерела, видавництво, рік видання та сторінку. При цьому враховувати наступне:

- текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у джерелі, із збереженням особливостей авторського написання; наукові терміни, запропоновані іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку – у цих випадках використовується вираз «так званий»;
- цитування повинно бути повним, без довільного скорочення авторського тексту та без перекручень думок автора;
- пропуск слів, речень, абзаців при цитуванні допускається без перекручення авторського тексту і позначається трьома крапками, вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, наприкінці); якщо перед випущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;
- кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;
- при непрямому цитуванні (переказі, викладі думок інших авторів своїми словами), що дає значну економію тексту, слід бути гранично точним у викладенні думок автора, коректним щодо оцінювання його результатів і давати відповідні посилання на джерело;
- якщо необхідно виявити ставлення автора роботи до окремих слів або думок з цитованого тексту, то після них у круглих дужках ставлять знак оклику або знак питання;
- коли автор роботи, наводячи цитату, виділяє в ній деякі слова, то робиться спеціальне застереження, тобто після тексту, який пояснює виділення, ставиться крапка, потім дефіс і вказуються ініціали автора дисертації, а весь текст застереження вміщується у круглій дужці. Варіантами таких застережень є: (курсив наш. – М.Х.), (підкреслено мною. – М.Х.), (розбивка моя. – М.Х.) [4].

Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення

Регламент перевірки академічних робіт на плагіат визначає процедуру проведення перевірки курсового проекту / роботи здобувачів з використанням систем StrikePlagiarism.com (<http://strikeplagiarism.com>) або інших систем на наявність запозичень із текстів, присутніх в базах Університету, базах інших закладів вищої освіти та в Інтернеті.

Процедура перевірки курсового проекту / роботи відбувається в 4 етапи:

1. **здобувач** передає роботу науковому керівнику (Перевірка проводиться автоматично, на підставі внесеного до титульного листа відповідної роботи формулювання «Робота містить результати власних досліджень та напрацювань. Використання ідей, результатів і текстів

інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Електронний та паперовий варіанти роботи є ідентичними»);

2. **науковий керівник** передає отримані від студента матеріали відповідальній особі, що здійснює перевірку;
3. **відповідальна особа** здійснює перевірку роботи в системі, формує Звіт подібності у форматі PDF засвідчений підписом і передає його науковому керівнику для подальшого аналізу;
4. **науковий керівник** приймає рішення щодо наявності у роботі неправомірних запозичень, формує експертний висновок про допуск роботи до захисту та завантажує всі матеріали в систему управління навчанням Moodle.

Відповідальна особа, що виконує перевірку, не дає оцінку змісту курсового проєкту / роботи, а виконує виключно технічну перевірку. Аналіз Звіту подібності здійснює науковий керівник.

Показники рівнів оригінальності тексту курсового проєкту / роботи [2].

Вид роботи	Рівень оригінальності			
	високий	задовільний	низький	неприйнятний
Звіти з атестаційної практики, R&D проєкти, курсові роботи / проєкти за оригінальним індивідуальним завданням	від 71% до 100%	від 51% до 70%	від 31% до 50%	від 0% до 30%
Звіти з інших видів практик, курсові роботи / проєкти за визначеною методикою	від 61% до 100%	від 41% до 60%	від 21% до 40%	від 0% до 20%

За підготовку файлу курсового проєкту / роботи, що підлягає перевірці, відповідає автор цієї роботи. Формат файлу повинен бути прийнятним для перевірки на плагіат (підтримуються формати файлів .doc, .docx, .pdf, .odt, які не містять елементів захисту).

Під час підготовки файлу роботи забороняється використовувати будь-які методи обманювання сервісів перевірки на академічний плагіат, зокрема забороняється:

- заміна текстових символів на візуально ідентичні зображення;
- заміна окремих букв одного алфавіту на аналогічні за написанням букви іншого алфавіту (наприклад, заміна кирилических букв 'Аа-ВЕеліКМНОоРрСсТуХх' на відповідні латинські і навпаки);
- вставка додаткових текстових символів, які візуально не видимі (білі знаки) [2].

Виявлені у тексті роботи запозичення вважаються правомірними, якщо вони:

- є власними назвами (індивідуальними найменуваннями окремих одиничних об'єктів, у тому числі найменуваннями установ, назвами праць, які досліджувалися у творі, бібліографічними посиланнями на джерела та ін.);
- є усталеними словосполученнями, що характерні для певної сфери знань;
- належним чином оформлені цитуваннями;
- самоцитуванням (фрагментами тексту, що належать автору твору, опубліковані або оприлюднені в електронній формі ним у інших творах), якщо воно допускається редакційною політикою видання [2].

Усі запозичені фрагменти в роботі мають бути розглянуті на предмет коректності оформлення цитувань та посилань на першоджерела.

Вносити які-небудь виправлення та зміни в курсовий проєкт / роботу після їх перевірки на плагіат та затвердження на кафедрі не дозволяється.

Робота, що має високий рівень оригінальності, допускається до захисту. Якщо робота має задовільний або низький рівні оригінальності, здобувачеві пропонується доопрацювати роботу перед її захистом. При незадовільному рівні – робота повертається на доопрацювання з повторною її перевіркою на академічний плагіат. Допустима кількість повторних перевірок – одна спроба. Якщо результат повторної перевірки незадовільний, то робота знімається з захисту [2].

У випадку незгоди з висновком про оригінальність роботи автор має право подати апеляцію, яка буде розглянута у встановленому порядку Комісією з питань академічної доброчесності в Університеті.

За порушення академічної доброчесності здобувачі можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- на етапі розгляду та перевірки академічних текстів здобувачів освіти при виявленні порушень академічної доброчесності у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування, робота не допускається до наступного етапу виконання/захисту курсового проєкту / роботи та повертається на доопрацювання здобувачеві освіти;
- за умови повторного виявлення порушень академічної доброчесності здобувачами освіти у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування, робота знімається з розгляду, що тягне собою виникнення академічної заборгованості та невиконання індивідуального навчального плану з відповідними наслідками у вигляді відрахування з числа здобувачів освіти;
- виявлення інших, ніж плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, порушень академічної доброчесності здобувачами освіти є підставою для ухвалення рішень щодо відрахування зі складу здобувачів освіти або інших дисциплінарних стягнень (відмова у присудженні передбачених внутрішніми нормативними

документами стипендій, відмова у відборі на участь у програмах академічної мобільності тощо) [2].

Отримані результати у звітах з перевірки тексту на унікальність та відсутність плагіату носять рекомендаційний характер і є лише допоміжними матеріалами для забезпечення процесу перевірки академічних та наукових текстів, що проходять перевірку. Керівник має обов'язково провести додаткову експертизу роботи (самостійно або із залученням інших компетентних осіб), навіть якщо звіт не свідчить про відсутність ознак плагіату, оскільки до тексту пояснювальної записки можуть бути застосовані засоби «рерайтингу» з метою підвищення рівня унікальності. Крім того, попри той факт, що використання додатків, що ґрунтуються на мовних моделях, не є забороненим, зміст пояснювальної записки має свідчити про осмисленість положень, тверджень, висновків автора курсової роботи. За результатами експертизи роботи формується експертний висновок.

Зберігання експертних висновків щодо перевірки у документах структурного підрозділу є обов'язковим.

2.3 Критерії оцінювання курсових робіт

Критерії оцінювання **змісту, оформлення та захисту** курсової роботи подано в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Критерії оцінювання змісту та оформлення курсової роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
90–100	Здобувач демонструє високий рівень опанування освітнього компонента. Зміст пояснювальної записки свідчить про вміння самостійно (під керівництвом викладача) проводити дослідження, виконувати інженерні розрахунки та проектування. Прийняті технічні рішення є обґрунтованими, логічними і достатньо глибокими. Текст викладено науково, грамотно, послідовно, державною мовою. Оформлення роботи повністю відповідає вимогам методичних вказівок.
82–89	Здобувач демонструє рівень вищий за середній. Зміст пояснювальної записки свідчить про оволодіння основними навичками самостійного дослідження та проектування. Прийняті рішення в цілому обґрунтовані, але мають незначні неточності. Текст логічний,



Кількість балів	Критерії оцінювання
	послідовний, професійною мовою, проте у висновках або оформленні допущено окремі несуттєві помилки.
75–81	Здобувач виявляє середній рівень засвоєння матеріалу. Зміст роботи містить окремі методичні чи логічні неточності. Висновки сформульовані частково правильно, проте є помилки в інтерпретації результатів або неповнота обґрунтування. Прийняті технічні рішення є формально вірними, але недостатньо аргументованими. У тексті трапляються недоліки у використанні фахової термінології. В оформленні роботи – помітні порушення вимог.
65–74	Здобувач демонструє задовільний рівень володіння матеріалом, проте в роботі наявні суттєві помилки у розрахунках, структурі чи логіці викладу. Текст має слабку послідовність, спостерігаються помилки у використанні технічних термінів. Оформлення не повністю відповідає вимогам. Робота в цілому виконана, але потребує доопрацювання.

Таблиця 2.2 – Критерії оцінювання захисту курсової роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
90–100	Підготовка та подання курсової роботи виконані у повній відповідності до навчального графіка. Доповідь чітка, логічна, повністю відображає зміст і результати дослідження. Презентація інформативна, візуально підтримує доповідь і містить ключові розрахунки, графіки та схеми. Відповіді на запитання комісії впевнені, точні, демонструють глибокі знання предмета. Здобувач вільно орієнтується у темі, здатний вести науково-технічну дискусію.
82–89	Підготовка і подання роботи здійснені з незначними відхиленнями від графіка. Доповідь логічна, повна, але незначно перевищує встановлений регламент. Презентація містить окремі надлишкові або



Кількість балів	Критерії оцінювання
	недостатньо розкриті елементи. Відповіді здобувача свідчать про достатній рівень знань. Дискусію веде впевнено, хоча допускає окремі неточності в аргументації.
75–81	Подання завершеної роботи здійснювалося з відхиленнями від графіка. Доповідь змістовна, проте перевищує регламент часу, має надлишкову або нечітку інформацію. Презентація частково не відповідає змісту доповіді. Відповіді на запитання комісії менш упевнені, але демонструють базові знання теми. Здобувач веде дискусію невпевнено, має труднощі з аргументацією власної позиції.
65–74	Підготовка і подання роботи здійснені з помітними порушеннями графіка або із запізненням. Доповідь перевищує регламент і не в повній мірі розкриває результати дослідження. Презентація недостатньо інформативна, не відображає суттєвих елементів роботи. Відповіді на запитання нечіткі, свідчать про прогалини у знаннях. Здобувач має труднощі з аргументацією під час дискусії.

Після оголошення результатів оцінювання здобувач освіти має право протягом одного робочого дня звернутися до оцінювача (керівника курсової роботи або члена комісії) за роз'ясненням отриманої оцінки. Оцінювач зобов'язаний надати усне або письмове пояснення протягом одного робочого дня, щоб студент мав можливість, за потреби, подати апеляцію до завершення семестрового контролю.

У випадку незгоди з наданим роз'ясненням, здобувач може подати умотивовану заяву до декана факультету не пізніше 12:00 наступного робочого дня після отримання роз'яснення.

Декан розглядає заяву, враховуючи аргументи здобувача та пояснення оцінювача (усні чи письмові), і приймає одне з таких рішень:
– доручити комісії із захисту повторно розглянути оцінку;
– призначити повторне оцінювання іншому викладачу, який відповідає профілю освітньої програми та має відповідну компетенцію;
– у разі значної різниці між оцінками (>10%) призначити додаткового третього оцінювача, після чого підсумкова оцінка визначається як середнє трьох оцінок.

Якщо здобувач освіти не згоден із результатами захисту або вважає,



що було порушено процедуру оцінювання чи принципи академічної доброчесності, він має право подати письмову заяву декану факультету у день оголошення оцінки.

Декан утворює комісію для перевірки фактів і, у разі підтвердження порушень, приймає рішення про проведення повторного захисту з іншим складом комісії.

Процедури апеляції не можуть бути використані здобувачем у випадку незгоди з оцінками інших студентів.

Якщо комісія з академічної доброчесності або створена за поданням декана комісія виявляє порушення, які вплинули на результати оцінювання і не можуть бути усунені, ректор університету протягом одного тижня після отримання висновку комісії ухвалює рішення про скасування результатів оцінювання та проведення повторного контролю знань для одного, кількох або всіх здобувачів освіти.



3 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

3.1 Вимоги до структури курсової роботи


Розрахунково-пояснювальна записка курсової роботи виконується у друкованому або електронному вигляді на аркушах білого паперу формату А4 (210 × 297 мм) з такими полями:

- зверху, справа та знизу – по 20 мм;
- зліва – 30 мм (для підшивання).

При оформленні пояснювальної записки необхідно дотримуватися вимог стандарту **ДСТУ 3008:2015** «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».

Структура курсової роботи повинна бути логічно послідовною і включати такі обов'язкові складові:

1. **Титульний лист** – оформлюється згідно з установленим зразком (Додаток А).
2. **Завдання до курсової роботи** – індивідуальне, підписане студентом і керівником (Додаток Б).
3. **Реферат** – коротка характеристика роботи, що містить відомості про об'єкт дослідження, мету, основні результати та рекомендації (Додаток В).
4. **Зміст** – перелік розділів і підрозділів із зазначенням сторінок.
5. **Вступ**, у якому розкриваються актуальність теми, мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження.
6. **Основна частина**, яка повинна включати такі елементи:
 - **Опис об'єкта дослідження** (машина, агрегат, вузол, система) із текстом, схемами або фотографіями;
 - **Аналітичний або розрахунковий розділ**:
 - у разі **аналітичного підходу** – аналіз обладнання з точки зору надійності, безвідмовності, ремонтпридатності, технічного обслуговування (з розрахунком показників МТBF, готовності, коефіцієнтів використання тощо);
 - у разі **прикладного розрахункового підходу** – виконання інженерного розрахунку конкретного вузла (вала, підшипника, футерівки, кріплення тощо) на міцність, зносостійкість, довговічність або інші показники;
 - **Прикладні розрахунки, таблиці, графіки, діаграми**, що ілюструють отримані результати;
 - **Пропозиції щодо підвищення надійності та вдосконалення обслуговування**, де подаються технічно обґрунтовані рекомендації, елементи модернізації, удосконалення технологічних режимів або систем ТОіР.

- 
7. **Висновки**, що містять стислий виклад основних результатів, узагальнення та рекомендації.
 8. **Список використаних джерел**. Список формується у тій послідовності, у якій у тексті наведені посилання (у квадратних дужках із зазначенням номера джерела та сторінки). Оформлення бібліографічних описів здійснюється згідно з вимогами **ДСТУ 8302:2015** «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».
 9. **Додатки** (за потреби). До них можуть входити:
 - схеми або блок-діаграми обладнання;
 - ескізи досліджуваного вузла або деталі;
 - ілюстрації розрахунків (таблиці, графіки, діаграми);
 - фотоматеріали чи схеми організації технічного обслуговування.
 10. **Презентаційні матеріали** – окремий комплект слайдів (PowerPoint або PDF), який містить ключові результати курсової роботи:
 - тему, мету та задачі роботи;
 - схему або 3D-модель обладнання;
 - основні тези за результатами аналізу обладнання;
 - алгоритми розрахунків та результати, в тому числі у вигляді графіків чи таблиць;
 - ілюстрації запропонованих технічних рішень або заходів з обслуговування;
 - висновки.

Основною змістовною частиною курсової роботи є розділ, присвячений аналізу надійності, працездатності та ефективності експлуатації промислового обладнання.

Залежно від змісту індивідуального завдання, цей розділ може виконуватись **у двох варіантах**:

– **аналітичному** — із проведенням оцінки технічного стану, показників надійності, ремонтпридатності та ефективності системи технічного обслуговування;

– **прикладному (розрахунковому)** — із виконанням інженерних розрахунків вузлів або деталей обладнання на міцність, зносостійкість, довговічність та інші показники працездатності.

Нижче наведено методичні вказівки щодо виконання обох варіантів цього розділу, що визначають структуру, зміст та порядок подання результатів аналізу.



3.2 Аналіз технічного стану та показників надійності обладнання (аналітичний підхід)

Мета розділу:

- виконати системний аналіз технічного стану вибраного обладнання або його вузла;
- оцінити рівень надійності, ремонтпридатності, безвідмовності та ефективності технічного обслуговування;
- сформуванати базу для розроблення рекомендацій щодо підвищення надійності та оптимізації експлуатації.

Основна структура розділу

I. Загальна характеристика об'єкта дослідження:

- призначення, галузь застосування;
- принцип дії та основні вузли;
- основні технічні параметри (потужність, продуктивність, габарити, маса тощо);
- схема або фото обладнання.

У цьому підрозділі студент подає загальні відомості про об'єкт дослідження – машину, агрегат або окремий вузол, який є предметом аналізу. Необхідно коротко охарактеризувати призначення обладнання, його галузь застосування та місце у технологічному процесі підприємства. Далі слід описати принцип дії, перелічити основні вузли та деталі, пояснити їх взаємодію. Обов'язково подаються основні технічні характеристики (потужність, продуктивність, габарити, маса, швидкість обертання тощо) з посиланням на технічну документацію або паспорт обладнання. Для наочності додається схема, креслення або фотографія об'єкта, що аналізується.

II. Аналіз умов експлуатації:

- характер навантажень (статичні, динамічні, ударні, вібраційні);
- температурний, запилений, вологий або агресивний середовища;
- режим роботи (змінність, тривалість, періодичність пусків/зупинок);
- типові несправності, що виникають у процесі експлуатації.

У цьому підпункті необхідно охарактеризувати умови роботи обладнання, оскільки саме вони суттєво впливають на його надійність, довговічність і ремонтпридатність. Слід визначити характер навантажень (статичні, динамічні, ударні, вібраційні) та оцінити, як вони впливають на основні вузли машини. За потреби, можна описати умови навколишнього середовища — температуру, запыленість, вологість, наявність агресивних



середовищ, що можуть спричиняти корозію або прискорене зношування. Також подається режим експлуатації: тривалість роботи, кількість змін, частота пусків і зупинок, періодичність технічного обслуговування. Наприкінці рекомендується навести типові несправності або відмови, що спостерігаються під час роботи обладнання, з коротким описом можливих причин їх виникнення.

III. Оцінка надійності та безвідмовності:

- розрахунок або використання показників:
- середній напрацювання до відмови (T),
- інтенсивність відмов λ ,
- імовірність безвідмовної роботи $P(t)$,
- коефіцієнт готовності K_r ,
- коефіцієнт технічного використання K_T ;
- аналіз отриманих результатів у порівнянні з нормативними або довідковими значеннями.

У цьому підпункті студент повинен оцінити рівень надійності роботи обладнання за допомогою кількісних показників. Необхідно виконати розрахунок або використати довідкові дані для визначення таких основних характеристик надійності: середнього напрацювання до відмови T , інтенсивності відмов λ , імовірності безвідмовної роботи $P(t)$, коефіцієнта готовності K_r та коефіцієнта технічного використання K_T .

Отримані значення слід порівняти з нормативними або типовими показниками для аналогічного обладнання та зробити висновок щодо технічного стану об'єкта дослідження. За наявності даних із виробництва доцільно навести статистичні результати спостережень чи діагностики, що підтверджують проведені оцінки.

Класифікація об'єктів за характером відновлення. Залежно від можливості відновлення працездатності після відмови, об'єкти поділяються на три типи:

Невідновлювальні об'єкти – після відмови не відновлюються під час експлуатації (наприклад, підшипники, ущільнення, запобіжні муфти, фільтри).

Відновлювальні об'єкти – працездатність відновлюється після ремонту або заміни вузла, час відновлення T_v є кінцевим (насоси, редуктори, компресори, приводи тощо).

Об'єкти з миттєвим відновленням – час відновлення настільки малий, що ним можна знехтувати; працездатність системи поновлюється одразу (наприклад, модульні електромеханічні системи, обладнання з гарячим резервом).

Наведемо основні розрахункові залежності, що застосовуються для визначення показників надійності обладнання залежно від характеру його



відновлення — невідновлювального, відновлювального або з миттєвим відновленням.

3.2.1 Невідновлювальні об'єкти

Основні показники надійності визначаються за такими формулами:
Імовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.1)$$

Інтенсивність відмов:

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{ср}}} \quad (3.2)$$

Середній напрацювання до відмови:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (3.3)$$

де t_i – напрацювання до відмови i -го зразка, год;
 n – кількість спостережень.

Імовірність відмови:

$$F(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3.4)$$

3.2.2 Відновлювальні об'єкти (з кінцевим часом відновлення)

Для машин і агрегатів, працездатність яких може бути відновлена після відмови, використовують ті самі базові показники (3.1)–(3.2), а також враховують параметри часу відновлення.

Коефіцієнт готовності:

$$K_r = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + T_{\text{в}}} \quad (3.5)$$

де $T_{\text{ср}}$ – середній напрацювання між відмовами, год;
 $T_{\text{в}}$ – середній час відновлення, год.

Коефіцієнт технічного використання:

$$K_T = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B + T_o} \quad (3.6)$$

де T_o – середній час планових простоїв (регламентні ТО, очікування запчастин, профілактика).

Інтенсивність відмов (практична форма):

$$\lambda = \frac{N_{відм}}{T_{заг}} \quad (3.7)$$

де $N_{відм}$ – кількість зафіксованих відмов;
 $T_{заг}$ – сумарний напрацьований час усіх одиниць обладнання.

3.2.3 Об'єкти з миттєвим відновленням

Для об'єктів, у яких час відновлення практично не впливає на працездатність, застосовується спрощене припущення:

$$T_B \approx 0, K_r \approx 1, K_T \approx 1 \quad (3.8)$$

Надійність таких систем описується потоком відновлень, що підпорядковується розподілу Пуассона:

$$p(n, t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (3.9)$$

де $p(n, t)$ – імовірність того, що за час t відбудеться n відновлень;
 λ – середня інтенсивність потоку відмов або відновлень, 1/год.

Для оцінювання безвідмовності такого об'єкта використовують формули (3.1)–(3.4), вважаючи, що відновлення не змінює функціонування системи в часі.

IV. Аналіз результатів

Після проведення розрахунків студент повинен:

- порівняти отримані показники $P(t)$, λ , K_r , K_T із нормативними або довідковими даними;
- виявити причини відхилень фактичних показників від еталонних;
- зробити висновки про рівень надійності та технічний стан об'єкта дослідження;
- визначити напрямки підвищення надійності, наприклад, через

удосконалення конструкції, змашування, балансування або зміну періодичності ТО.

Якщо під час виконання курсової роботи об'єкт належить до складної технічної системи (наприклад, агрегат з кількох паралельно або послідовно з'єднаних вузлів), розрахунок загальної надійності може виконуватися за схемами *послідовного* або *паралельного з'єднання елементів*, де імовірність безвідмовної роботи визначається через добуток або комбінацію окремих $P_i(t)$.

V. Оцінка ремонтпридатності та довговічності:

- визначення середнього часу відновлення T_B ;
- аналіз структури ремонтів (поточний, середній, капітальний);
- показники трудомісткості обслуговування;
- оцінка конструктивних рішень, що впливають на швидкість і зручність ремонту.

У цьому підпункті необхідно оцінити здатність обладнання або його вузлів до швидкого і якісного відновлення працездатності після виникнення відмов, а також визначити очікуваний ресурс роботи до граничного стану.

Передусім розраховується середній час відновлення T_B , який характеризує середню тривалість простою об'єкта внаслідок усунення відмов:

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^n t_{Bi}}{n} \quad (3.10)$$

де t_{Bi} — час відновлення після i -ї відмови, год;

n — кількість зареєстрованих випадків відновлення.

Показник T_B безпосередньо впливає на коефіцієнт готовності K_r (див. формулу 3.5) і використовується для визначення рівня ремонтпридатності обладнання.

Далі виконується аналіз структури ремонтів, який передбачає визначення частки поточних, середніх і капітальних ремонтів у загальному обсязі технічного обслуговування. Для цього можна скласти таблицю або діаграму, що показує співвідношення між видами ремонтів, тривалістю простоїв і витратами часу працівників.

Також оцінюються показники трудомісткості технічного обслуговування, зокрема середні витрати робочого часу на проведення одного ремонту або на 1000 годин роботи обладнання. Ці дані дозволяють встановити ефективність системи ТОiP і ступінь автоматизації ремонтних процесів.

Особливу увагу слід приділити оцінці конструктивних рішень, які впливають на швидкість і зручність ремонту:

- наявність легкодоступних вузлів і знімних панелей;
- використання уніфікованих або взаємозамінних деталей;

- можливість демонтажу без розбирання сусідніх елементів;
- передбачення місць для контролю, змащування та діагностики.

У висновку до цього підпункту студент формує узагальнену оцінку ремонтпридатності й довговічності об'єкта, визначає його найменш надійні вузли, пропонує шляхи скорочення часу відновлення, підвищення ресурсу та оптимізації періодичності технічного обслуговування.

VI. Оцінка ефективності системи технічного обслуговування (ТОіР):

- види і періодичність технічних впливів;
- аналіз застосовуваної системи (планово-попереджувальна, за станом, комбінована);
- співвідношення між витратами на обслуговування і втратами від простоїв;
- виявлення «вузьких місць» системи ТО.

У цьому підпункті необхідно проаналізувати діючу систему технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) для обраного обладнання, визначити її відповідність умовам експлуатації та оцінити вплив на загальну надійність і готовність техніки.

Передусім слід описати види та періодичність технічних впливів, що виконуються в межах системи ТОіР: огляди, змащування, регулювання, очищення, діагностика, заміна або ремонт деталей. Рекомендується скласти коротку таблицю або графік, що показує календарний або напрацювальний інтервал між видами технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2, поточний ремонт, капітальний ремонт тощо).

Далі необхідно виконати аналіз типу застосовуваної системи ТОіР:

- планово-попереджувальна (регламентні роботи виконуються через визначені інтервали часу або напрацювання);
- за технічним станом (роботи проводяться на підставі результатів діагностики або контролю параметрів);
- комбінована (поєднання обох підходів, коли окремі вузли обслуговуються за регламентом, а інші — за фактичним станом).

Важливо оцінити співвідношення між витратами на технічне обслуговування і втратами від простоїв, тобто економічну ефективність системи. Для цього можна розрахувати питомі витрати на обслуговування, витрати на 1 годину простою або втрати від недовиробітку продукції.

Завершальним етапом є виявлення вузьких місць системи ТОіР — ділянок, що спричиняють перевитрати часу чи ресурсів: несвоєчасне постачання запчастин, недосконалі інструкції, недостатня кваліфікація персоналу, нераціональна періодичність ТО.

Результати оцінки оформлюються у вигляді короткого висновку або таблиці з основними показниками (періодичність, трудомісткість, витрати, простої). Отримані дані використовуються для розроблення пропозицій щодо підвищення ефективності системи технічного обслуговування, які



наводяться у наступному підпункті курсової роботи.

VII. **Визначення основних причин зниження надійності:**

- конструктивні недоліки;
- технологічні чинники;
- порушення умов експлуатації або змащування;
- недостатній контроль технічного стану;
- людський фактор.

У цьому підпункті студент має узагальнити результати попереднього аналізу та визначити головні чинники, які впливають на зниження надійності, довговічності й ефективності експлуатації обладнання. Мета – виявити *кореневі причини відмов*, оцінити їхній характер (конструктивний, технологічний, експлуатаційний чи організаційний) і запропонувати технічно обґрунтовані шляхи покращення.

Основні напрямки аналізу включають:

- *Конструктивні недоліки*: слабкі місця в деталях або вузлах, складність демонтажу, недостатня жорсткість, погане охолодження, нераціональне розташування підшипників, з'єднань, ущільнень тощо.
- *Технологічні фактори*: неточність виготовлення, дефекти зварних або литих з'єднань, нерівномірність термообробки, невідповідність матеріалів умовам роботи.
- *Експлуатаційні чинники*: перевищення навантажень, порушення режимів змащування, неякісне регулювання, несвоєчасне виконання технічного обслуговування.
- *Організаційні причини*: низький рівень підготовки персоналу, недоліки в плануванні ремонтів, відсутність діагностичного контролю, нестача запасних частин.

Після визначення причин студент формує **комплекс пропозицій**, спрямованих на підвищення надійності та ефективності експлуатації, зокрема:

- удосконалення конструкції або вибору матеріалів;
- оптимізація системи змащування та охолодження;
- впровадження регулярної технічної діагностики або моніторингу стану;
- модернізація окремих вузлів або систем управління;
- удосконалення графіків ТОіР;
- підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Для більшої наочності пропозиції доцільно оформити у вигляді таблиці з трьома графами: **виявлена проблема / причина; запропонований захід; очікуваний ефект (зменшення простоїв, підвищення ресурсу, зниження витрат тощо)**.

У висновку студент узагальнює результати аналітичного розділу, формулює короткі висновки про технічний стан об'єкта, рівень його надійності та резерви підвищення ефективності експлуатації.



VIII. Проміжні висновки за результатами аналізу:

- короткий підсумок основних виявлених проблем;
- визначення напрямів подальших розрахунків або розроблення пропозицій (для наступного розділу).

У цьому підпункті студент узагальнює результати, отримані в аналітичній частині роботи, та формулює короткі, логічно структуровані висновки. Проміжні висновки повинні відображати основні виявлені технічні, експлуатаційні чи організаційні проблеми, що впливають на надійність, ремонтпридатність і ефективність використання обладнання.

Доцільно виділити 3–5 ключових положень, які підсумовують проведений аналіз:

- стан основних вузлів і агрегатів;
- типові причини відмов і недоліки конструкції;
- особливості умов експлуатації, що знижують довговічність;
- результати розрахунків показників надійності та готовності;
- оцінку ефективності діючої системи ТОіР.

Наприкінці формулюються напрями подальшої роботи — тобто питання, які підлягатимуть більш детальному розгляду в розрахунковому розділі або у розділі пропозицій. Це можуть бути:

- вибір вузла для інженерного розрахунку на міцність, зносостійкість чи ресурс;
- обґрунтування доцільності конструктивних або організаційних змін;
- розроблення заходів щодо підвищення надійності, зниження трудомісткості обслуговування, скорочення простоїв.

Проміжні висновки є логічним підсумком аналітичного розділу та водночас переходом до наступної частини курсової роботи, де виконуються розрахунки або розробляються практичні пропозиції з удосконалення роботи обладнання.


IX. Додатково (за потреби):

- графічні матеріали: діаграми відмов, графіки надійності, таблиці показників, порівняльні схеми;
- приклади з реальних виробничих умов (за результатами практики чи досвіду експлуатації).

3.3 Аналіз технічного стану об'єкта за результатами інженерного розрахунку на працездатність (прикладний підхід)

Мета розділу:

- виконати розрахунок конкретного елемента машини або вузла (вала, підшипника, з'єднання, футерівки тощо) на міцність,

- 
- довговічність, жорсткість або зносостійкість;
 - оцінити працездатність та відповідність елемента умовам експлуатації;
 - розробити пропозиції щодо підвищення ресурсу та оптимізації конструкції.

Основна структура:

I. Загальна характеристика об'єкта дослідження:

- призначення, галузь застосування;
- принцип дії та основні вузли;
- основні технічні параметри (потужність, продуктивність, габарити, маса тощо);
- схема або фото обладнання.

У цьому підпункті студент подає загальні відомості про об'єкт дослідження — машину, агрегат або окремих вузол, який є предметом подальших інженерних розрахунків. Необхідно коротко охарактеризувати призначення обладнання, його галузь застосування та місце у технологічному процесі підприємства. Далі слід описати принцип дії, перелічити основні вузли та деталі, пояснити їх взаємодію в роботі машини.

Обов'язково подаються основні технічні характеристики (потужність, продуктивність, габарити, маса, швидкість обертання, робочий тиск тощо) з посиланням на технічну документацію або паспорт обладнання. Для наочності додається схема, креслення або фотографія об'єкта, що аналізується.

Для подальших інженерних розрахунків студент має **виділити конкретний вузол або деталь**, що підлягає перевірці на міцність, жорсткість, довговічність чи зносостійкість, і коротко описати його конструкцію, функціональне призначення та роль у загальній роботі обладнання.

II. Аналіз умов експлуатації

- характер навантажень (статичні, динамічні, ударні, вібраційні);
- температурний, запилений, вологий або агресивний середовища;
- режим роботи (змінність, тривалість, періодичність пусків/зупинок);
- типові несправності, що виникають у процесі експлуатації.

У цьому підпункті необхідно охарактеризувати умови роботи обладнання, оскільки вони визначають рівень навантаження, термін служби та працездатність вузла, що розраховується. Слід установити характер навантажень (статичні, динамічні, ударні, вібраційні) і оцінити, як вони впливають на обраний елемент конструкції.

Описуються умови навколишнього середовища — температура, запиленість, вологість, наявність агресивних середовищ, які можуть спричинити корозію або прискорене зношування. Також подається режим



експлуатації: тривалість роботи, кількість змін, частота пусків і зупинок, періодичність технічного обслуговування.

Особливу увагу слід приділити виявленню факторів, що створюють найбільші напруження або зношування у досліджуваному вузлі. Ці параметри — сили, моменти, тиски, температури — використовуються далі як вихідні дані для розрахунку на працездатність.

III. Вихідні дані для розрахунку

- – геометричні параметри, матеріал, властивості матеріалу (σ_B , σ_T , E , HRC тощо);
- – навантаження (сили, моменти, тиски, температури);
- – умови закріплення, обертання, змашування;
- – режими роботи (тривалість, циклічність, частота обертання).

У цьому підпункті студент повинен зібрати всі необхідні параметри, що використовуються при побудові розрахункової схеми та виконанні інженерних розрахунків на міцність, жорсткість або довговічність вибраного вузла чи деталі.

Передусім наводяться *геометричні характеристики* елемента: розміри, діаметри, товщина стінок, довжина, кутові параметри тощо. Дані беруться з робочих креслень, каталогів або паспорта обладнання. Усі розміри повинні бути подані в одиницях СІ (мм, м).

Далі зазначаються *фізико-механічні властивості матеріалу*, з якого виготовлено деталь. Серед основних характеристик:

- межа міцності σ_B ;
- межа текучості σ_T ;
- модуль пружності E ;
- твердість (наприклад, за шкалою HRC або HB);
- границя витривалості (за потреби).

Відомості про матеріал наводяться з довідників або стандартів (ДСТУ, ISO), із посиланням на джерело.

Наступним етапом визначаються *навантаження*, що діють на вузол або деталь у роботі. Це можуть бути:

- сили (вагові, натяжні, осьові, радіальні, поперечні);
- крутні або згинальні моменти;
- контактні тиски;
- температурні навантаження або теплові градієнти.

Якщо навантаження змінюються в часі, зазначаються амплітудні та середні значення, а також характер зміни (статичний, циклічний, ударний режим).

Додатково потрібно описати *умови роботи вузла*:

- спосіб закріплення або опори;
- характер обертання чи лінійного переміщення;
- наявність і тип змашування (мастило, охолоджувальна рідина, інтервали подачі);

- температурні умови навколишнього середовища.

Також вказуються *режими роботи* — тривалість роботи за добу, кількість циклів, частота обертання, середня та максимальна швидкість. Якщо вузол працює періодично або в кілька змін, обов'язково зазначається загальна кількість годин роботи за рік чи за цикл експлуатації.

Отримані дані рекомендується оформити у вигляді таблиці «Вихідні дані для розрахунку», де кожен параметр має позначення, одиницю вимірювання, числове значення та джерело (креслення, довідник, технічна документація, вимірювання тощо).

IV. Розрахунок основних параметрів

- побудова розрахункової схеми;
- визначення діючих навантажень (згинальний момент, крутний момент, нормальні та дотичні напруження);
- перевірка міцності ($\sigma \leq [\sigma]$) або зносостійкості;
- при необхідності – перевірка на втому, жорсткість, стійкість.

У цьому підпункті студент повинен виконати інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність і міцність обраного вузла або деталі в заданих умовах експлуатації. Метою є перевірка того, що елемент конструкції витримує робочі навантаження без руйнування, надмірних деформацій або втрати функціональності протягом розрахункового ресурсу.

Побудова розрахункової схеми. Першим етапом є створення спрощеної розрахункової моделі вузла, яка відображає основні силові взаємодії, місця закріплення, точки прикладання навантажень та опори.

На схемі позначаються сили, моменти, реакції опор, а також характерні перерізи, у яких буде виконуватись розрахунок напружень.

Розрахункова схема повинна бути достатньо простою, щоб дозволити аналітичні обчислення, але достатньо точною, щоб адекватно відображати умови роботи реальної деталі.

Визначення діючих навантажень. Далі студент обчислює або приймає із попередніх пунктів діючі навантаження — сили, моменти, тиски, які впливають на деталь.

Для більшості машинобудівних елементів розглядаються:

- згинальний момент $M_{зг}$;
- крутний момент $M_{кр}$;
- осьова сила F_a ;
- радіальна сила F_r ;
- контактний тиск p ;
- нормальні та дотичні напруження σ, τ .

Якщо навантаження змінюються в часі, вказується характер зміни (постійне, циклічне, ударне) та вводяться коефіцієнти динамічності або нерівномірності навантаження.

Після визначення розрахункової схеми та діючих навантажень



виконується перевірка працездатності елемента. Залежно від умов експлуатації, характеру навантажень і функціонального призначення вузла, проводяться розрахунки на **міцність, жорсткість, втому, зносостійкість** або **критичний знос**.

Нижче наведено основні методичні положення та розрахункові залежності для виконання цих перевірок.

3.3.1 Перевірка міцності

Основна перевірка виконується за умовою:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (3.11)$$

де σ — фактичне напруження, розраховане за формулами опору матеріалів;

$[\sigma]$ — допустиме напруження для вибраного матеріалу, що визначається з урахуванням коефіцієнта запасу міцності n :

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} \quad (3.12)$$

Якщо вузол працює під комбінованими навантаженнями (згин з крученням, згин з осьовою силою), перевірку проводять за умовою еквівалентних напружень, наприклад за теорією Губера–Мізеса–Генкі або найбільших дотичних напружень.

Для деталей, що піддаються зносу (підшипники, футерівки, поверхні тертя), додатково виконується перевірка на зносостійкість за контактними напруженнями або питомим тиском p (див. підрозділ 3.3.3).

3.3.2 Перевірка на втому, жорсткість або стійкість


Якщо об'єкт працює в умовах змінних навантажень, необхідно провести розрахунок на витривалість (втому).

Перевірка виконується за амплітудою змінних напружень:

$$\sigma_a \leq [\sigma_{-1}] \quad (3.13)$$

де $[\sigma_{-1}]$ — границя витривалості матеріалу.

Для довгих або тонкостінних елементів (валів, валків, валів приводу) обов'язково є перевірка на жорсткість або стійкість, щоб забезпечити відсутність прогинів, резонансів або втрати стійкості під дією осьових сил.



Якщо на деталь діють осьові стискаючі сили — обов'язкова перевірка на стійкість за критичною силою Евклера:

$$P \leq P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EI}{(l_{\text{еф}})^2} \quad (3.14)$$

де P - фактичне стискаюче навантаження, що діє на елемент у процесі роботи. Це сила, яка намагається стиснути або вкоротити стрижень;
 $P_{\text{кр}}$ - критична сила Евклера — найбільше осьове навантаження, яке ще не викликає втрати стійкості (вигину) елемента;
 E - модуль пружності (модуль Юнга) матеріалу. Характеризує здатність матеріалу чинити опір пружним деформаціям;
 I - момент інерції поперечного перерізу відносно осі, навколо якої можливий вигин;
 $l_{\text{еф}}$ - ефективна довжина стрижня, яка враховує умови закріплення кінців:

$$l_{\text{еф}} = \mu \cdot l \quad (3.15)$$

де l - реальна довжина елемента;
 μ — коефіцієнт закріплення, який залежить від типу опор.

3.3.3 Перевірка на зносостійкість

Для деталей, що працюють у контакті (втулки, шийки валів, підшипники ковзання, футерівки, зубчасті колеса), необхідно перевірити питомий тиск і сумарну роботу тертя.

Основна умова працездатності:

$$p \leq [p], \quad (3.16)$$

де p — фактичний контактний тиск;
 $[p]$ — допустимий контактний тиск для даної пари матеріалів.

Якщо вузол працює при ковзанні, додатково визначають питомий добуток тиску на швидкість:

$$p \cdot v \leq [p \cdot v], \quad (3.17)$$

де $[p \cdot v]$ — граничне значення для даної пари тертя і мастила.

Цей критерій особливо важливий для підшипників ковзання, направляючих та футерівок, оскільки характеризує тепловий режим і схильність до заїдання або прихватів.

3.3.4 Перевірка на критичний знос

Для елементів, у яких працездатність визначається зносом, потрібно оцінити граничну величину зношування ($\delta_{кр}$), при якій деталь втрачає функціональність:

$$\delta \leq \delta_{кр} \quad (3.18)$$

Критичний знос визначають за геометричними або функціональними параметрами:

$$\delta_{кр} = \frac{D_{max} - D_{min}}{2}, \quad (3.19)$$

де D_{max} — гранично допустимий розмір (за кресленням або стандартом);

D_{min} — розмір після зношування.

Також може використовуватись ресурсний підхід:

$$L = \frac{\delta_{кр}}{u}, \quad (3.20)$$

де u — середня швидкість зношування (мм/год або мм/(10^6 циклів)).

Якщо фактична глибина зношування $\delta_{ф} \geq \delta_{кр}$, деталь вважається непрацездатною. Для контролю цього параметра рекомендується порівнювати фактичний знос із допустимим ресурсом роботи.

Усі розрахунки повинні бути чітко структуровані, із зазначенням формул, підставлених числових значень, одиниць вимірювання та кінцевих результатів. У підсумку студент робить висновок — чи відповідає елемент умовам міцності й працездатності, чи потребує зміни розмірів, матеріалу або умов роботи.

V. Оцінка отриманих результатів

- порівняння фактичних напружень або контактних тисків із допустимими;
- визначення коефіцієнта запасу міцності;
- оцінка впливу умов експлуатації (температура, змащення, вібрації) на ресурс.

У цьому підпункті студент повинен проаналізувати результати інженерних розрахунків, зробити висновки про працездатність вузла або деталі, а також оцінити вплив умов експлуатації на його ресурс і довговічність. Мета цього етапу — не лише представити числові значення, а



пояснити їхній інженерний зміст і сформулювати практичні висновки.

Після перевірки розрахункових параметрів важливо проаналізувати, як реальні умови роботи обладнання впливають на його довговічність.

Необхідно врахувати:

- температурні впливи (підвищення температури знижує межу текучості, прискорює зношування мастильного шару, викликає теплові деформації);
- змащування (відсутність або низька якість мастила призводить до збільшення коефіцієнта тертя, перегріву і заїдання поверхонь);
- вібрації та ударні навантаження (викликають втомні тріщини, розхилення з'єднань, зниження ресурсу);
- запиленість або агресивне середовище (прискорює абразивне й корозійне зношування);
- нестабільність режимів роботи (часті пуски-зупинки, перевантаження, дисбаланс).

Якщо певні фактори виявляються критичними, у висновках варто коротко зазначити можливі коригуючі заходи: поліпшення вентиляції, модернізація системи змащування, застосування захисних покриттів, балансування або вирівнювання навантажень.

Формування висновку

У кінці підпункту студент узагальнює:

- чи забезпечується необхідний запас міцності та зносостійкості;
- який вплив мають експлуатаційні фактори на ресурс;
- чи є потреба у конструктивному вдосконаленні або зміні режимів роботи.

Такі висновки мають логічно підвести до наступного етапу — оцінки довговічності або розроблення пропозицій щодо підвищення ресурсу.

VI. Визначення довговічності або ресурсу

- розрахунок кількості циклів до руйнування або втомного зносу;
- прогнозований строк служби вузла / деталі;
- для підшипників – розрахунок довговічності за формулами ISO

У цьому підпункті студент має оцінити строк служби обраного вузла чи деталі на основі розрахункових даних про напруження, навантаження та умови експлуатації. Мета — визначити, як довго елемент може працювати до настання граничного стану (руйнування, втомного зносу або перевищення допустимого зносу), тобто до втрати працездатності.

Довговічність деталі характеризується ресурсом роботи, який може бути виражений у:

- годинах роботи (T , год);
- кількості робочих циклів або обертів (N);
- пройденому шляху або напрацюванні (км, тис. год, млн циклів).

Залежно від характеру навантаження й типу деталі застосовуються



різні критерії довговічності — за міцністю, втомою, зношуванням або ресурсом підшипника.

3.3.5 Розрахунок довговічності при втомному навантаженні

Для деталей, що працюють під дією змінних напружень (вали, ресори, пружини, шестерні, з'єднання), визначається **кількість циклів до втомного руйнування**.

Використовується залежність виду:

$$\sigma_a = \sigma_{-1} \left(\frac{N_0}{N} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (3.21)$$

де σ_a — амплітуда діючих напружень, МПа;
 σ_{-1} — границя витривалості матеріалу при симетричному циклі навантаження, МПа;
 N — кількість циклів до руйнування;
 N_0 — базове число циклів (зазвичай 10^6 або 10^7);
 m — показник нахилу кривої втоми (визначається експериментально, для сталі $m = 5-10$).

Звідси можна визначити прогнозований ресурс у циклах:

$$N = N_0 \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a} \right)^m \quad (3.22)$$

Якщо деталь працює з частотою обертання n (об/хв), тоді ресурс у годинах:

$$T = \frac{N}{60n}. \quad (3.23)$$

3.3.6 Розрахунок довговічності при зношуванні

Для деталей, у яких працездатність визначається інтенсивністю зносу (футерівки, втулки, вали, направляючі), довговічність визначають за рівнянням:

$$T = \frac{\delta_{кр}}{u}, \quad (3.24)$$

де $\delta_{кр}$ — гранично допустимий знос, мм;

u — швидкість зношування, мм/год або мм/10⁶ циклів.

Якщо швидкість зношування залежить від навантаження, температури, твердості матеріалу або умов змащування, допускається використання **емпіричних формул** типу:

$$u = k \cdot p^a \cdot v^b, \quad (3.25)$$

де k — коефіцієнт зношування (визначається експериментально або за довідником);

p — контактний тиск, МПа;

v — швидкість ковзання, м/с;

a, b — показники впливу тиску і швидкості (зазвичай $a = 1-2$, $b = 0,5-1$).

Отримане значення ресурсу T порівнюють із нормативним або міжремонтним періодом роботи вузла.

3.3.7 Довговічність підшипників

Для підшипників кочення довговічність визначається за стандартними формулами ISO 281:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot 10^6, \quad (3.26)$$

де L_{10} — базова довговічність (ресурс до 10% відмов), оберти;

C — динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

P — еквівалентне навантаження, Н;

p — показник степеня (для кулькових підшипників $p = 3$, для роликів $p = 10/3$).

Щоб отримати ресурс у годинах:

$$T = \frac{L_{10}}{60n}, \quad (3.27)$$

де n — частота обертання, об/хв.

За потреби враховують коригуючі коефіцієнти умов роботи:

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10}, \quad (3.28)$$

де a_1 — коефіцієнт надійності (1,0–1,5);

a_2 — коефіцієнт умов експлуатації (залежить від змащення, температури, забруднення);

a_3 — коефіцієнт матеріалу або твердості доріжок.

Після обчислення прогнозованого ресурсу студент має:

- порівняти отриману довговічність із нормативними даними (паспортним строком служби або міжремонтним інтервалом);
- оцінити, чи відповідає елемент вимогам працездатності;
- визначити фактори, що найбільше впливають на скорочення ресурсу (підвищені навантаження, недостатнє змащення, перегрів, корозія).

Якщо розрахований ресурс менший за нормативний, слід запропонувати технічні або експлуатаційні заходи для його збільшення: зміна матеріалу, термообробка, поліпшення мастила, зменшення шорсткості, балансування тощо. Результати розрахунку ресурсу рекомендується подати у табличній або графічній формі.

VII. Пропозиції щодо підвищення ресурсу

- оптимізація матеріалу або термообробки;
- зміна конструктивних розмірів (діаметр, переріз, форма отворів тощо);
- поліпшення умов змащування або охолодження;
- заходи проти втомного руйнування або корозійного зносу.

У цьому підпункті студент повинен розробити обґрунтовані рекомендації, спрямовані на підвищення довговічності, надійності та ремонтпридатності розрахованого вузла або деталі. Мета — показати вміння інженерно мислити, аналізувати результати розрахунків і пропонувати практичні заходи з удосконалення конструкції або умов експлуатації.

Пропозиції повинні бути логічно пов'язані з отриманими результатами попередніх пунктів (розрахунку міцності, зносостійкості, довговічності) і містити коротке пояснення очікуваного ефекту — наприклад, збільшення строку служби, зменшення простоїв або покращення обслуговування.

Оптимізація матеріалу або термообробки. Якщо розрахунки показали недостатній запас міцності або низьку зносостійкість, одним із перших напрямів є вибір більш придатного матеріалу.

Можливі варіанти:

- заміна вуглецевої сталі на леговану (наприклад, 45 → 40Х, 38ХМЮА, 20ХН3А);
- використання поверхневого зміцнення — цементації, азотування, борування, ТВЧ-загартування;
- застосування захисних або антифрикційних покриттів (нікелювання, хромування, плазмове напилення, фторопластові вставки);
- підвищення твердості робочої поверхні при збереженні в'язкості серцевини.

Такі заходи дозволяють підвищити границю витривалості, знизити



швидкість зношування й подовжити термін служби вузла.

Зміна конструктивних розмірів і форми елементів. Другий напрям — геометрична оптимізація. Зміна розмірів або форми перерізу часто дає значний ефект без підвищення матеріаломісткості.

Приклади:

- збільшення діаметра вала у небезпечному перерізі;
- плавні переходи між ділянками різного діаметра (філе, галтелі);
- зменшення концентрації напружень (заміна різких кутів на округлення);
- зміна товщини стінки, форми отворів або розташування шпонкових пазів;
- введення ребер жорсткості, додаткових опор, підп'ятників.

Основна мета — знизити рівень еквівалентних напружень у небезпечних зонах і рівномірно розподілити навантаження по перерізу.

Поліпшення умов змащування або охолодження. Оскільки перегрів і нестача мастила є одними з головних чинників зносу, слід передбачити удосконалення системи змащування та охолодження:

- використання ефективніших мастильних матеріалів (з антифрикційними присадками, високотемпературних, корозійностійких);
- оптимізація подачі мастила — канали, отвори, форсунки, кільцеві канавки;
- впровадження автоматизованої системи змащування або контрольних датчиків рівня/тиску мастила;
- застосування охолоджувальних кожухів, ребер, циркуляційних систем охолодження.

Такі заходи дають змогу стабілізувати температуру робочих поверхонь, зменшити тертя та уповільнити процеси зношування.

Заходи проти втомного руйнування та корозійного зносу. Для деталей, що працюють у складних умовах (вібрації, циклічні навантаження, агресивне середовище), доцільно передбачити:

- зниження концентрації напружень (плавні переходи, полірування небезпечних зон, шліфування, накатка);
- підвищення чистоти поверхні (зменшення шорсткості до $Ra \leq 0,8$);
- захист від корозії — фарбування, гальванічні покриття, анодне окиснення;
- антикорозійні мастила або ущільнення у місцях проникнення вологи;
- виключення резонансів за рахунок балансування обертових елементів або зміни жорсткості опор;
- попереднє напруження (пластична деформація, обкатка, дробоструминна обробка) для підвищення межі витривалості.

VIII. Узагальнення та оформлення результатів

У кінці підпункту студент формує зведену таблицю пропозицій, наприклад:

Таблиця 3.1 – Приклад зведеної таблиці пропозицій

№	Виявлена проблема	Запропонований захід	Очікуваний ефект
1	Високі контактні напруження	Заміна сталі 45 на 40Х, ТВЧ-загартування	підвищення зносостійкості, збільшення ресурсу на +30%
2	Недостатнє змащування підшипника	Введення каналу подачі мастила	Зменшення нагріву
3	Корозійне середовище	Нанесення нікелевого покриття	зменшення швидкості зносу у 2 рази

Наприкінці формулюється узагальнюючий висновок: наскільки запропоновані заходи дозволяють підвищити ресурс, знизити частоту відмов і поліпшити технічне обслуговування.

IX. Проміжні висновки

- – короткий підсумок розрахунків;
- – оцінка запасу міцності, довговічності та надійності вузла;
- – рекомендації для наступного розділу (наприклад, модернізація конструкції або технічного обслуговування).

У цьому підпункті студент узагальнює результати виконаних інженерних розрахунків і формулює чіткі, лаконічні висновки, що характеризують працездатність досліджуваного вузла або деталі. Метою цього етапу є підбиття підсумків розрахункового розділу та визначення напрямів подальшої роботи — тобто, що потрібно вдосконалити або дослідити далі в межах курсової роботи.

Проміжні висновки мають бути викладені стисло, структуровано й технічно точно — зазвичай у 0,5–1 сторінки тексту.

Рекомендовано подати їх у вигляді нумерованого списку або підпунктів із короткими фразами типу:

1. За результатами розрахунку встановлено, що ...
2. Умови міцності та зносостійкості виконуються з коефіцієнтом запасу ...
3. Розрахунковий ресурс вузла становить ... год, що відповідає / не відповідає нормативу.
4. Для підвищення довговічності доцільно ...

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2860:1994. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 47 с. (Надійність техніки).
2. ДСТУ 2861:1994. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 36 с. (Надійність техніки).
3. ДСТУ 2862:1994. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 28 с. (Надійність техніки).
4. ДСТУ 2824:1994. Розрахунки та випробування на міцність. Вид і методи механічних випробувань. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 52 с. (Механічні випробування).
5. ISO 8930:2021. General principles on reliability for structures. Vocabulary. Replaces ISO 8930:1987 ; effective from 2021-01-01. Official edition. Vernier, Geneva : ISO, 2021. 53 p.
6. Новицький А. В. та ін. Надійність машин та обладнання. Ч. 1. Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання : навч. посіб. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2023. 209 с.
7. Ружи́ло З. В. та ін. Надійність машин та обладнання. Ч. 2. Ремонт машин та відновлення деталей : навч. посіб. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2023. 310 с.
8. Цуркан О. В., Полевода Ю. А., Присяжнюк Д. В. Технічна механіка. Частина 1. Розрахунок валів і підшипників кочення. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 183 с.
9. Клітної В. В., Музикін Ю. Д., Бородін Д. Ю., Бобрицький С. В. Прикладна механіка. Основи теорії та розрахунків : навч. посіб. Україна, 2024.
10. Bradley D. E. Reliability engineering: A life cycle approach. 2-е вид. London : CRC Press, 2022. 472 p. URL : <https://read.kortext.com/inventory/search/1032097473>
11. Breneman J. E., Sahay C., Lewis E. E. Introduction to reliability engineering. 3-е вид. Hoboken, NJ : Wiley, 2022. 512 p. URL : <https://read.kortext.com/inventory/search/1119640563>
12. Dui H., Wu S. Importance-informed reliability engineering. Singapore : Springer, 2022. 385 p.
13. Gulati R. Maintenance and reliability best practices. 3-е вид. Hoboken, NJ : Wiley, 2021. 540 p.
14. Elsayed E. A. (Ed.). Reliability engineering (Wiley Online Books). 4-е вид. Hoboken, NJ : Wiley, 2021. 784 p.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 10.10.2025).
2. Положення про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та працівників ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА : веб-сайт. URL: <https://metinvest.university/data/file/c1/c9/c1c998364cec4bdbb42478109c72e17c.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
3. РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо запобігання академічному плагіату та його виявлення в наукових роботах (авторефератах, дисертаціях, монографіях, наукових доповідях, статтях тощо) : лист МОН України від 15.08.2018 р. №1/11-8681. URL: <https://metinvest.university/data/file/6e/e6/6ee695d4571a43359e7c5db85d0df837.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
4. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела. *Studopedia.org*. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 10.10.2025).
5. ДСТУ 3008-2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95 ; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с. URL: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF (дата звернення: 10.10.2025).
6. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

ДОДАТОК А
Приклад оформлення титульної сторінки
розрахунково-пояснювальної записки

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра матеріалознавства та прикладної механіки

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА
ЗАПИСКА

до курсової роботи
з дисципліни
«ПРОМИСЛОВЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ»

на тему:

« _____ »

Здобувача бакалаврського рівня
вищої освіти

_____ (Прізвище І.Пб)

група _____

Курівник роботи:

Запоріжжя 2025

mip metinvest
polytechnic

ДОДАТОК Б

Приклад оформлення завдання до курсової роботи



mip metinvest
polytechnic

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра Матеріалознавства та прикладної механіки
Дисципліна Промислове обладнання та його
обслуговування
Спеціальність G9 Прикладна механіка
Курс IV Група _____ Семестр 7

ЗАВДАННЯ на курсову роботу

студенту _____
(ПІПБ)

1. Тема роботи «Аналіз технічного стану та оцінка надійності щоклової дробарки СМД-118, встановленої на ділянці крупного дроблення цеху дроблення Північного гірничо-збагачувального комбінату»

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз конструкції щоклової дробарки СМД-118 та умов її експлуатації. 2. Розрахунок основних показників надійності та оцінка ремонтпридатності обладнання. 3. Розроблення технічних пропозицій щодо підвищення надійності й ефективності обслуговування дробарки. 4. Висновки. 5. Список використаних джерел.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

№ з/п	Етапи курсового проєктування	Термін виконання
1	Отримання завдання	
2	Аналіз обладнання, визначення основних вихідних даних	
3	Консультація з керівником курсової роботи	
4	Виконання розділів розрахунково-пояснювальної записки	

Дата видачі завдання _____

Студент _____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Керівник _____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ



ДОДАТОК В

Приклад оформлення реферату

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 35 сторінок, 8 рисунків, 5 таблиць, 12 джерел.

Курсова робота присвячена аналізу технічного стану та оцінці надійності шоккової дробарки СМД-118, що експлуатується на ділянці крупного дроблення цеху дроблення Північного гірничо-збагачувального комбінату.

У роботі подано коротку характеристику конструкції дробарки, наведено аналіз умов експлуатації та визначено основні показники надійності: середній напрацювання до відмови, інтенсивність відмов, імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнти готовності та технічного використання. Проведено оцінку ремонтпридатності й довговічності основних вузлів, розглянуто ефективність діючої системи технічного обслуговування.

Запропоновано технічні та організаційні заходи щодо підвищення надійності, зменшення трудомісткості ремонтів і підвищення ефективності експлуатації дробарки.

Ключові слова: НАДІЙНІСТЬ, ДРОБАРКА СМД-118, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ.



Навчально-методичне видання

Кулік Тетяна Олександрівна

**ПРОМИСЛОВЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ :**

**методичні рекомендації
до виконання курсової роботи**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції