

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

методичні рекомендації до виконання
курсової роботи

Запоріжжя 2025



УДК 621.01.001(072)
Т33

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №5 від 25.01.2025 р.)

Укладач

Кулік Т. О., канд. техн. наук.

Т33 **Теорія механізмів і машин** : методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад. Т. О. Кулік. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2025. 52 с.

Методичні вказівки містять основні положення щодо структури, змісту та порядку виконання курсової роботи з дисципліни «Теорія механізмів і машин» для здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми «Мехатроніка у гірничо-металургійному комплексі» спеціальності 133 / G11 Машинобудування першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

У виданні наведено вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки, визначено порядок виконання, подання й оцінювання курсової роботи, а також рекомендації щодо дотримання принципів академічної доброчесності.

Матеріали узагальнюють сучасні підходи до дослідження механізмів і зосереджені на методиці виконання основної частини курсової роботи, що передбачає структурний, кінематичний і динамічний аналіз механізмів із використанням графоаналітичних і аналітичних методів. Методичні вказівки спрямовані на формування практичних інженерних навичок та вмінь застосовувати теоретичні положення теорії механізмів і машин для розв'язання прикладних задач.

УДК 621.01.001(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025



ЗМІСТ

1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ	4
2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	7
2.1 Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист	7
2.2 Застереження щодо академічної доброчесності	11
2.3 Критерії оцінювання курсових робіт	21
3 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	26
3.1 Вимоги до структури курсової роботи	26
3.2 Структура та наповнення основної частини пояснювальної записки	31
3.2.1 Структурний аналіз механізму	31
3.2.2 Кінематичний аналіз механізму	33
3.2.3 Динамічний (кінетостатичний) аналіз механізму.....	38
3.2.4 Узагальнення та інтерпретація результатів кінематичного і динамічного аналізу	41
3.2.5 Оцінювання коректності розрахунків та аналіз похибок	42
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	45
ДОДАТКИ.....	47



1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота з дисципліни «Теорія механізмів і машин» (ТММ) є важливою складовою підготовки здобувачів освіти освітньо-професійної програми «Мехатроніка у гірничо-металургійному комплексі» спеціальності G11 Машинобудування (перший – бакалаврський рівень). Виконання курсової роботи сприяє формуванню у здобувачів умінь аналізувати і синтезувати механізми, застосовувати сучасні методи інженерних розрахунків, користуватися програмними засобами моделювання та обґрунтовувати конструктивні та технологічні рішення у галузевому машинобудуванні.

Сучасні механізми та машини є основою ефективної роботи технологічних процесів і виробничих систем. Коректний кінематичний і динамічний аналіз, оптимальний вибір параметрів ланок, обґрунтування конструкцій і перевірка умов надійності забезпечують точність, енергоефективність, безпечність та довговічність технічних систем. Тому засвоєння методів ТММ є фундаментом для подальшої інженерної діяльності у сфері проектування й експлуатації машин.

Мета курсової роботи – закріплення та поглиблення знань із теорії механізмів і машин, набуття навичок проведення кінематичного та динамічного аналізу механізмів, синтезу їх параметрів, а також формування вміння застосовувати аналітичні, графічні та комп'ютеризовані методи для розв'язання інженерних задач машинобудування.

Виконання та захист курсової роботи сприяє формуванню таких **професійних компетентностей**:

ФК3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК5. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проєктування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування.



ФК6. Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність типових систем та їхніх складників на основі застосування аналітичних методів, аналізу аналогів та використання доступних даних.

ФК7. Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

ФК8. Здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках в сфері галузевого машинобудування.

ФК10. Здатність розробляти плани і проекти у сфері галузевого машинобудування за невизначених умов, спрямовані на досягнення мети з урахуванням наявних обмежень, розв'язувати складні задачі і практичні проблеми підвищення якості продукції та її контролювання.

Очікувані результати навчання:

РН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

РН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

РН8. Розуміти відповідні методи та мати навички конструювання типових вузлів та механізмів відповідно до поставленого завдання.

Завдання курсової роботи у контексті програмних результатів навчання за освітньою програмою:

Завдання підготовки та захисту курсової роботи	Програмні результати навчання
систематизація й узагальнення теоретичних знань із кінематики, динаміки та структури механізмів;	РН1, РН2



самостійне розв'язання інженерних задач аналізу та синтезу механізмів;	PH1, PH2, PH8
побудова планів положень, швидкостей і прискорень та виконання динамічних розрахунків;	PH1, PH2, PH8
використання спеціалізованого програмного забезпечення (CAD) для моделювання механізмів;	PH8
обґрунтування вибору конструктивних параметрів механізмів і оцінювання їх техніко-економічних показників;	PH1, PH2
розроблення інженерних рішень з урахуванням умов роботи, навантажень і вимог до точності та надійності;	PH1, PH2, PH8
підготовка технічної документації відповідно до стандартів і правил оформлення інженерних розрахунків.	PH8



2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист

Номер варіанта визначається відповідно до індивідуального «Завдання до курсової роботи» (Додаток Б), яке студент отримує від викладача. У цьому документі містяться тема, мета, вихідні параметри механізму, перелік розрахункових операцій та рекомендовані терміни виконання кожного етапу.

Після узгодження змісту завдання студент та керівник засвідчують його підписами. У готовій пояснювальній записці бланк «Завдання...» розміщується одразу після титульного аркуша.

Вихідні дані. Вихідними даними для виконання курсової роботи з ТММ є інформація, необхідна для побудови кінематичної схеми, виконання структурних, кінематичних і динамічних розрахунків відповідно до індивідуального варіанта.

До вихідних даних курсової роботи з ТММ належать:

- Типова кінематична схема механізму, його структура, нумерації ланок і шарнірів.
- Геометричні параметри ланок: довжини, координати точок, положення центрів мас.
- Параметри руху ведучої ланки: кутова швидкість, прискорення або закон руху.
- Інерційні характеристики: маси ланок, моменти інерції, координати центрів мас.
- Зовнішні сили та моменти, прикладені до ланок механізму.
- Положення (або діапазон положень) механізму, для якого виконуються побудови та розрахунки.



Перелік робіт відповідно до завдання. Розрахунки виконуються згідно з індивідуальним варіантом і зазвичай включають:

- структурний аналіз механізму (визначення виду механізму, побудова структурної формули, визначення ступеня рухомості);
- кінематичні обчислення (план положень, план швидкостей, план прискорень, знаходження координат точок і кутових швидкостей ланок);
- динамічний аналіз (визначення сил інерції, побудова діаграм, обчислення рівнодійних, визначення рушійного моменту);
- оцінювання кінематичних та динамічних властивостей механізму: плавності руху, навантаженості ланок, максимальних прискорень;
- формулювання технічно обґрунтованих пропозицій щодо поліпшення роботи механізму, зменшення вібрацій чи нерівномірності руху.

Консультації та організація роботи. Студент може отримувати консультації під час занять або відповідно до індивідуального графіка, у тому числі дистанційно. На консультаціях керівник пояснює особливості структурного, кінематичного й динамічного аналізу, звертає увагу на типові помилки та контролює виконання проміжних етапів роботи.

Контроль подання матеріалів, проміжних файлів та фінальної версії роботи здійснюється через платформу Moodle, де створюється окремий курс.

Порядок подання та перевірки. Після завершення виконання та оформлення пояснювальної записки здобувач подає її керівнику курсової роботи для первинної перевірки. Керівник оцінює правильність виконання структурного, кінематичного та динамічного аналізу, перевіряє коректність графічних побудов, повноту розрахунків, логічність викладення матеріалу та відповідність оформлення встановленим вимогам. За необхідності робота повертається здобувачеві для внесення виправлень.

Після успішного проходження первинної перевірки керівником



робота передається відповідальній особі кафедри, яка здійснює перевірку на плагіат із використанням сертифікованого інструменту

Гарант освітньої програми здійснює аналіз та формує експертний висновок на основі результатів первинної перевірки керівником та отриманих показників оригінальності. Рівень оригінальності пояснювальної записки має бути не нижчим за 60 %, оскільки містить усталені методики розрахунків. У разі недостатнього рівня оригінальності здобувач зобов'язаний доопрацювати матеріал і повторно подати його на перевірку.

Після отримання позитивного експертного висновку здобувач підписує пояснювальну записку та завантажує її у систему Moodle у встановлений термін.

Окремо до Moodle завантажуються презентаційні матеріали, необхідні для захисту курсової роботи. До їх складу входять:

- презентація до захисту, що містить:
 - мету й завдання роботи; кінематичну схему механізму;
 - результати структурного аналізу;
 - плани положень, швидкостей і прискорень;
 - результати динамічних розрахунків;
 - основні діаграми;
 - узагальнені висновки;
- графічна частина курсової роботи, що включає:
 - кінематичну схему механізму з нумерацією ланок і шарнірів;
 - план положень; план швидкостей;
 - план прискорень; розрахункові схеми для виконання динамічного аналізу;
 - діаграми зміни швидкостей, прискорень, сил інерції або моментів;
 - додаткові графічні матеріали, передбачені завданням.

Графічні матеріали подаються у форматах PDF, PNG, JPG або у



CAD-форматах.

До захисту допускаються лише ті здобувачі, які отримали позитивну оцінку керівника, пройшли перевірку на академічну доброчесність, мають експертний висновок гаранта ОПП та своєчасно завантажили всі необхідні матеріали в Moodle.

До складу завершеної курсової роботи входять:

титульний аркуш (Додаток А);

завдання (Додаток Б);

реферат (Додаток В);

зміст;

усі структурні розділи;

перелік літератури;

додатки, таблиці, графічні матеріали.


Захист роботи. Студент допускається до захисту після позитивної оцінки керівника. Захист відбувається перед призначеною комісією. Під час захисту студент коротко пояснює:

- мету і предмет дослідження;
- вибрану схему механізму та його особливості;
- основні етапи кінематичного та динамічного аналізу;
- отримані результати та їх інженерне трактування;
- запропоновані шляхи вдосконалення роботи механізму.

Комісія ставить уточнювальні запитання для перевірки глибини розуміння виконаних розрахунків.

Критерії оцінювання. Під час оцінювання враховуються:

- правильність і обґрунтованість структурного, кінематичного та динамічного аналізу;
- точність побудови планів швидкостей і прискорень;
- логічність технічних висновків;
- рівень самостійності;

- 
- повнота та якість оформлення пояснювальної записки;
 - здатність аргументувати отримані результати під час захисту.

Підсумкова оцінка формується із двох частин: оцінка за зміст, якість і структуру пояснювальної записки; оцінка за захист роботи.

Отримана оцінка вноситься до екзаменаційної відомості і враховується при визначенні середнього балу з фахових дисциплін освітньої програми.

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);
- посилення 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 переклад 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 проекту / 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 ХХХХХХХ») 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 круглі дужки. 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 проєкту / 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 проєкту / 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 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 кириличних 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



Кількість балів	Критерії оцінювання
	<p>про оволодіння основними навичками самостійного дослідження та проектування.</p> <p>Прийняті рішення в цілому обґрунтовані, але мають незначні неточності. Текст логічний, послідовний, професійною мовою, проте у висновках або оформленні допущено окремі несуттєві помилки.</p>
75–81	<p>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.</p>
65–74	<p>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.</p>

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 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



Кількість балів	Критерії оцінювання
	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

Курсова робота з дисципліни «Теорія механізмів і машин» складається з пояснювальної записки та графічної частини. Обидві частини утворюють цілісну систему, що комплексно відображає хід виконання структурного, кінематичного та динамічного аналізу механізму.

Пояснювальна записка виконується у друкованому або електронному вигляді на аркушах формату А4 (210 × 297 мм) з полями: зверху, справа та знизу — 20 мм, зліва — 30 мм. Оформлення має відповідати вимогам ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».

Пояснювальна записка повинна містити титульний аркуш, індивідуальне завдання, реферат, зміст, вступ, основну частину, висновки та список використаних джерел. Кожен структурний елемент має визначене призначення та встановлені вимоги до обсягу й оформлення.

Реферат є обов'язковим структурним елементом пояснювальної записки та розміщується одразу після завдання на курсову роботу. Він виконує функцію короткого узагальнення змісту всієї роботи та повинен містити основні відомості про тему, мету, об'єкт дослідження, методи, ключові результати та практичну значущість виконаних розрахунків.

У рефераті в стислому вигляді (орієнтовно 0,5–1 сторінка) подаються:

- тема курсової роботи;
- мета та основні завдання;
- характеристика досліджуваного механізму;
- короткий опис методів, використаних під час структурного, кінематичного та динамічного аналізу;



- основні отримані результати (без формул і без надмірних деталей);
- значущість виконаної роботи та можливе практичне застосування;
- ключові слова.

Реферат повинен бути написаний у науковому стилі, без надмірних технічних подробиць та без використання таблиць чи рисунків.

Приклад оформлення реферату подано у Додатку В.

Зміст є важливим елементом структури роботи та відображає логічну послідовність викладу матеріалу. Він повинен включати назви всіх розділів, підрозділів і додатків із зазначенням сторінок, на яких вони починаються.

Приклад оформлення змісту наведено на рисунку 3.1.

У вступі обґрунтовуються актуальність та значення виконуваного завдання для фаху машинобудування, формулюються мета й завдання курсової роботи, визначаються об'єкт і предмет дослідження, описуються вихідні умови, а також коротко подається логіка побудови подальших розділів. Доцільно окреслити роль теоретичних і графічних методів ТММ, що використовуються у роботі, та відзначити, у яких розділах будуть застосовані ті чи інші методи аналізу.

Основна частина пояснювальної записки повинна містити докладний структурний, кінематичний і динамічний аналіз обраного механізму.

У розділі структурного аналізу необхідно подати опис кінематичної схеми, складу ланок, типів і класів кінематичних пар, виконати визначення ступеня рухомості механізму, провести розподіл на групи Ассура та записати структурну формулу. Усі елементи схеми мають бути чітко позначені, а опис — достатньо детальним, щоб забезпечити однозначність подальших розрахунків.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КРИВОШИПНО-КОРОМИСЛОВОГО ТИПУ	5
1.1 Аналіз кінематичної схеми механізму	5
1.2 Класифікація ланок і кінематичних пар.....	6
1.3 Визначення ступеня рухомості механізму	7
1.4 Розкладання механізму на групи Ассура	9
1.5 Структурна формула механізму	12
2 КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ.....	14
2.1 Побудова плану положень механізму	14
2.2 Побудова плану швидкостей	17
2.3 Побудова плану прискорень	20
2.4 Таблиця кінематичних параметрів.....	24
3 ДИНАМІЧНИЙ (КІНЕТОСТАТИЧНИЙ) АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ.....	25
3.1 Визначення сил інерції та моментів інерції ланок.....	25
3.2 Побудова силових схем механізму	27
3.3 Побудова силового багатокутника.....	30
3.4 Визначення рушійного (врівноважувального) моменту	35
4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	37
4.1 Узагальнення та інтерпретація результатів кінематичного та динамічного аналізу	37
4.2 Оцінювання коректності розрахунків і аналіз похибок.....	39
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	41
Додаток А. План положень важільного механізму	42
Додаток Б. План сил	43
Додаток В. Допоміжні таблиці розрахунків	44
Додаток Г. Фрагменти побудов у AutoCAD	45

Рисунок 3.1 - Приклад оформлення змісту



Кінематичний аналіз включає побудову планів положень, швидкостей і прискорень механізму. Студент повинен навести методику побудови кожного з планів: описати вибір масштабних коефіцієнтів, подати векторні рівняння у загальному й числовому вигляді, пояснити принцип визначення напрямків швидкостей і прискорень, обґрунтувати використання графоаналітичних методів. Необхідно подати таблиці отриманих параметрів, у яких вказуються швидкості та прискорення характерних точок, а також кутові швидкості й кутові прискорення ланок. Усі обчислення повинні супроводжуватися поясненнями щодо вибору методу й умов його застосування.

У розділі *динамічного (кінестатичного) аналізу* слід докладно описати процес визначення сил інерції, побудови силових схем і багатокутника сил, розрахунку реакцій у кінематичних парах та визначення величини рушійного або врівноважувального моменту. Студент має обґрунтувати, які саме сили прикладаються до кожної ланки, вказати їх природу та напрямки, навести формули для визначення сил інерції та моментів інерції, пояснити, в якій послідовності виконується аналіз груп Ассура. Результати розрахунків повинні бути логічно пов'язані з попередніми розділами та супроводжуватися графічними матеріалами (схемами сил чи планами сил), де це доцільно.

Усі математичні викладки в основній частині мають бути подані у повному вигляді: починаючи від загальних фізичних визначень і формул, далі через символічні рівняння та їх перетворення, і завершуючи числовими результатами. До кожної формули, таблиці чи графічного зображення повинні наводитися необхідні коментарі, що пояснюють зміст та інтерпретацію отриманих значень. Розрахункові та графічні дані мають бути узгоджені між собою, а висновки — ґрунтуватися на отриманих результатах.

Список використаних джерел формується відповідно до порядку появи посилань у тексті та оформлюється згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання.



Загальні положення та правила складання». Усі посилання у тексті подаються у квадратних дужках.

Додатки можуть містити фрагменти допоміжних побудов, проміжні розрахункові таблиці, ілюстративні матеріали, зокрема графіки або діаграми, а також фрагменти побудов у AutoCAD або іншій CAD-системи. Додатки використовуються для розміщення матеріалів, які є важливими для повноти роботи, проте надмірними для основного тексту.

Графічна частина курсової роботи може бути інтегрована безпосередньо у текст пояснювальної записки у вигляді рисунків або винесена до додатків. За значного обсягу або складності окремі креслення виконуються у форматах А3, А2 чи А1 і подаються як повноформатні графічні аркуші. Незалежно від обраного способу подання, графічні матеріали повинні містити:

- кінематичну схему механізму,
- план положень,
- план швидкостей,
- план прискорень,
- за потреби — і план сил.

На кожному рисунку мають бути чітко позначені ланки, шарніри, характерні точки, напрямки руху та вектори, а також обов'язково зазначений масштаб.

Усі графічні матеріали виконуються відповідно до правил технічного креслення та повинні бути достатньо інформативними, щоб забезпечити можливість перевірки та повторення розрахунків.



3.2 Структура та наповнення основної частини пояснювальної записки

3.2.1 Структурний аналіз механізму

Структурний аналіз є першим етапом дослідження механізму у курсовій роботі та становить основу для подальших кінематичних та динамічних розрахунків. Він забезпечує розуміння будови механізму, його кінематичних властивостей і можливостей руху. У цьому підрозділі необхідно подати детальний опис кінематичної схеми, виконати класифікацію ланок і кінематичних пар, визначити ступінь рухомості, встановити групи Ассура та записати структурну формулу механізму.

Починати слід з опису кінематичної схеми, яка виконується в умовних позначеннях теорії механізмів і машин. На схемі мають бути відображені всі ланки, шарніри, точки з'єднання та характерні точки, що використовуються в подальшому аналізі. У роботі необхідно навести короткий текстовий опис схеми: вказати призначення ведучої ланки, послідовність передавання руху, тип механізму (важільний, кривошипно-коромисловий, кривошипно-повзунний тощо) та характер перетворення руху. Схема повинна бути точною, містити всі геометричні параметри, передбачені вихідними даними, і позначення, що унеможливають неоднозначне трактування подальших побудов .

Далі виконується класифікація ланок та кінематичних пар. Ланки нумеруються починаючи з ведучої, а нерухома основа позначається як «0». Кінематичні пари визначаються за типом (обертальні, поступальні) та класом згідно з усталеними нормами. Позначення пар і характерних точок повинні відповідати загальноприйнятим стандартам та рекомендаціям з використання AutoCAD або іншої CAD-системи для побудови механізмів, із чітким дотриманням підписів точок і ланок, які надалі застосовуються при побудові планів швидкостей та прискорень.



Після класифікації необхідно виконати визначення ступеня рухомості механізму, використовуючи формулу П. Л. Чебишева для плоских механізмів. Розрахунок має супроводжуватися коротким поясненням кількості рухомих ланок, типів пар та їхнього впливу на рухомість. Особливо важливо перевірити, що механізм є структурно правильним та кінематично визначним.

Наступним етапом є розкладання механізму на групи Ассура, що є обов'язковим елементом структурного аналізу з ТММ. У роботі необхідно:

- виділити кінець кінематичного ланцюга та почати розкладання з найвіддаленішої рухомої ланки;
- встановити групи Ассура першого чи другого класу;
- пояснити призначення цих груп у структурі механізму.

Опис має супроводжуватися рисунком або фрагментом кінематичної схеми з виділеними групами. У збірнику завдань для курсового проєкту підкреслюється, що правильна побудова структурних груп є критичною для подальших графоаналітичних побудов і силового аналізу .

Завершальним елементом підрозділу є запис структурної формули механізму, що є символічним вираженням його структури через кінематичні пари, класи груп Ассура та їх взаємне розташування. Структурна формула повинна бути подана у стандартному вигляді та супроводжуватися коротким словесним поясненням.

Усі побудови, що стосуються структурного аналізу, доцільно виконувати в середовищі AutoCAD або іншій CAD-системі, яка дозволяє точно фіксувати геометричні параметри, взаємне положення ланок і точки з'єднання. Це забезпечує коректність подальших кінематичних побудов і узгодженість між графічною та розрахунковою частинами роботи. Зокрема, підхід до нумерації точок, нанесення шарнірів, побудови допоміжних конструкцій та формування правильної вихідної схеми для аналізу.

Таким чином, структурний аналіз повинен подати повну характеристику механізму як об'єкта дослідження, забезпечити формування



коректної вихідної схеми та створити методичне підґрунтя для виконання кінематичного й динамічного аналізу у наступних розділах.

3.2.2 Кінематичний аналіз механізму

Кінематичний аналіз є ключовим етапом дослідження механізму та виконується після завершення його структурного аналізу. Метою кінематичного аналізу є визначення положень, швидкостей і прискорень характерних точок ланок у вибраних фазових положеннях механізму, а також встановлення кутових швидкостей і прискорень ланок, що є необхідною основою для подальшого динамічного та силового аналізу. У курсовій роботі аналіз виконується за допомогою графоаналітичних методів, що забезпечують наочність і точність визначення кінематичних параметрів.

Кінематичний аналіз, відповідно до загальноприйнятої методики теорії механізмів і машин, охоплює три основні блоки: побудову планів положень, плану швидкостей і плану прискорень. Кожен блок має містити відповідну графічну побудову, текстові пояснення, математичні формули та таблиці отриманих результатів. Важливо, щоб результати кожної побудови були узгоджені зі структурним описом механізму й коректно ґрунтувалися на вихідних даних.

Кінематичний аналіз: загальні принципи та підготовка. Перед виконанням побудов студент повинен підготувати вихідну геометричну схему механізму, визначити масштабні коефіцієнти для довжин, швидкостей і прискорень, а також встановити фазові положення механізму, які будуть досліджуватися. Вибір кількості положень залежить від завдання курсової роботи, однак за класичною методикою рекомендується виконувати аналіз у 4–6 положеннях для плану положень та принаймні у двох — для планів швидкостей і прискорень.

Загальні масштабні коефіцієнти мають бути обґрунтованими та такими, що забезпечують зручність побудов і читабельність графічних



матеріалів. У пояснювальній записці слід вказати отримані значення масштабів та коротко обґрунтувати їх вибір.

Побудова плану положень механізму. План положень є вихідною графічною побудовою для подальших етапів кінематичного аналізу. На ньому визначається просторове розташування ланок механізму у вибраних фазових положеннях ведучої ланки. У курсовій роботі необхідно виконати побудову кількох суміщених положень механізму на одному аркуші або у вигляді окремих рисунків.

Побудова плану положень включає:

- нанесення нерухомих опор та напрямних;
- визначення положення ведучої ланки згідно з вихідними даними;
- графічне відкладання довжин геометричних ланок;
- побудову всіх шарнірів та характерних точок;
- позначення нумерації ланок і точок згідно зі структурним аналізом.

У тексті пояснювальної записки слід навести пояснення, що стосуються особливостей геометрії механізму (наявність застійних точок, крайні положення ведучої ланки, особливості кінематичних обмежень). При побудові рекомендується застосовувати засоби комп'ютерної графіки, такі як AutoCAD або іншої CAD-системи, що дозволяє досягти високої точності вимірювань і забезпечує узгодженість усіх подальших етапів побудови.

У підсумковій частині плану положень студент повинен навести рисунок, таблицю координат характерних точок та короткі висновки щодо особливостей конфігурації механізму.

Побудова плану швидкостей. План швидкостей є векторною побудовою, що дозволяє визначити лінійні швидкості точок механізму та кутові швидкості ланок у заданому положенні. На основі плану швидкостей студент отримує числові значення швидкостей характерних точок, визначає напрямки руху та встановлює необхідні зв'язки між рухами ланок.



Під час побудови потрібно:

- обрати масштаб швидкостей;
- позначити полюс плану швидкостей;
- використати властивості перпендикулярності швидкості до траєкторії точки;
- побудувати переносні та відносні швидкості згідно з векторними рівняннями;
- визначити точки перетину відповідних допоміжних прямих та побудувати багатокутник швидкостей.

У пояснювальній записці необхідно докладно викласти методику графоаналітичної побудови швидкостей: надати формули для визначення лінійних швидкостей ведучої ланки, пояснити використання масштабних коефіцієнтів та описати алгоритм визначення невідомих швидкостей через побудову перпендикулярів до ланок та допоміжних прямих. Особлива увага має бути приділена підписуванню точок (малими літерами) та позначенню напрямків векторів.

У розділі слід подати таблицю значень швидкостей та кутових швидкостей ланок, а також зробити висновки щодо характеру руху (наявність максимальних, мінімальних або нульових швидкостей у певних точках).

Побудова плану прискорень. План прискорень доповнює кінематичний аналіз, дозволяючи визначити нормальні та тангенціальні складові прискорень, а також кутові прискорення ланок. У курсовій роботі побудова плану прискорень має виконуватися з урахуванням принципових відмінностей між характером побудови швидкостей і прискорень, оскільки прискорення мають як нормальну, так і тангенціальну складові, пов'язані з криволінійністю руху точки.

Основними етапами побудови є:

- вибір масштабного коефіцієнта прискорень;
- визначення прискорення ведучої ланки в аналітичній формі;



- побудова векторів нормальних прискорень, спрямованих уздовж ланок до центру кривизни;
- побудова векторів тангенціальних прискорень, перпендикулярних ланкам;
- виконання векторного додавання складових для визначення абсолютного прискорення точки.

У тексті потрібно подати пояснення щодо природи нормальних та тангенціальних складових, надати формулювання теореми про додавання прискорень та описати спосіб визначення прискорення точки через відносне, переносне та коріолісове прискорення (у разі потреби). У пояснювальній записці слід обов'язково зазначити, у якому положенні ведучої ланки виконується розрахунок прискорень, таблицю отриманих прискорень, а також значення кутових прискорень відповідних ланок.

Підсумкові таблиці та узагальнення результатів. Наприкінці кінематичного аналізу необхідно узагальнити отримані результати у вигляді таблиць.

Нижче наведено приклад таблиці (табл. 3.1), у якій подано результати кінематичного аналізу механізму для ряду розрахункових положень ведучої ланки. Така таблиця дає можливість узагальнити значення лінійних швидкостей, складових прискорень, кутових швидкостей та кутових прискорень ланок у всіх обраних фазових положеннях. Кількість положень визначається індивідуальним завданням і, як правило, становить від 6 до 12 рівномірно розподілених кутових положень ведучої ланки (наприклад, від 0° до 300° з кроком 30°). Параметри подаються у таблиці в літерному позначенні, з обов'язковим зазначенням одиниць вимірювання та повною назвою величин.

Після таблиць студент має подати текстовий аналіз: визначити характер руху механізму, звернути увагу на особливості траєкторій, вказати точки, у яких швидкість або прискорення досягають екстремальних значень, а

також пояснити, як ці особливості впливають на роботу механізму.

Таблиця 3.1 — Приклад оформлення таблиці кінематичних параметрів механізму «Кінематичні параметри механізму у вибраних фазових положеннях ведучої ланки»

Параметр	Назва параметра	Одиниця	Положення					
			1,6 ($\varphi_1 = 0^\circ$)	2 ($\varphi_2 = 60^\circ$)	3 ($\varphi_3 = 120^\circ$)	4 ($\varphi_4 = 180^\circ$)	5 ($\varphi_5 = 240^\circ$)	6 ($\varphi_6 = 300^\circ$)
v_A	Лінійна швидкість точки А	м/с	...	...	...	...	...	...
v_B	Лінійна швидкість точки В	м/с	...	...	...	...	...	...
v_C	Лінійна швидкість точки С	м/с	...	...	...	...	...	...
a_{Bn}	Нормальна складова прискорення точки В	м/с ²	...	...	...	...	...	...
$a_{B\tau}$	Тангенціальна складова прискорення точки В	м/с ²	...	...	...	...	...	...
a_{Cn}	Нормальна складова прискорення точки С	м/с ²	...	...	...	...	...	...
$a_{C\tau}$	Тангенціальна складова прискорення точки С	м/с ²	...	...	...	...	...	...
ω_2	Кутова швидкість ланки 2	рад/с	...	...	...	...	...	...
ω_3	Кутова швидкість ланки 3	рад/с	...	...	...	...	...	...
ε_2	Кутове прискорення ланки 2	рад/с ²	...	...	...	...	...	...
ε_3	Кутове прискорення ланки 3	рад/с ²	...	...	...	...	...	...

Примітка. Кількість стовпців може бути збільшена до 8–12 залежно від потрібної точності розрахунку та конфігурації механізму. Початкове положення механізму приймається за $\varphi = 0^\circ$, подальші визначаються рівномірним кроком.



Рекомендації щодо програмної підтримки побудов. Кінематичний аналіз потрібно виконувати з використанням CAD-систем. Такий підхід дозволяє:

- підвищити точність побудов;
- легко масштабувати схеми;
- коректно визначати кути та відстані;
- забезпечувати наочність матеріалу та зручність перевірки.

У пояснювальній записці бажано навести фрагменти побудов або окремі ілюстрації, отримані в середовищі AutoCAD або іншої CAD-системи, що підсилюють якість пояснення та демонструють володіння сучасними засобами графічного моделювання.

3.2.3 Динамічний (кінетостатичний) аналіз механізму

Після завершення кінематичного аналізу виконують динамічний, або кінетостатичний, аналіз механізму, який дає змогу визначити реакції в кінематичних парах, сили інерції, моменти інерції ланок, а також величину рушійного або врівноважувального моменту, необхідного для забезпечення роботи механізму в заданому режимі. Динамічний аналіз ґрунтується на результатах кінематики, оскільки для визначення сил інерції потрібні значення прискорень центрів мас ланок та їх кутових прискорень.

На початку динамічного аналізу виконують **визначення сил інерції для кожної рухомої ланки**. Для цього використовують значення прискорень центрів мас, отримані на плані прискорень, та інерційні характеристики ланок, подані у вихідних даних або визначені попередньо. Сила інерції визначається як добуток маси ланки на прискорення її центра мас і завжди спрямовується протилежно вектору абсолютного прискорення відповідної точки. Якщо ланка має ненульове кутове прискорення, додатково визначають момент сил інерції відносно центра мас. Обчислені сили та моменти інерції є рівнодійними інерційних ефектів ланки і враховуються



в подальших розрахунках як сили, що діють на ланку з боку її власної маси.

Після визначення інерційних навантажень необхідно сформувавши **силову модель механізму для аналізованого положення**. На кожному ланку наносять усі зовнішні сили (силу корисного опору, силу ваги, пружні або технологічні навантаження, якщо вони задані), а також сили інерції, знайдені на попередньому етапі. Важливо пам'ятати, що під час кінетостатичного аналізу сили інерції розглядаються як зовнішні сили, що дозволяє застосовувати рівняння статички до кожної групи Ассура окремо.

Далі виконують **побудову силових схем для кожної з груп Ассура**. Ланки та пари на схемі повинні бути позначені так само, як і в кінематичній частині, що забезпечує повну відповідність усіх графічних та розрахункових матеріалів. Для кожної ланки та групи вказуються сили тяжіння, сили інерції, задані зовнішні навантаження та реакції в кінематичних парах. Напрямки реакцій визначаються за прийнятими правилами: нормальні складові орієнтують вздовж ланки, а тангенціальні — перпендикулярно до неї. За потреби реакції декомпонуються на нормальні та тангенціальні складові. Правильне формування напрямків реакцій має важливе значення, тому що саме від них залежатиме точність подальшої побудови силового багатокутника.

Після побудови силових схем переходять до **визначення реакцій у кінематичних парах за допомогою графоаналітичного методу**. Аналіз здійснюють у зворотній до кінематичного аналізу послідовності: спочатку розглядають групу Ассура, до складу якої входить вихідна ланка (найчастіше — повзун або ведена ланка), і поступово переходять до груп, що безпосередньо з'єднані з ведучою ланкою. На площині будують силовий багатокутник, використовуючи масштаб, обраний для сил. Вектори, величини яких відомі, відкладаються першими; вектори невідомих реакцій визначаються як відрізки, що замикають багатокутник. Це дозволяє визначити як модуль, так і напрямок шуканої реакції.



Після визначення реакцій у кінематичних парах для однієї групи Ассура переходять до наступної, використовуючи знайдені реакції як відомі сили, що діють на інші ланки механізму. Усі побудови повинні бути виконані акуратно з обов'язковим зазначенням масштабного коефіцієнта сил, підписами точок та ланок, а також напрямками векторів. Для полегшення виконання побудов та підвищення точності їх виконання рекомендується використовувати програмне забезпечення типу AutoCAD або інші CAD-системи, що дозволяють будувати плани сил аналогічно до планів швидкостей і прискорень.

Завершальним етапом динамічного аналізу є **визначення рушійного або врівноважувального моменту**, необхідного для встановлення механізму в рівновазі у заданому положенні. Для цього розглядають ведучу ланку, будують для неї окрему силову схему та складають рівняння моментів відносно точки обертання або повороту ланки. У випадку кривошипа це, як правило, шарнірна опора. Рушійний момент визначається як момент, що компенсує суму моментів усіх сил, прикладених до ланки, включаючи реакції з боку інших ланок. Значення рушійного моменту може бути як додатним, так і від'ємним; у другому випадку це означає, що ланка зазнає гальмівного впливу сили інерції або зовнішнього навантаження.

До пояснювальної записки необхідно включити не лише текстові розрахунки, але й таблиці результатів, у яких подаються значення сил інерції ланок, нормальних і тангенціальних складових реакцій у парах, а також величини отриманих рушійних або врівноважувальних моментів. Підсумкові висновки мають містити оцінку навантаженості ланок, наявності критичних положень механізму, впливу інерційних складових на роботу та можливих шляхів оптимізації конструкції.

Динамічний (кінетостатичний) аналіз є завершальним етапом інженерного дослідження механізму й забезпечує отримання повного набору характеристик, необхідних для оцінення його працездатності, надійності та ефективності. Саме результати цього розділу дозволяють здійснювати



інженерні висновки щодо потенційних перевантажень, оптимальних режимів роботи та можливих удосконалень механізму.

3.2.4 Узагальнення та інтерпретація результатів кінематичного і динамічного аналізу

Завершальним змістовим елементом основної частини пояснювальної записки є аналітичне узагальнення отриманих даних кінематичного та динамічного дослідження механізму. У цьому підрозділі студент повинен встановити логічні зв'язки між проведеними побудовами, узагальнити результати розрахунків та надати їх інженерну інтерпретацію. Метою цього етапу є не лише повторення числових значень, а й аналіз поведінки механізму, визначення характерних положень, оцінювання рівня навантаженості ланок і виявлення потенційних проблем у роботі моделі.

У тексті слід зосередитися на тому, як механізм функціонує в динаміці, на основі зіставлення швидкісних, прискорювальних і силових параметрів, отриманих у попередніх розділах. Доцільно проаналізувати, у яких положеннях ведучої ланки спостерігаються максимальні значення швидкостей або прискорень, які точки механізму набувають найбільших інерційних навантажень та яким чином це впливає на передавання руху. Особливу увагу варто звернути на положення механізму, у яких швидкість або прискорення окремих точок прямують до нуля, або значно зростають у порівнянні з сусідніми положеннями. Такі положення часто є критичними й визначають найвідповідальніші етапи руху механізму.

Результати динамічного аналізу бажано розглянути у контексті силової взаємодії ланок. Якщо в певному положенні значно зростають реакції у кінематичних парах або сила корисного навантаження, це може свідчити про нерівномірність руху, наявність нераціонально обраних геометричних параметрів або потребу у врівноважуванні механізму. У таких випадках у записці доцільно коротко окреслити можливі шляхи оптимізації — зміну



довжин ланок, перерозподіл мас або використання додаткових елементів (наприклад, маховика), якщо цього вимагає завдання або конструктивний контекст досліджуваного механізму.

Окремо варто зупинитися на зіставленні рушійного або врівноважувального моменту з поведінкою механізму у ході руху. Значне коливання моменту між різними фазовими положеннями є типовим для багатьох важільних механізмів і має бути відображене у висновках. Якщо момент змінюється нерівномірно, доцільно вказати причини такої нерівномірності, а також пояснити, як вона впливатиме на стабільність роботи механізму в реальних умовах.

У цьому підрозділі також варто надати короткі узагальнюючі графічні матеріали, якщо вони сприяють зрозумілості аналізу. Це можуть бути графіки залежностей швидкостей або прискорень певної точки від кута повороту ведучої ланки, графіки зміни реакцій у кінематичних парах або діаграми зміни рушійного моменту. Якщо такі матеріали представлені у тексті або додатках, у підрозділі слід послатися на відповідні рисунки чи таблиці та надати їх коротке тлумачення.

Заключним елементом цього підрозділу є формулювання стислих інженерних висновків щодо поведінки механізму у процесі руху. Необхідно зазначити, чи відповідає аналізований механізм вимогам до плавності руху, чи є його геометричні й масові параметри раціональними, які ланки піддаються найбільшій навантаженню та чи існують конструктивні ризики. Такий аналіз допомагає сформулювати цілісне бачення роботи механізму та створює підґрунтя для підсумкових висновків, що наводяться після основної частини пояснювальної записки.

3.2.5 Оцінювання коректності розрахунків та аналіз похибок

У фінальній частині основного розділу необхідно провести оцінювання коректності виконаних кінематичних і динамічних розрахунків, а



також проаналізувати можливі джерела похибок, що виникають під час графічних і графоаналітичних побудов. Такий аналіз є важливою складовою інженерного дослідження, оскільки дозволяє підтвердити достовірність отриманих результатів та виявити причини можливих розбіжностей між теоретичними залежностями та побудованими схемами.

Насамперед необхідно перевірити узгодженість даних, отриманих на різних етапах розрахунку. Значення швидкостей і прискорень повинні відповідати взаємному положенню ланок у кожному з розглянутих фазових положень. Якщо певні значення швидкостей прямують до нуля або, навпаки, досягають максимальних величин, необхідно перевірити, чи відповідає це геометричним особливостям механізму: наявності мертвих точок, положень максимальної або мінімальної передачі руху, близькості до положень колінеарності ланок. Такі ефекти характерні для важільних і кривошипних механізмів, і їхня поява має підтверджуватися як графічними побудовами, так і розрахунковими даними.

Особливу увагу слід приділити точності побудови планів швидкостей і прискорень. Оскільки ці плани виконуються графічним методом, на точність значно впливають: масштабні коефіцієнти, правильність проведення перпендикулярів і паралельних ліній, застосування прив'язок, а також читабельність та акуратність ліній на рисунку. Для зменшення похибок рекомендується використовувати якісні креслярські інструменти або виконувати побудови у середовищі AutoCAD чи іншій CAD-системі, яка забезпечує точність побудови ліній і допоміжних конструкцій.

Додатково слід оцінити коректність співвідношень між нормальними та тангенціальними складовими прискорень. Нормальна складова повинна бути пропорційною квадрату кутової швидкості відповідної ланки та спрямованою до центру її кривизни. Тангенціальна — залежати від кутового прискорення й бути перпендикулярною до ланки. Якщо напрямки або співвідношення величин викликають сумніви, необхідно перевірити правильність визначення кутових параметрів на попередніх етапах аналізу.



У динамічній частині аналізу важливо перевірити рівновагу сил і моментів у кожній з груп Ассура. Побудований силовий багатокутник має бути замкненим. Якщо багатокутник не замикається або побудова не дозволяє визначити реакції однозначно, це свідчить про похибки в напрямках або величинах прикладених сил, неточність побудови або некоректне розташування точок. У такому разі слід повторно перевірити вихідні дані, відповідність масштабів і коректність розділення реакцій на складові.

Окремий етап — оцінка узгодженості сил інерції з прискореннями, отриманими в кінематичній частині. Сила інерції завжди спрямована протилежно абсолютному прискоренню центра мас, тому будь-яка суперечність між напрямками цих векторів вказує на помилку у побудові або у визначенні координат центра мас. Так само момент сил інерції має відповідати величині кутового прискорення та моменту інерції ланки, що необхідно перевірити через зіставлення аналітичних і графоаналітичних результатів.

У цьому підрозділі доцільно подати коротку характеристику точності роботи, оцінити очікувані похибки графоаналітичного методу (для ручних побудов вони зазвичай становлять 2–5 %, для CAD-побудов — менш ніж 1 %), а також пояснити, як ці похибки впливають на результати динамічного аналізу. У випадку значних відхилень необхідно вказати можливі їх причини: неточності у вихідних даних, неправильний вибір масштабу, помилки у побудові допоміжних ліній або у визначенні положень механізму.

Підсумовуючи цей підрозділ, студент повинен зробити висновок щодо достовірності виконаного аналізу, оцінити загальний рівень точності та надійності отриманих результатів, а також відзначити, які аспекти потребують посиленої уваги під час проектування та удосконалення механізму.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Bevan T. Theory of Machines. Dover Publications, 2020. URL: <https://store.doverpublications.com>
2. Chang K.-H. Mechanism Design and Analysis Using CAD Tools. Academic Press, 2021. URL: <https://www.elsevier.com/books>
3. ДСТУ 1790:2018. Механізми. Терміни, визначення та класифікація. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 28 с.
4. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 34 с.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с.
6. Мусій В. М., Сеньків М. І. Динаміка машин: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021.
7. Плєскач В. Л., Бойчук В. С. Механіка машин та механізмів: навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ, 2019.
8. Рибак Л. М., Пашинський В. В., Соловей В. В. Теорія механізмів і машин: навчальний посібник. Київ : Кондор, 2020.
9. Теорія механізмів і машин : методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад. Т. О. Кулік. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2026. 38 с.
10. Uicker J., Pennock G., Shigley J. Theory of Machines and Mechanisms. 5th ed. Oxford University Press, 2017. URL: <https://global.oup.com/academic>
11. Ugural A. C. Mechanical Engineering: Principles of Analysis and Design. CRC Press, 2018. URL: <https://www.routledge.com>

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.



ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Приклад оформлення титульної сторінки розрахунково-пояснювальної записки

ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра матеріалознавства, механіки та природничих наук

Розрахунково-пояснювальна записка до курсової роботи з дисципліни «Теорія механізмів і машин»

На тему:

« _____ »
_____»

Виконав: ст. гр. _____

Керівник роботи: _____

Запоріжжя 20__



mip metinvest
polytechnic

Приклад оформлення завдання до курсової роботи


**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

Кафедра	Матеріалознавства, механіки та природничих наук
Дисципліна	Теорія механізмів і машин
Спеціальність	G11 Машинобудування
Курс _____	Група _____ Семестр _____

ЗАВДАННЯ
на курсову роботу

 студенту _____
(ПІПБ)

 1. Тема роботи «Аналіз та ДОСЛІДЖЕННЯ механізму важільного зіштовхувача»

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____

 3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Структурний аналіз механізму важільного зіштовхувача: аналіз кінематичної схеми, класифікація ланок і кінематичних пар, визначення ступеня рухомості, розкладання на групи Ассура; 2. Кінематичний аналіз механізму: побудова планів положень, швидкостей і прискорень, визначення кінематичних параметрів ланок і характерних точок; 3. Динамічний (кінестатичний) аналіз механізму: визначення сил інерції, реакцій у кінематичних парах та рушійного (рівноважувального) моменту; 4. Узагальнення та інтерпретація результатів, оцінка коректності розрахунків; 5. Висновки; 6. Додатки (графічні матеріали).
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

№ з/п	Етапи курсового проектування	Термін виконання
1	Отримання завдання та вихідних даних	
2	Виконання структурного аналізу механізму	
3	Виконання кінематичного аналізу механізму	
4	Виконання динамічного аналізу механізму	
5	Узагальнення результатів і оформлення пояснювальної записки	
6	Отримання завдання та вихідних даних	

Дата видачі завдання _____

Студент _____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Керівник _____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Приклад оформлення реферату

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 45 сторінок, 10 рисунків, 4 таблиці, 3 додатки, 6 джерел.

Об'єкт дослідження — механізм важільного зіштовхувача, що належить до класу плоских важільних механізмів і використовується в машинах та механізмах технологічного призначення.

Мета роботи — виконання структурного, кінематичного та динамічного аналізу механізму важільного зіштовхувача методами теорії механізмів і машин з метою визначення кінематичних параметрів руху ланок і силових навантажень у кінематичних парах.

Методи дослідження — структурний аналіз механізму з визначенням типів ланок і кінематичних пар, ступеня рухомості та груп Ассура; графоаналітичний кінематичний аналіз із побудовою планів положень, швидкостей і прискорень; динамічний (кінетостатичний) аналіз із використанням силових схем і багатокутників сил; узагальнення результатів та оцінювання точності графоаналітичних побудов.

У роботі визначено кінематичні параметри механізму важільного зіштовхувача у ряді фазових положень ведучої ланки, зокрема лінійні швидкості й прискорення характерних точок, а також кутові швидкості й кутові прискорення ланок. Виконано визначення сил інерції та реакцій у кінематичних парах, а також встановлено величину рушійного моменту, необхідного для забезпечення рівноваги механізму в заданих положеннях.

На основі отриманих результатів здійснено узагальнення та інтерпретацію кінематичних і динамічних характеристик механізму, проаналізовано критичні положення та оцінено коректність виконаних розрахунків. Отримані результати можуть бути використані під час навчального проєктування та інженерного аналізу важільних механізмів аналогічного типу.

ВАЖІЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ, ЗІШТОВХУВАЧ, КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ, ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ, ГРУПИ АССУРА, ПЛАН ШВИДКОСТЕЙ, ПЛАН ПРИСКОРЕНЬ, СИЛОВИЙ БАГАТОКУТНИК



Навчально-методичне видання

Кулік Тетяна Олександрівна

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН :

**методичні рекомендації
до виконання курсової роботи**

Самостійне електронне мережеве видання
Публікується в авторській редакції