



Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

*Кафедра технічної механіки та
сільськогосподарських машин*

**АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
для студентів очної (денної) та заочної форми здобуття освіти
за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»
другого рівня вищої освіти (магістр)
за спеціальністю 208 Агроінженерія

Сташків М.Я. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем» для студентів очної (денної) та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» другого рівня вищої освіти (магістр) за спеціальністю 208 Агроінженерія. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2024. 76 с.

Пропоновані методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем» розроблені відповідно до освітньо-професійної програми «Агроінженерія», навчальних планів підготовки студентів освітнього рівня «магістр», що здобувають вищу освіту за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, протокол № 1 від 29.08 2024 р.

Схвалено й рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 1 від 30 серпня 2024 р.

Укладач: к.т.н, доцент Сташків М.Я.

Рецензент: д.т.н., професор Підгурський М.І.

Відповідальний за випуск: Сташків М.Я.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	6
2 ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	8
2.1 Мета курсової роботи	8
2.2. Тематики курсової роботи.....	9
2.3 Етапи виконання курсової роботи	13
3 СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ	15
3.1 Структура та обсяг курсової роботи.....	15
3.2 Зміст основної частини курсової роботи.....	16
4 ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	32
5 ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ.....	43
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	45
ДОДАТКИ.....	49

ВСТУП

Освітня компонента “Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем” є однією із базових дисциплін у навчальному плані підготовки магістрів за спеціальністю «Агроінженерія», у результаті вивчення якої здобувач вищої освіти повинен знати основи системного аналізу, типи моделей та види моделювання, принципи побудови моделей процесів і систем аграрного виробництва, основи оптимізації процесів і систем та вміти описати будову та властивості об’єкта дослідження, розробити алгоритм побудови моделі об’єкта, створити цифрову модель об’єкта дослідження, проводити дослідження на основі створеної моделі та правильно інтерпретувати отримані результати.

Дослідження технологічних процесів аграрного виробництва, встановлення закономірностей їх протікання, знаходження залежностей, необхідних для їх аналізу і розрахунку, можна проводити різними методами: теоретичним, експериментальним, подібності та ін.

Теоретичний метод заснований на складанні та вирішенні системи диференціальних рівнянь, що описують процес. Диференціальні рівняння описують цілий клас однорідних по своїй суті явищ (процесів), тому для виділення конкретного явища необхідно ввести певні обмеження, які однозначно будуть характеризувати дане явище. Ці додаткові умови називаються умовами однозначності, і визначаються геометричною формою і розмірами системи, фізичними властивостями речовин, що беруть участь в процесі; початкові умови (початкову температуру, початкову швидкість і т.д.); граничними умовами процесів і т.ін.

Однак багато процесів аграрного виробництва настільки складні, що вдається лише скласти систему диференціальних рівнянь і встановити

умови однозначності. Вирішити ці рівняння відомими в математиці методами часто просто неможливо.

Експериментальний метод дозволяє на основі дослідних даних отримати емпіричні рівняння, що описують досліджуваний процес. Складність експериментального методу полягає у необхідності проведення великої кількості дослідів на реальних технологічних установках. Це пов'язано з великими витратами коштів і часу. Разом з тим результати проведених експериментів будуть справедливі тільки для тих умов, для яких вони отримані, і не можуть бути з достатньою надійністю перенесені на процеси, аналогічні вивченим, але які протікають в інших апаратах.

Альтернативою класичним методам досліджень є чисельні методи на основі цифрового моделювання які дозволяють досліджувати достатньо складні процеси і системи та їх динамічні атрибути. Такі методи дозволяють з достатньою для практики точністю вивчати складні технологічні процеси на їх цифрових моделях, узагальнювати результати дослідів і отримувати закономірності, справедливі не тільки для даного процесу, але і для всієї групи подібних процесів. При цифровому моделюванні технологічних процесів можна замість дорогих трудомістких дослідів на технологічному обладнанні проводити дослідження у віртуальному середовищі, а замість часто небезпечних і шкідливих речовин використовувати безпечні модельні речовини, проводити віртуальні досліді в умовах, відмінних від виробничих.

Тому завданням курсової роботи є створення цифрової моделі та проведення усестороннього аналізу досліджуваного процесу з можливістю подальшого його удосконалення чи вибору раціональних параметрів для забезпечення максимальної ефективності.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з нормативними вимогами вищої школи та інших законодавчих актів України з питань освіти курсові проекти (роботи) виконуються з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Курсова робота (КР) – навчальна самостійна робота з дисципліни, яка містить елементи (задачі) навчального, аналітично-розрахункового та науково-дослідницького характеру. Навчальною частиною КР є відображення кола основних теоретичних питань та задач, які розв’язуються згідно з індивідуальним завданням на роботу. Аналітично-розрахункова частина КР представляється відомими методами, яким підпорядковуються вибрані математичні моделі або математичний апарат для розрахунку або моделювання, з метою висвітлення елементів синтезу (аналізу) окремої задачі. Науково-дослідна частина передбачає поглиблений пошук (опрацювання) новітніх джерел інформації з метою вибору запропонованого варіанта або методу, дослідження окремих параметрів чи складової характеристики об’єкта тощо.

Виконання курсової роботи є обов’язковою складовою навчального процесу підготовки фахівців за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». Головна мета полягає у закріпленні, поглибленні й узагальненні знань, одержаних здобувачами освіти за час навчання та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Тематика курсової роботи зазвичай є частиною наукового пошуку відповідної кафедри факультету. Проблеми наукового пошуку, висвітлені в курсових роботах чи проєктах студентів, можуть знайти своє продовження в кваліфікаційних роботах. Таким чином забезпечується

наступність науково-дослідницької діяльності студентів від курсу до курсу, послідовність засобів і форм її проведення відповідно до логіки навчального процесу.

Курсова робота з дисципліни «Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем» є індивідуальною дослідною роботою, що забезпечує набуття практичних навичок аналізу досліджуваних процесів та надання рекомендацій для покращення ефективності роботи засобів аграрного виробництва. Здобутий досвід позитивно використовується студентами для складання державної атестації (виконання і захисту кваліфікаційної роботи) для здобуття освітнього ступеня «магістр». Мета роботи – систематизувати, поглибити і закріпити набуті знання, розвинути навички самостійного вирішення організаційних і технічних задач, які виникають в аграрному виробництві, а також розвиток творчої діяльності.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Мета курсової роботи

Курсова робота з дисципліни „Аналіз та моделювання технологічних процесів та систем” сприяє розвитку у студента творчої ініціативи і самостійності в проведенні аналізу, добору й обґрунтування найбільш раціональних інженерних рішень.

Курсова робота надає студентові таких навичок виконання виробничих завдань, які допоможуть йому швидко адаптуватися до умов праці у професійному колективі.

Головна мета курсової роботи – визначення рівня теоретичної та практичної підготовки студента з курсу „Аналіз та моделювання технологічних процесів та систем”.

Задачами курсової роботи є:

- систематизація і закріплення теоретичних та практичних фахових знань, виявлення уміння студента застосовувати ці знання при вирішенні конкретних наукових, технічних та виробничих задач;
- розвинення у студента навичок ведення самостійного науково-практичного пошуку, засвоєння методики дослідження й експериментування при вирішенні проблем і питань, поставлених при виконанні курсової роботи;
- перевірка уміння студента самостійно освоювати методики комп’ютерного моделювання та використовувати сучасні інформаційні технології, програмно-апаратні засоби обчислювальної техніки;
- закріплення знань і навичок побудови цифрової моделі об’єкту дослідження;

- проведення дослідження на основі створеної моделі та коректна інтерпретація отриманих результатів.

Метою написання курсової роботи є:

- систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань і практичних навичок студента;
- надбання досвіду роботи з літературними та фондовими матеріалами, вміння узагальнювати та аналізувати наукову інформацію, виробляти власне ставлення до наукової чи практичної проблеми;
- вироблення вміння застосовувати набуті протягом навчання знання та практичних навичок щодо вирішення прикладних задач агротехнічної галузі;
- розвиток навичок проведення наукових досліджень з обраного напрямку дослідження;
- проведення критичного аналізу результатів власних досліджень і формування змістовних висновків стосовно якості отриманих результатів.

2.2. Тематики курсової роботи

Курсова робота повинна мати прикладний або науковий характер. Ця вимога покладається в основу визначення теми курсової роботи.

Можливі три підходи по визначенню теми курсової роботи:

- 1) студент сам обирає напрямок досліджень і формулює тему майбутньої курсової роботи;
- 2) студенту пропонується на вибір кілька різних тем;
- 3) тема призначається науковим керівником.

Об'єктом дослідження в загальному випадку може бути обране будь-яке явище або процес, що породжує проблемну ситуацію і обране для вивчення. Бажано, щоб обраний об'єкт дослідження мав безпосереднє відношення до процесів та систем аграрного виробництва.

Тема роботи повинна бути, по можливості короткою, відповідати змісту та суті вирішуваної проблеми, вказувати на мету дослідження і його завершеність. Іноді для більшої конкретизації до назви слід додати невеликий (4-6 слів) підзаголовок.

У назві не бажано використовувати ускладнену термінологію псевдонаукового характеру. Треба уникати назв, що починаються зі слів «Дослідження питання ...», «Дослідження деяких шляхів ...», «Деякі питання ...» тощо, в яких не відбито достатньою мірою суть проблеми.

Пропоновані здобувачам вищої освіти тематики курсової роботи сформовано у відповідності до навчальних планів підготовки здобувачів освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти та робочої програми дисципліни «Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем»:

Моделювання стану об'єкту дослідження:

- аналіз напружено - деформованого стану об'єкта;
- кінематичний аналіз об'єкта;
- частотний аналіз об'єкта;
- аналіз теплового стану об'єкту.

Моделювання процесів:

- моделювання процесу різання;
- моделювання процесу подрібнювання;
- моделювання процесу змішування;
- моделювання процесу сепарації;
- моделювання процесу транспортування.

Моделювання взаємодії:

- моделювання взаємодії корпусу лемішного плуга з ґрунтом;
- моделювання взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом;
- моделювання взаємодії культиваторної лапи з ґрунтом;
- моделювання взаємодії дискового сошника з ґрунтом;
- моделювання взаємодії анкерного сошника з ґрунтом;
- моделювання взаємодії різального апарата із стеблом;
- моделювання взаємодії подільника із стеблостоєм;
- моделювання взаємодії мотовила із стеблостоєм;
- моделювання взаємодії викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин із коренеподами;
- моделювання взаємодії гичкозрізувального робочого органу бурякозбиральної машини із гичкою;
- моделювання взаємодії очищувальних робочих органів буяркозбиральних машин із коренеплодами;
- моделювання взаємодії сепарувального робочого органу картоплезбиральних машин із бульбами;
- моделювання взаємодії сортувальних робочих органів картоплесортувалок із бульбами.

Моделювання робочого процесу:

- моделювання робочого процесу розкидного пристрою розкидача гранульованих мінеральних добрив;
- моделювання робочого процесу розкидного пристрою розкидача твердих органічних добрив;
- моделювання робочого процесу катушкового висівного апарата зернової сівалки;
- моделювання робочого процесу пневматичного висівного апарату просапної сівалки;

- моделювання робочого процесу садильного апарату картоплесаджалки;
- моделювання робочого процесу обприскувача;
- моделювання робочого процесу прес-підбирача;
- моделювання робочого процесу подрібнювального пристрою силосозбирального комбайна;
- моделювання робочого процесу молотильного апарата зернозбирального комбайна;
- моделювання робочого процесу системи очистки зернозбирального комбайна;
- моделювання робочого процесу соломоочисника зернозбирального комбайна;
- моделювання робочого процесу насіннеочисної машини.

Моделювання операції:

- моделювання полищевої оранки;
- моделювання суцільної культивації;
- моделювання внесення мінеральних добрив;
- моделювання внесення органічних добрив;
- моделювання сівби культур;
- моделювання садіння культур;
- моделювання протруювання насіння;
- моделювання обприскування посівів;
- моделювання скошування стеблової маси;
- моделювання пресування стеблової маси;
- моделювання збирання зернових культур;
- моделювання збирання картоплі;
- моделювання збирання овочевих культур;
- моделювання збирання плодових культур.

Пропонований перелік тематик курсової роботи не є строго визначеним і може бути доповненим на прохання здобувача вищої освіти.

Після остаточного формулювання теми курсової роботи на основі вибраної тематики дослідження, студентові видається завдання з вихідними даним до роботи, призначається консультант роботи та встановлюються терміни поетапного її виконання.

2.3 Етапи виконання курсової роботи

Процес виконання курсової роботи містить низку послідовних етапів, основними з якими є (табл. 1.1):

- вибір теми курсової роботи;
- вивчення спеціальної літератури з обраної теми;
- складання плану;
- збір вихідної інформації про об'єкт моделювання;
- розкриття змісту курсової роботи;
- оформлення курсової роботи;
- подання роботи на її захист.

Студенти повинні враховувати необхідність виконання перерахованих етапів, плануючи їх у наведеній послідовності. всіх Виконуючи роботу студент має навчитися користуватися спеціальною літературою, самостійно її аналізувати та узагальнювати.

Курсову роботу студент повинен виконувати на основі ретельного вивчення й узагальнення передового досвіду господарювання, висвітленого в літературних джерелах, обов'язкового використання статистичних даних, наведених у науковій літературі, періодичній пресі та статистичних щорічних виданнях.

Таблиця 1.1 – Етапи підготовки та захисту курсової роботи

Учасники процесу	
Здобувач освіти	Викладач
Вибір теми курсової роботи	Підготовка тематики курсових робіт Узгодження теми Формулювання вимог до теми
Співбесіда з методики підготовки курсової роботи з конкретної теми, визначення термінів виконання роботи	
Попередній підбір літератури, укладання списку, перегляд джерел з обраної теми	
Підготовка проекту плану	Узгодження та затвердження плану
Поглиблене вивчення інформаційних джерел	
Збір вихідної інформації про об'єкт моделювання, його закономірності та специфічні особливості	
Робота над курсовою роботою	Консультування
Підготовка до оформлення курсової роботи	Рецензування курсової роботи
Захист курсової роботи	Створення умов для ознайомлення інших студентів зі змістом роботи
Обговорення (в групі або індивідуально)	
Оцінювання	

Тема роботи має бути такою, яка давала б змогу майбутньому фахівцю у комплексі вирішувати чи висвітлювати питання організації виробництва та обслуговування у закладах ресторанного господарства.

Результати дослідження треба викласти у вигляді висновків і пропозицій (навести числові дані отриманих результатів, рекомендації щодо зміни параметрів досліджуваного об'єкту тощо).

З СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ

3.1 Структура та обсяг курсової роботи

Курсова робота складається з текстової та презентаційної частини.

Презентаційна частина виконується у вигляді демонстраційної графіки та електронної презентації.

Текстова частина курсової роботи повинна містити такі частини:

- вступну частину;
- основну частину;
- додатки (при необхідності).

Обсяг текстової частини курсової роботи повинен складати 25...35 с.

Вступна частина курсової роботи повинна містити такі структурні елементи:

- титульний аркуш;
- анотацію;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідності).

Основна частина курсової роботи повинна містити такі структурні елементи:

- вступ;
- суть проекту (роботи);
- висновки;
- перелік літературних джерел.

Титульний аркуш є першою сторінкою КР, яка не нумерується. Згідно з діючим стандартом на текстову конструкторську документацію (ДСТУ 3008:2015) титульний аркуш виконується за встановленим

зразком. З врахуванням навчального закладу та підрозділів, виду роботи (КР) пропонуються зразки титульних аркушів (додаток А). Для курсової роботи титульний аркуш виконується без рамки, наявність рамки для курсових проектів обов'язкова. На титульному аркуші як для курсових робіт, так і курсових проектів подаються: – тема КР; – запис „Пояснювальна записка ...» із зазначенням спеціальності, цифрового коду кафедри. Перераховується науковий ступінь та звання керівника. Підписи керівника та студента із зазначенням термінів обов'язкові.

Також на титульному аркуші після захисту курсової роботи (курсowego проекту) має бути виставлена оцінка за лінгвістичною шкалою з підписами керівника та викладача (-ів), що входять до складу комісії. Робота, яка подається у вигляді копії, до захисту не приймається, у випадку прийняття такої роботи відповідальність несуть керівник та викладач, що входять до складу комісії.

Анотація призначена для ознайомлення з текстовим документом курсової роботи (проекту). Вона має бути стислою, інформативною і містити відомості, які характеризують виконаний проект (роботу). Анотацію слід розміщувати безпосередньо за титульним аркушем, починаючи з нової сторінки (другої) нумерація якої не зазначається.

Додатки розміщують після основної частини пояснювальної записки курсової роботи.

3.2 Зміст основної частини курсової роботи

Основна частина курсової роботи може складатися з розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів. Кожний розділ починають з нової сторінки. У розділах основної частини подають:

- огляд літературних джерел за темою роботи;
- викладення методів дослідження;
- відомості про проведені теоретичні дослідження;
- експериментальну частину і методику досліджень;
- демонстраційний приклад;
- аналіз і узагальнення результатів дослідження.

В першому розділі висвітлюються основні наукові досягнення стосовно досліджуваної проблеми. В цьому розділі студент має продемонструвати свою обізнаність в питаннях теорії і методології тих методів моделювання, котрі залучені ним для розв'язку власної задачі. При написанні цього розділу обов'язковою вимогою є посилання на проаналізовані студентом англomовні літературні джерела. За обсягом огляд літератури має складати 20-25 % від загального обсягу текстової частини.

У цьому ж розділі подається характеристика об'єкту дослідження, розкриваються теоретичні основи використаних методів моделювання, оцінки похибок вимірювань тощо.

В другому розділі з вичерпною повнотою викладають результати власних досліджень – наводиться зміст побудованих моделей та проведених досліджень, блок-схеми розроблених алгоритмів, показується хід розв'язання поставлених задач (у вигляді певних проміжних результатів, таблиць, графіків, рисунків, скріншотів із детальними коментарями та поясненнями), аналізується ефективність використаних методів, похибки та стійкість розв'язку.

Далі подано приклад оформлення результатів дослідження у другому розділі курсової роботи на тему «Дослідження взаємодії з ґрунтом викопуючих робочих органів однорядкового картоплезбирального комбайна».

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ З ҐРУНТОМ

2.1. Обґрунтування методів дослідження

У моделюванні взаємодії системи «ґрунт-інструмент» традиційно застосовують аналітичні та експериментальні методи досліджень. Але аналітичні чи напіваналітичні методи, засновані на теорії пасивного тиску на землю або на класичній механіці ґрунтів, доволі громіздкі та, як правило, обмежені припущеннями про фізико-механічні властивості ґрунту і характер його руйнування та простою геометрією інструменту.

Дослідження за допомогою польових випробувань мають перевагу в тому, що вони дозволяють відображати реальне польове середовище, але мають багато недоліків, таких як висока вартість системи приладів, значні затрати часу та робочої сили, низька відтворюваність, обмеженість простору та вплив факторів навколишнього середовища.

Недоліків польових випробувань можна уникнути застосовуючи різноманітні напівнатурні випробування, наприклад, в умовах ґрунтового каналу, перевагою якого є легкість контролю параметрів та умов випробування. Однак і у таких досліджень є серйозний недолік – важко забезпечити фактичні польові характеристики ґрунту.

Тому все частіше дослідники звертаються до дослідження взаємодії у системі «ґрунт-інструмент» за допомогою чисельних методів на основі цифрового моделювання, які дозволяють досліджувати складну геометрію інструменту та динамічні атрибути ґрунту і є альтернативою існуючим аналітичним методам. Найчастіше дослідники застосовують метод скінченних елементів (MCE або FEM – Finite Element Method) для вирішення задач механіки та гідро газодинаміки та метод дискретних елементів (МДЕ або DEM – Discrete Element Method / Modeling) і метод гідродинаміки згладжених частинок (SPH – Smoothed Particle Hydrodynamics) для дослідження поведінки систем з дискретними частинкам.

У методі скінченних елементів вважається, що ґрунт є неперервним середовищем, і більшість досліджень обмежуються проблемами малих переміщень через складності моделювання, зумовлені викривленням сітки. Такий метод погано відображає реакцію ґрунтових частинок.

Іншим чисельним методом, який не так давно почали використовувати для дослідження взаємодії системи «ґрунт-інструмент» та моделі руйнування ґрунту, є дискретно – елементне моделювання (DEM). Цей метод дозволяє врахувати неоднорідність ґрунту та велике зміщення ґрунтових часток при взаємодії інструменту з ґрунтом, дослідити динамічну поведінку мікроелементів ґрунту та його макро- характеристики, такі як сили зсуву ґрунту та подрібнення під час обробки ґрунту.

На даний час існує доволі велика кількість програмного забезпечення, що реалізує різноманітні інструменти на базі DEM і призначене для моделювання поведінки частин сипкого матеріалу різноманітної форми та розмірів. Воно забезпечує виконання великомасштабного високореалістичного моделювання на базі законів Ньютона та контактної механіки з отриманням результатів на основі статистики взаємодії окремих частинок та геометричних моделей елементів конструкцій в будь-який момент часу, та дозволяє дізнатися, як насправді працюють як окремі вузли, так і система в цілому.

Практично для усього програмного забезпечення, що дозволяє реалізувати DEM, порядок розрахунку, як правило, наступний:

- підготовка геометрії в будь-якій зовнішній CAD – системі;
- вибір спрощень моделі;
- побудова фізичної моделі об'єкта та процесу;
- налаштування та запуск процесу розв'язку;
- обробка результатів.

Застосування DEM у поєднанні з розрахунками на міцність та аналізом гідрогазодинамічних процесів забезпечує широкі можливості підвищення якості продукції, оптимізації виробничих процесів та дозволяє відмовитись від високовартісної та працемісткої процедури фізичного тестування обладнання.

2.2. Розробка моделі об'єкту досліджень

2.2.1. Розробка CAD - моделей викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна

При побудові будь-якої CAE – моделі (Computer-Aided Engineering – моделі для інженерних розрахунків, аналізу і симуляції фізичних процесів) одним з перших етапів є побудова твердотільних CAD – моделей (Computer-Aided Design) об'єкту дослідження. На рис. 2.1 – рис. 2.3 показано розроблені CAD – моделі викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

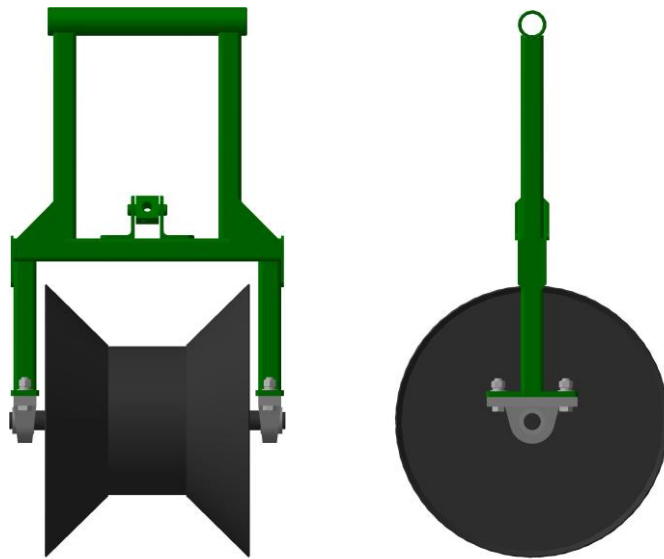


Рисунок 2.1 – CAD – модель грудкороздавлюючого котка

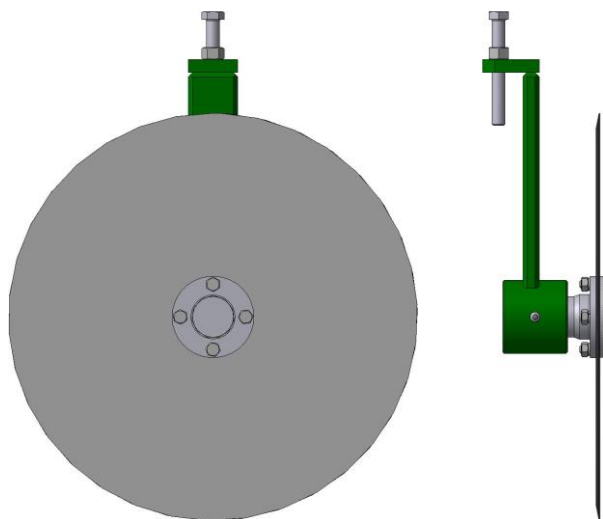


Рисунок 2.2 – CAD – модель підрізаючого диска

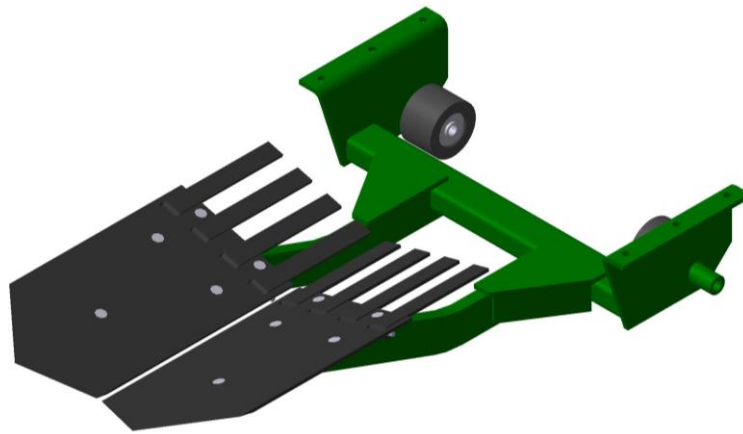


Рисунок 2.3 – CAD – модель підкопуючого лемеша

CAD – моделі викопуючих робочих органів створено засобами твердотільного 3D - моделювання програмного комплексу SolidWorks.

2.2.2. Розробка дискретно – елементної моделі ґрунтового середовища

Для дослідження взаємодії викопуючих робочих органів однорядкового бункерного картоплезбирального комбайна КПБ-1 з ґрунтом крім розробки твердотільних CAD-моделей викопуючих робочих органів комбайна було створено дискретно – елементну модель ґрунтового середовища.

Ґрунтове середовище моделювали у вигляді ґрунтового каналу довжиною 3 м, шириною 1 м та висотою 0,5 м з чітко вираженим гребенем (рис. 2.4).

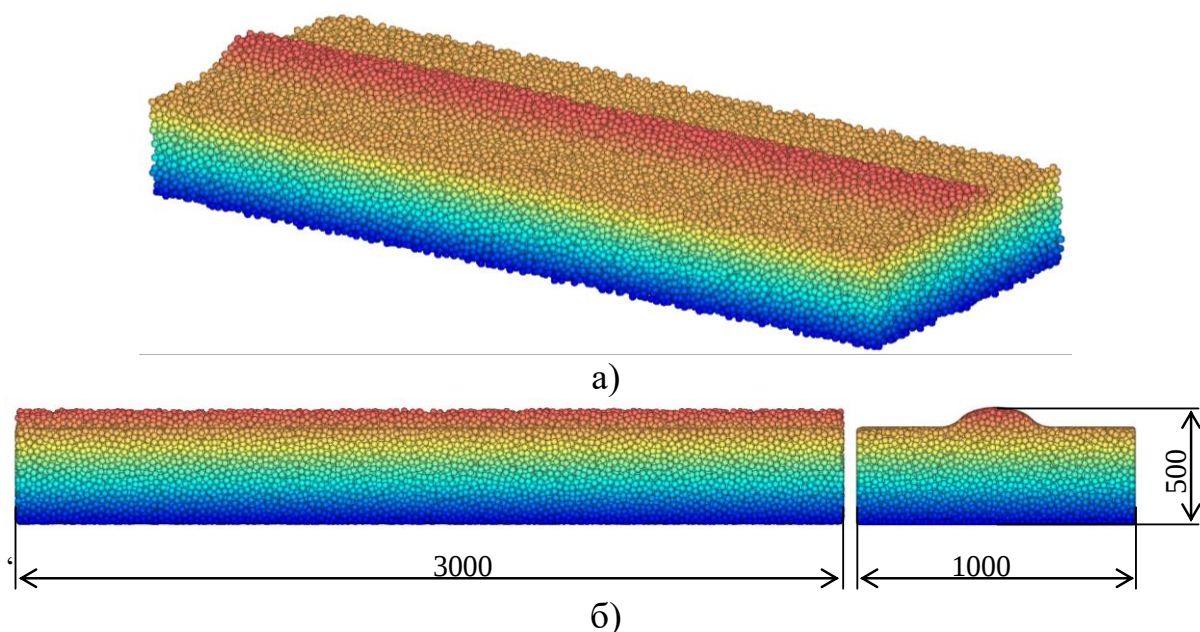


Рисунок 2.4 – Дискретно – елементна модель ґрунтового середовища:

а – загальний вигляд DEM ґрунтового середовища; б – проєкції ґрунтового середовища.

Безпосередньо ґрунт моделювали як сукупність дискретних частинок сферичної форми діаметром 25 мм з питомою масою 1500 кг/м³ та коефіцієнтами статичного і динамічного тертя рівними по 0,7.

2.3. Аналіз результатів досліджень

Комп'ютерне моделювання взаємодії викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з ґрунтом проводили при швидкості руху робочих органів 1,4 м/с, що відповідає технологічній швидкості руху комбайна 5 км/год. Рух викопуючих робочих органів моделювався прямолінійним із затримкою початку руху 0,25 с. Загальна тривалість комп'ютерного моделювання склала 3 с.

2.3.1. Дослідження взаємодії котка-ущільнювача з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом показано на рис. 2.5.

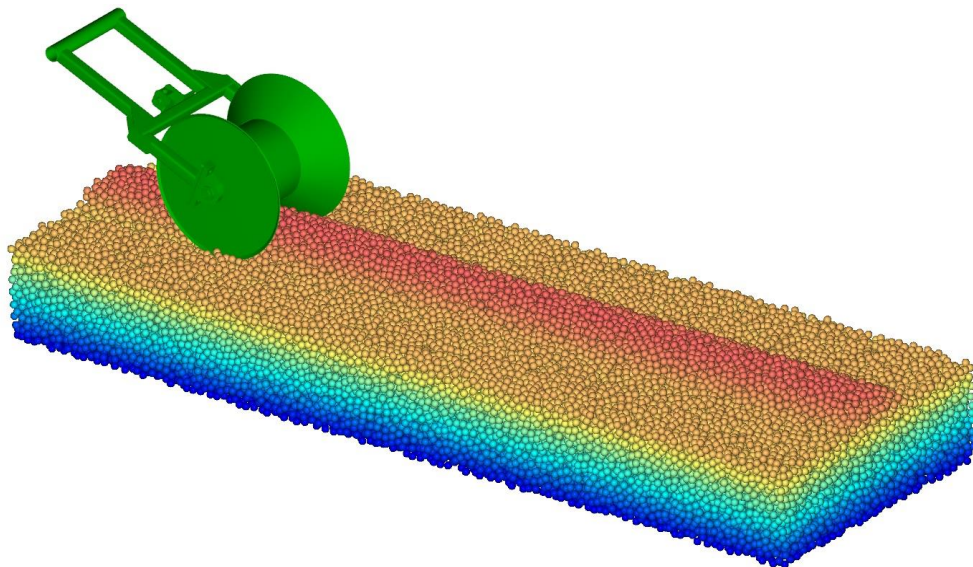


Рисунок 2.5 – DEM взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом

При цифровому моделюванні взаємодії з ґрунтом котка – ущільнювача отримали такі значення зусиль: максимальна поздовжня сила становить 2800Н; поперечна вертикальна сила – близько 350 Н і поперечна горизонтальна сила – від -80 Н до 600 Н, середня частота коливань – 0,22 Гц (рис. 2.6).

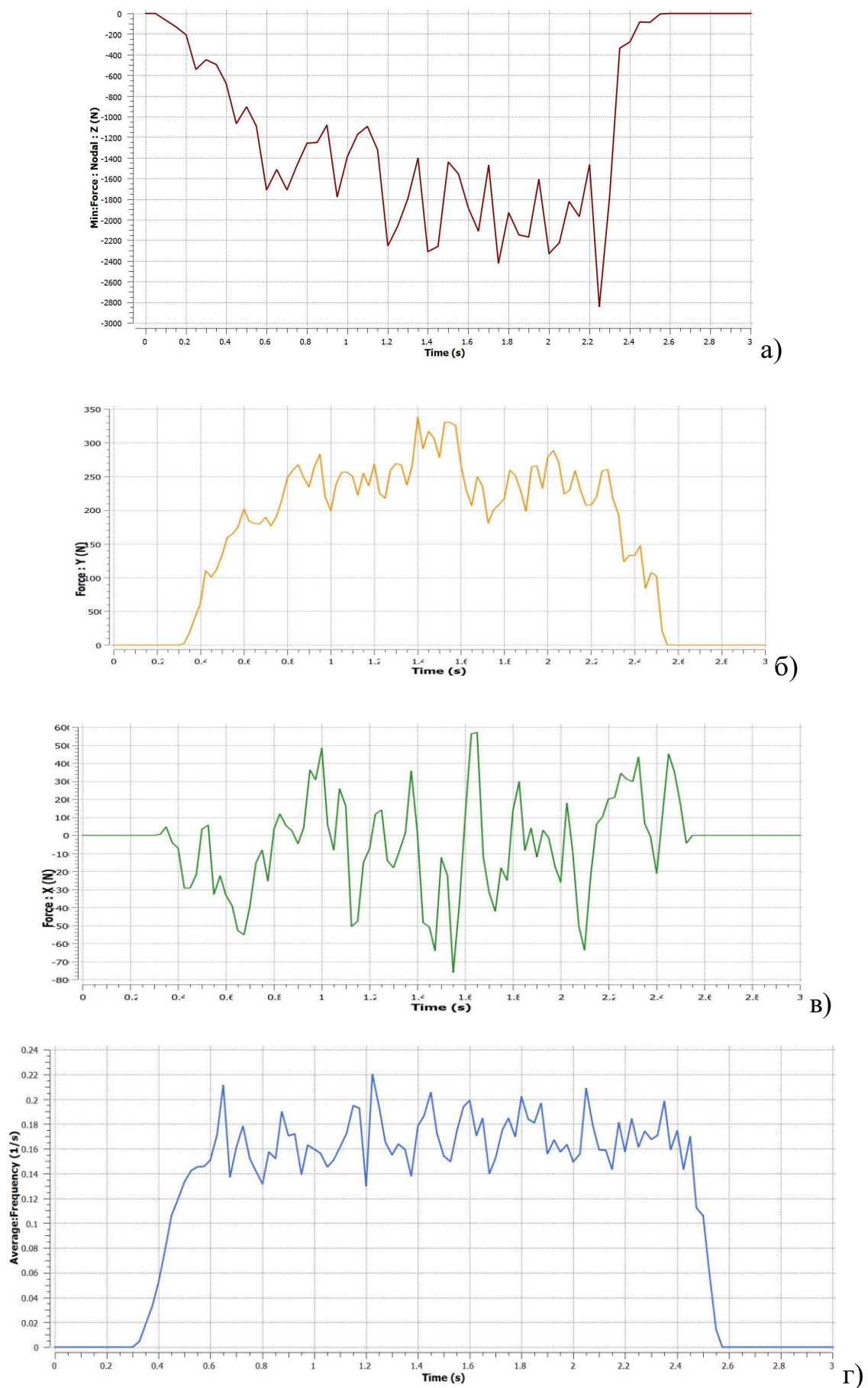


Рисунок 2.6 – Зусилля взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом:

а - поздовжнє зусилля; б - вертикальне зусилля; в - поперечне зусилля; г - частота коливань.

2.3.2. Дослідження взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом показано на рис. 2.7.

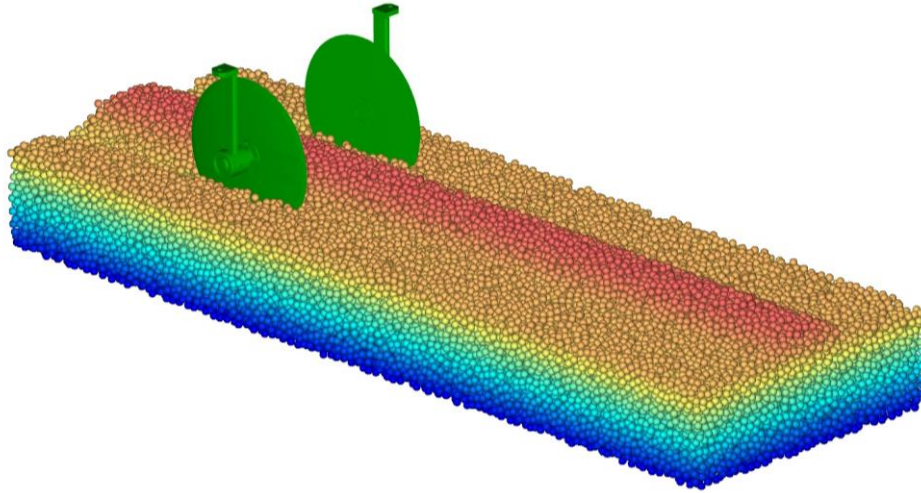


Рисунок 2.7 – DEM взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом

Максимальне значення середньої частоти коливань підрізаючих дисків становить 400 Гц (рис. 2.8).

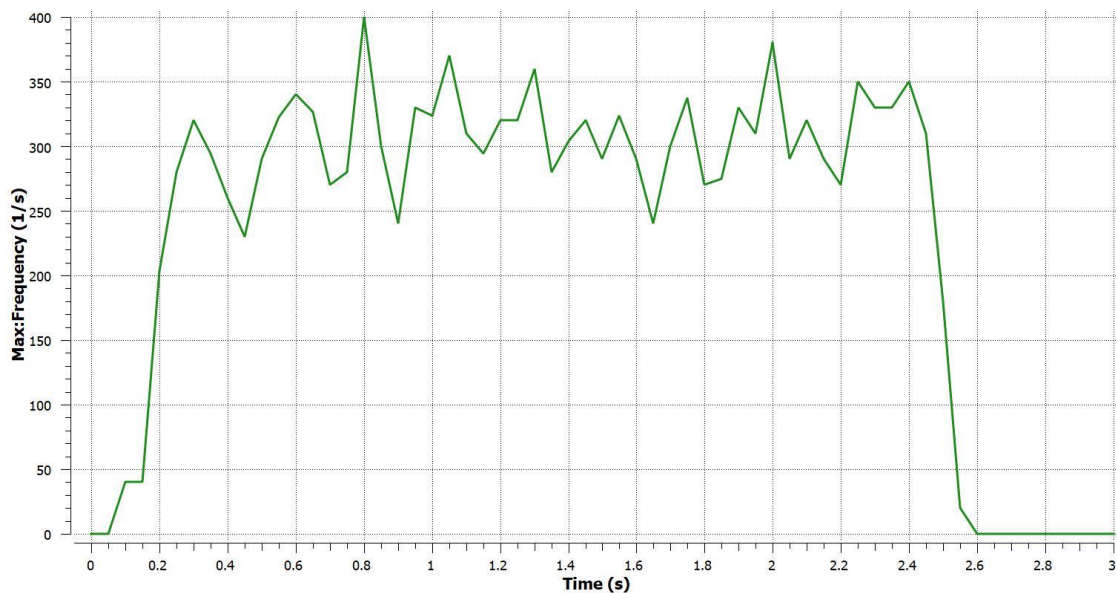
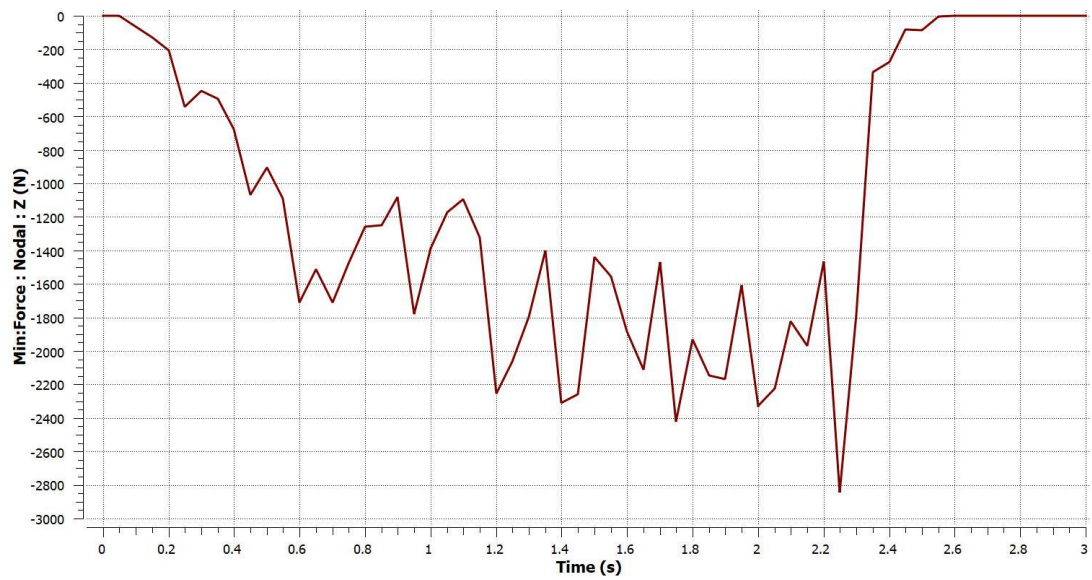
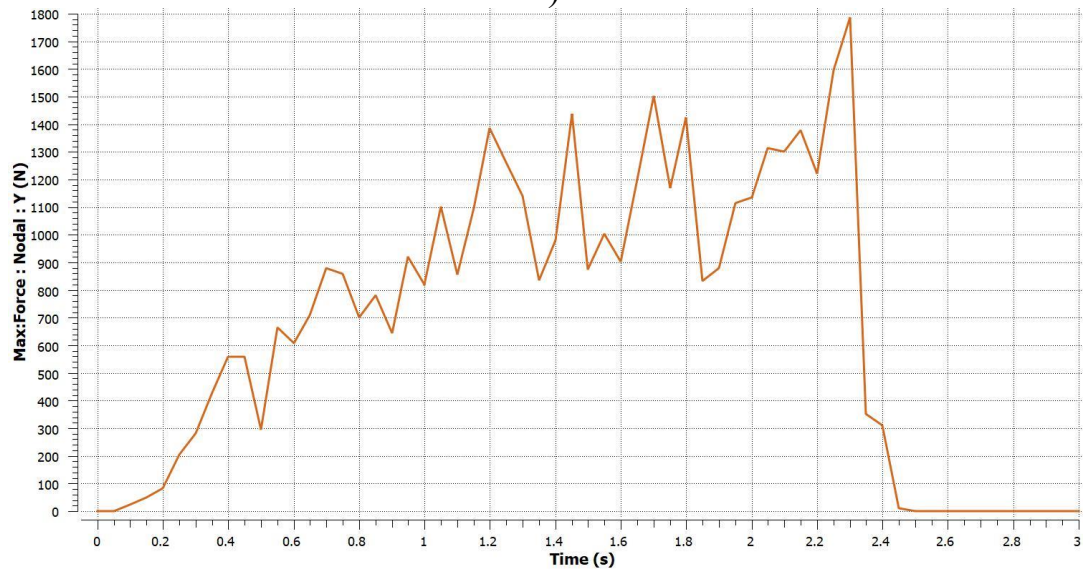


Рисунок 2.8 – Середня частота коливань

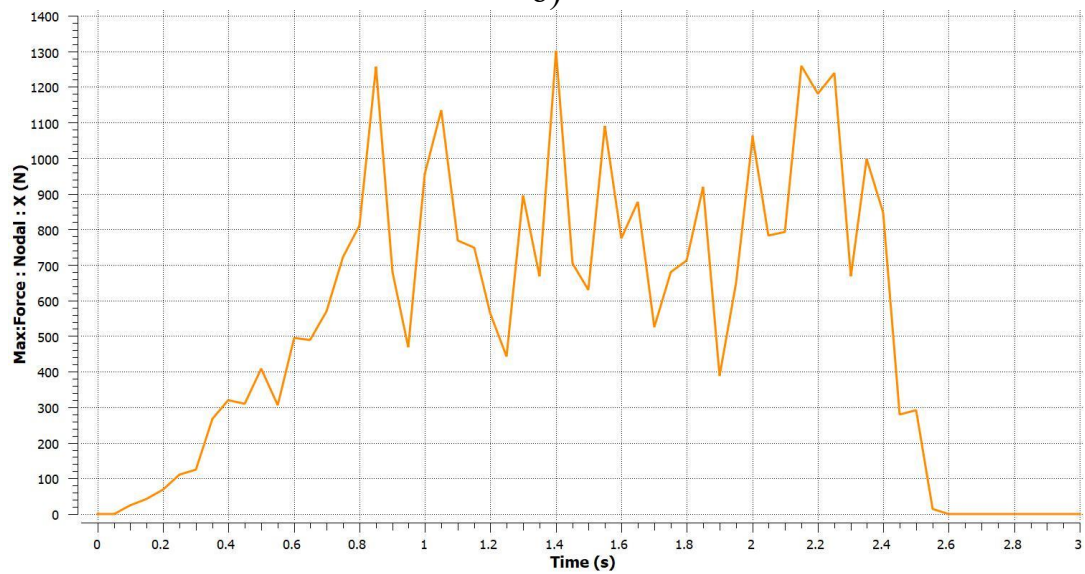
При цифровому моделюванні взаємодії з ґрунтом підрізаючих дисків отримали такі значення зусиль: максимальна поздовжня сила становить близько 2800 Н; поперечна вертикальна сила – 1800 Н і поперечна горизонтальна сила – 1300 Н (рис. 2.9).



a)



б)



в)

Рисунок 2.9 – Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:

а – поздовжнє зусилля; б – вертикальне зусилля; в – поперечне зусилля.

2.3.3. Дослідження взаємодії лемеша з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем показано на рис. 2.10.

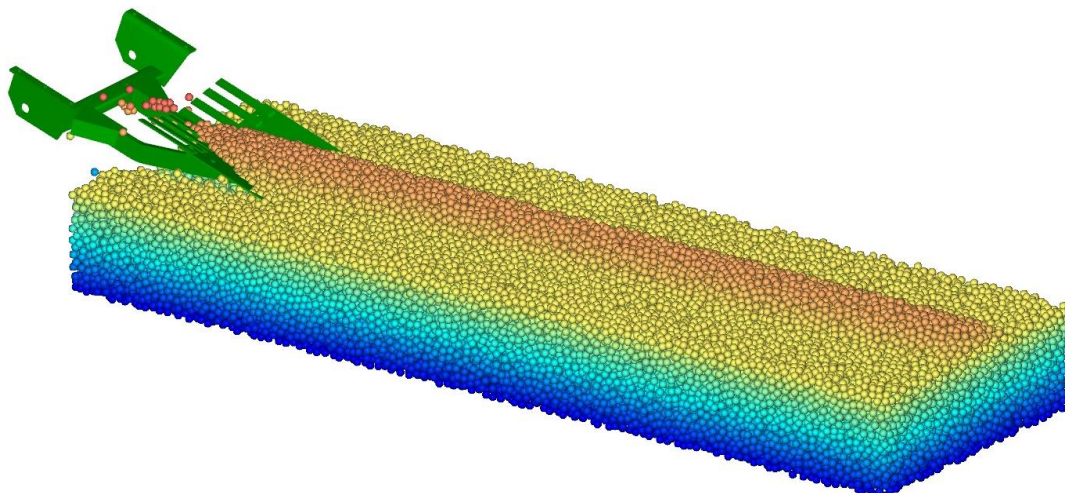


Рисунок 2.10 – DEM взаємодії підрізаючого лемеша з ґрунтовим гребенем

Максимальне значення середньої частоти коливань ≈ 18 Гц (рис. 2.11).

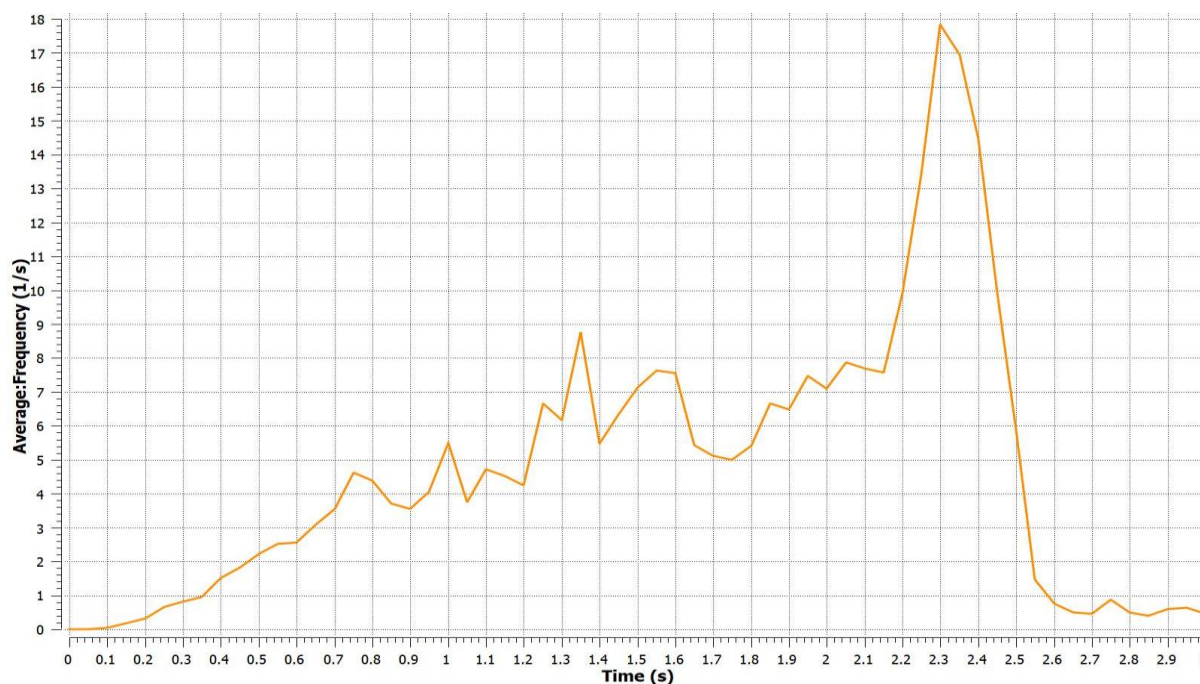


Рисунок 2.11 – Середня частота коливань

При цифровому моделюванні взаємодії з ґрунтом підкопуючого лемеша отримали такі значення зусиль: максимальна поздовжня сила становить близько 2600 Н; поперечна вертикальна сила – 4100 Н і поперечна горизонтальна сила – від - 32 Н до 10 Н (рис. 2.12).

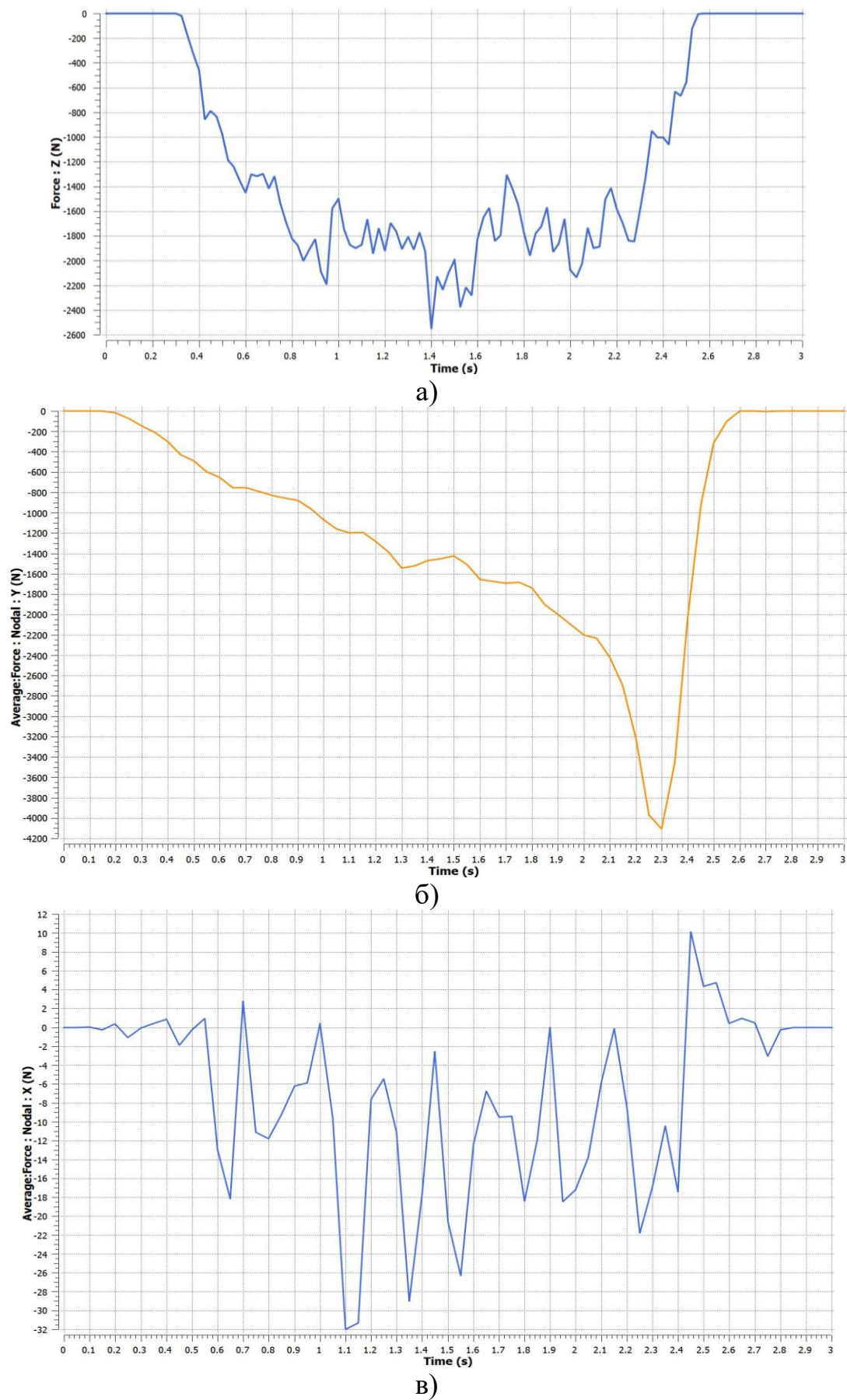


Рисунок 2.12 – Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:
а – поздовжнє зусилля; б – вертикальне зусилля; в – поперечне зусилля.

2.3.4. Дослідження взаємодії з ґрунтом комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна

Загальний вигляд DEM-моделі взаємодії комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з ґрунтом показано на рис. 2.13.

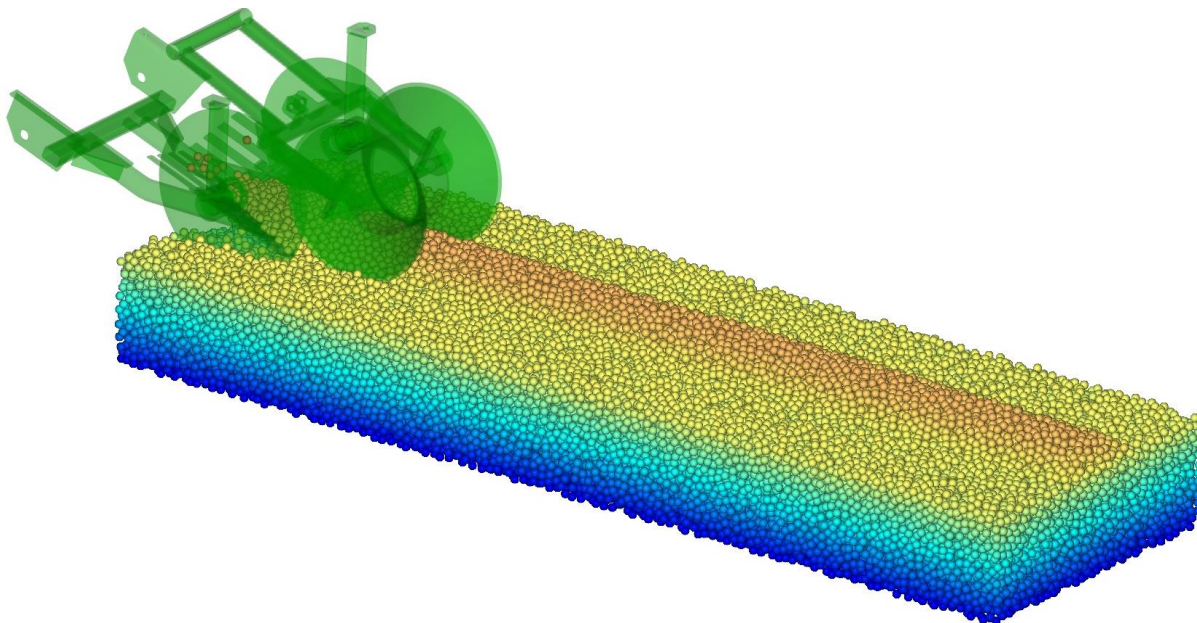


Рисунок 2.13 – DEM-модель взаємодії комплексу викопуючих робочих органів з ґрунтом

Максимальне значення середньої частоти коливань $\approx 1,45$ Гц (рис. 2.14).

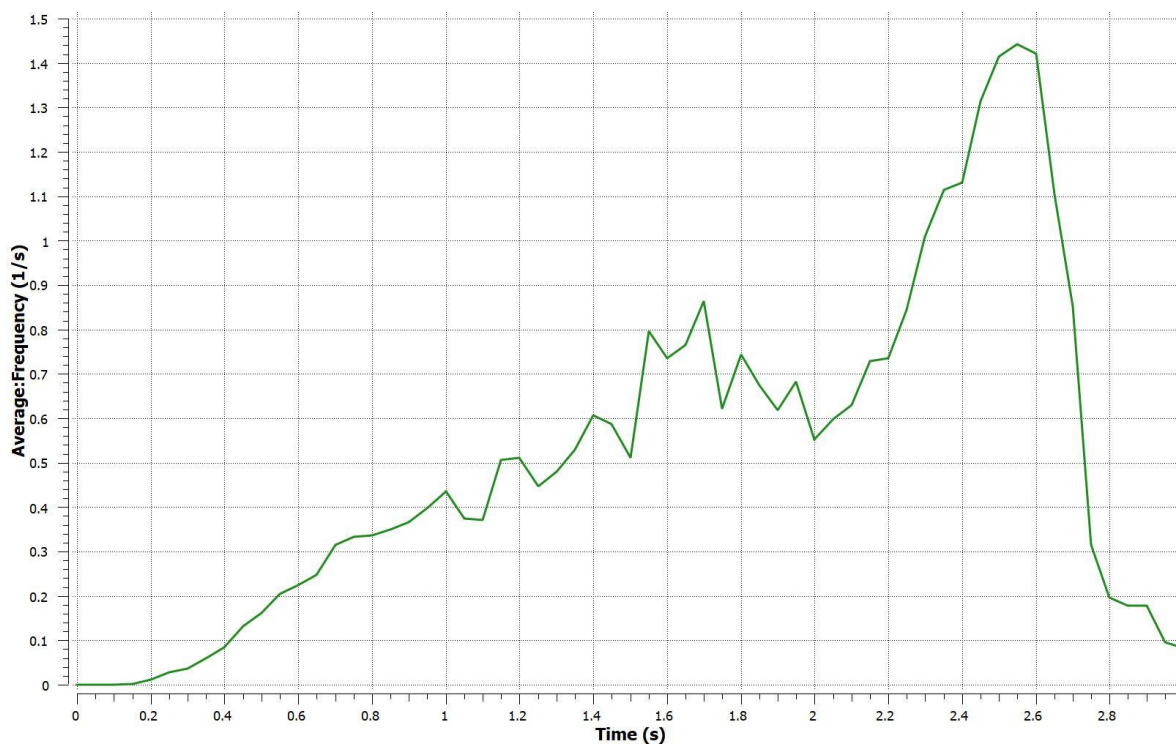
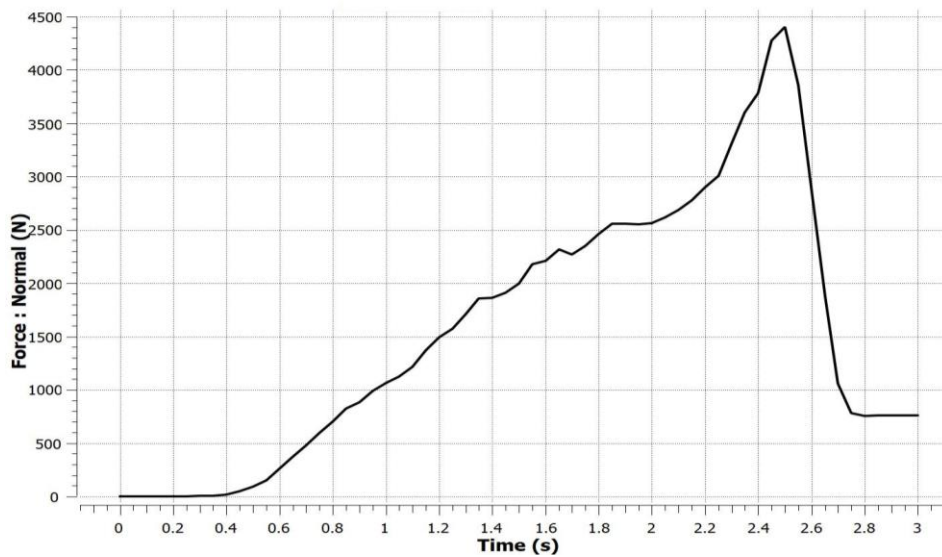
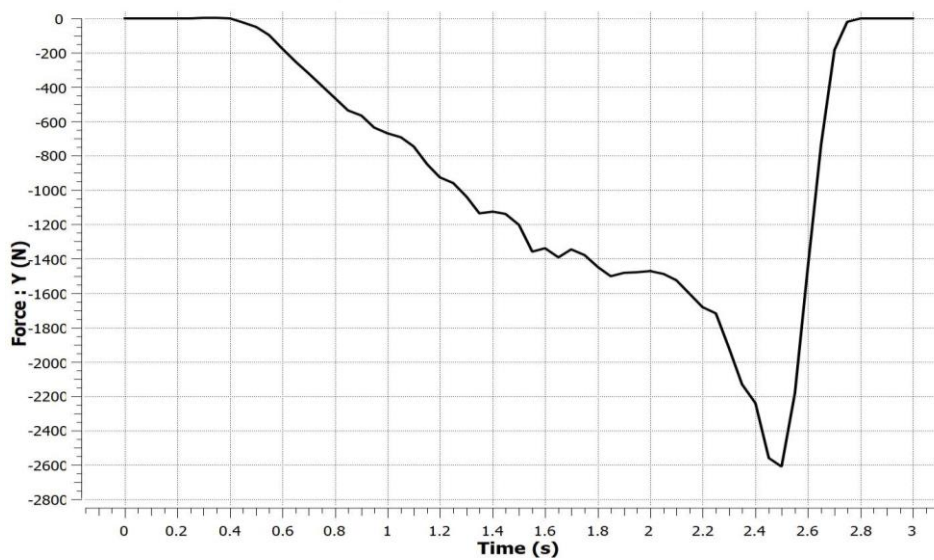


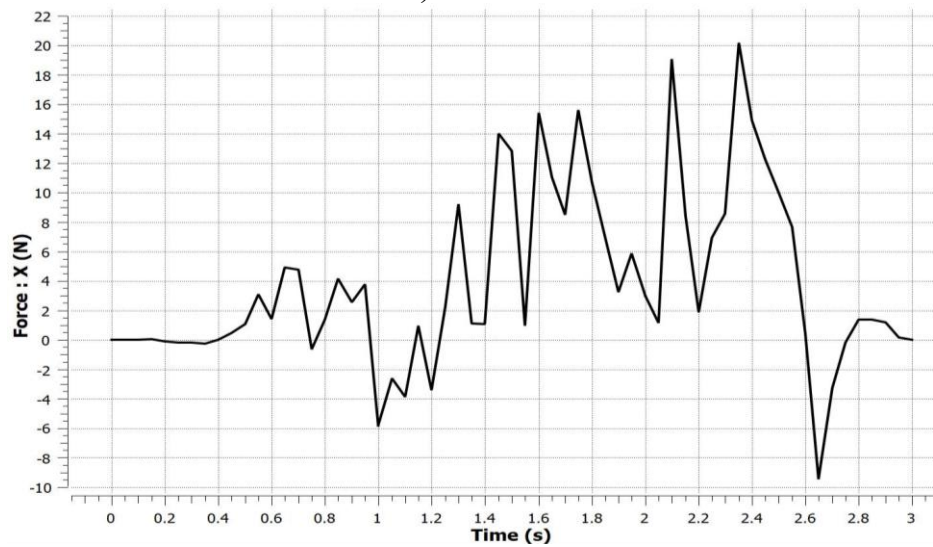
Рисунок 2.14 – Середня частота коливань



a)



б)



в)

Рисунок 2.15 – Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:
а – поздовжнє зусилля; б – вертикальне зусилля; в – поперечне зусилля.

За результатами комп'ютерного моделювання взаємодії комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з ґрунтом отримали такі значення зусиль: нормальна сила (тягове зусилля) становить 4500Н; поперечна вертикальна (заглиблююча) сила – 2800Н і поперечна горизонтальна сила – від -10 Н до 20 Н (рис. 2.15).

Споживана потужність при роботі викопуючих органів картоплезбирального комбайна складає близько 4 кВт (рис. 2.16, а), а максимальна питома потужність – 18 кВт/м² (рис. 2.16, б).

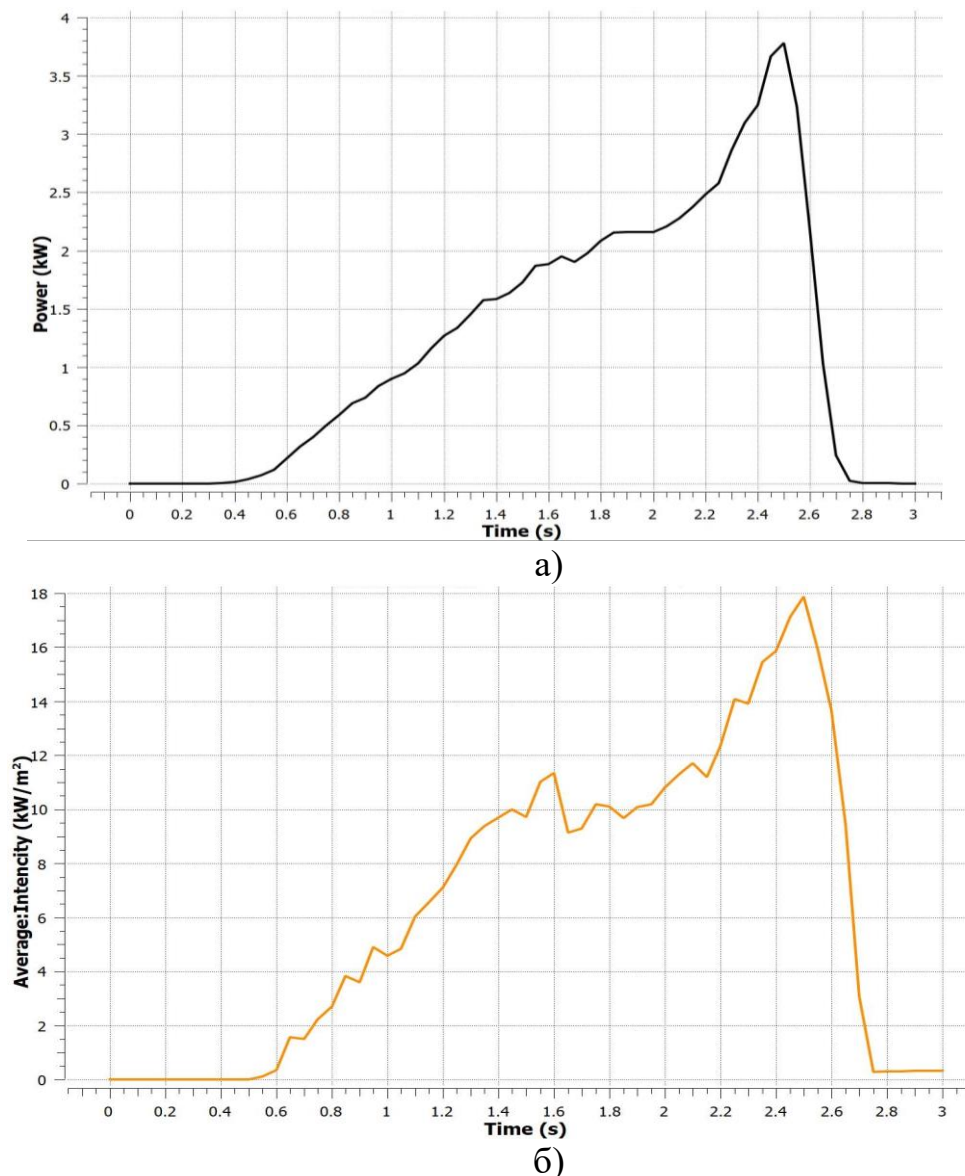


Рисунок 2.16 – Експлуатаційні потужності викопуючих робочих органів:

а – середня споживана потужність; б – середня питома потужність.

Обсяг окремих розділів визначається обраною тематикою; їхній сумарний обсяг має складати 50-70 % від загального обсягу текстової частини.

У Вступі зазначається актуальність, мета, завдання, предмет, об'єкт та методи дослідження курсової роботи. Орієнтований обсяг – одна сторінка.

У висновках викладаються найважливіші практичні результати, отримані студентом особисто. Тут необхідно наголосити на якісних і кількісних показниках здобутих результатів, обґрунтувати їх достовірність, викласти рекомендації щодо впровадження в у виробничу практику. Обсяг висновків – не менше однієї сторінки.

Список літератури має налічувати не менше, ніж 10 найменувань, з яких не менше, ніж 50 %, мають складати іншомовні джерела за тематикою роботи.

4 ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Оформлення розрахунково-пояснювальної записки

Пояснювальну записку до курсової роботи оформляють згідно ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення» [14].

Мова записки – державна, стиль – науковий, чіткий, без орфографічних і синтаксичних помилок, послідовність логічна. Пряме переписування матеріалів із літературних джерел у роботі неприпустиме.

Пояснювальну записку курсової роботи виконують машинописним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на одному боці аркушів білого паперу формату А4 з кутовими штампами за формами відповідно до вимог діючих ГОСТів та ДСТУ. Дозволяється виконувати пояснювальну записку рукописним способом у *чорному кольорі*.

Текстовий матеріал при виконанні пояснювальної записки комп'ютерним способом друкувати через 1,5 міжрядкового інтервалу, текст вирівнювати по ширині аркуша (Текстовий редактор – Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, розмір шрифту – 14; не більше 40 рядків на сторінці).

При виконанні текстового матеріалу рукописним способом текст має бути виконаний креслярським шрифтом згідно з ГОСТом 2.304-81 з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм. Цифри і букви необхідно писати чітко, виконати в *чорному кольорі*.

Помилки і графічні неточності допускається виправляти заклеюванням, підчищуванням або замальовуванням білою фарбою з наступним внесенням виправленого тексту.

Пошкодження листів текстових документів, забруднення, неповністю знищені сліди попереднього тексту – *не допускаються*.

При вписуванні слів, формул, знаків у надрукований текст, вони мають бути чорного кольору; щільність вписаного тексту має максимально наближуватися до щільності основного зображення.

У тексті записки обов'язковими є посилання на використані літературні та інші джерела. Після згадки (цитати) проставляють у квадратних дужках номер джерела, під яким воно записане у бібліографічному списку (переліку посилань) і, у випадку необхідності, сторінки, наприклад, [9] або [1, с.88].

Текст записки розміщувати на аркушах з дотриманням таких розмірів полів: з лівого боку – не менше 25 мм, з правого – не менше 10 мм, згори та знизу – не менше 25 мм.

Пояснювальну записку починають з титульного аркуша (додаток А), який повинен містити назву Міністерства, вищого навчального закладу та кафедри; тему курсової роботи; посаду, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по-батькові керівника роботи; групу, прізвище, ім'я, по-батькові автора курсової роботи, місто і рік виконання.

Нумерація сторінок пояснювальної записки – наскрізна до додатків. Відлік починати з титульної сторінки, але номер її на титульній не ставити. Нумерацію сторінок без крапки після неї проставляють, як правило, у нижньому полі колонтитулу посередині або справа.

Додатки нумерувати окремо і вшивати в кінці записки.

Завдання до курсової роботи (додаток Б) є другим аркушем записки та містить тему курсової роботи; вихідні дані для вирішення індивідуального завдання, термін виконання; інформацію про розділи та окремі питання, які потрібно розкрити при виконанні курсової роботи для досягнення поставленої мети; перелік графічного (презентаційного) матеріалу. Завдання на курсову роботу має бути підписане студентом та керівником роботи.

Зміст – це третя сторінка записки. Він повинен містити назви та номери початкових сторінок усіх розділів і підрозділів (пунктів, підпунктів) роботи, включаючи усі заголовки, які є у записці, починаючи зі вступу і закінчуючи додатками.

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, рисунків, таблиць, формул у всьому тексті записки подають арабськими цифрами без знака «№».

Вступ – наступна сторінка пояснювальної записки. Тут окреслюють проблематику питання, яке буде розкрито у курсовій роботі. Висвітлюють основні тенденції галузі таких досліджень тощо.

Текст основної частини записки ділять на розділи і підрозділи (пункти і підпункти при потребі) згідно із завданням.

Розділи в межах усієї записки повинні мати порядкові номери, позначені арабськими цифрами. Кожен розділ (структурну частину) починають з нового аркуша (сторінки).

Підрозділи повинні мати нумерацію в межах розділу, номер підрозділу складається з номера розділу і підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 2.3 (*це означає: третій підрозділ другого розділу*). У кінці порядкового номера розділу, підрозділу і т.п. крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 тощо [13].

Номер пункту вміщує номер розділу, підрозділу і пункту, які розділені крапками, наприклад, 3.2.1 (*перший пункт другого підрозділу третього розділу*).

Назви розділів повинні бути короткими, записують їх у вигляді заголовків прописними (великими) літерами посередині рядка (*симетрично до тексту*). Переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку в кінці заголовка не ставлять. Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше двох рядків.

Заголовки підрозділів пишуть або друкують рядковими літерами (крім першої прописної) з абзацу. Крапку в кінці заголовка не ставлять.

Кожну структурну частину записки (розділ) починають з нової сторінки.

Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту пояснювальної записки і становити 1,25 см (рекомендовано).

Структурні елементи ЗМІСТ, ВСТУП, ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ, ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ, ДОДАТКИ як розділи не нумерують.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. У заголовках (назвах) розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів міжрядковий інтервал – 1,0 (одинарний).

Відстань між основами рядків заголовків, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту (рекомендують хоча б три рядки тексту).

У тексті пояснювальної записки не рекомендується вживати звороти із займенниками першої особи, наприклад: «Я вважаю, ...», «Ми вважаємо, ...» тощо. Рекомендується вести виклад, не вживаючи займенників, наприклад: «Вважаємо, ...», «... знаходимо ...» тощо.

Числа з розмірністю необхідно писати цифрами, а без розмірності – словами, наприклад: «Висота – 600 м», «... за другим варіантом ...». Розмірності параметрів записують пропустивши один недрукований символ (жорсткий пропуск).

Порядкові чисельники, які йдуть один за одним, можуть бути подані цифрами з відмінковим закінченням, яке ставлять лише при останній цифрі, наприклад: 1-е; 7, 8, 9-й тощо.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) розміщувати у записці курсової роботи безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання. Кількість ілюстрацій повинна бути достатньою для пояснення тексту, що викладається.

Зміст ілюстрацій має доповнювати текст звіту, поглиблювати розкриття суті явища, наочно ілюструвати думки автора. Тому в тексті на кожен з них повинно бути посилання з коментарем.

Якщо ілюстрації розміщені на окремих сторінках роботи, їх включають до загальної нумерації сторінок. Ілюстративні або табличні матеріали, розміри яких є більші за формат А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних місцях після згадування у тексті або додатках.

Ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст). Ілюстрацію позначають словом «Рисунок», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних по центру сторінки, наприклад, «Рисунок 2.1 – Загальний вигляд косарки КС-2,1». Ілюстрації нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією наскрізно або в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою. Наприклад, рисунок 4.1 – перший рисунок четвертого розділу.

Якщо ілюстрація не вміщається на одній сторінці, можна переносити її на інші сторінки, вміщуючи назву ілюстрації на першій сторінці, пояснювальні дані – на кожній сторінці та під ними позначати: «Рисунок_, аркуш_».

Ілюстрації у тексті виконують у графічному редакторі або тушшю чи олівцем (рукописний спосіб).

Фотознімки розміру меншого за формат А4 мають бути наклеєні на

аркуші білого паперу формату А4.

Посилання у тексті на ілюстрації подають так: «на рис. 3.1», повторно «див. рис. 3.1». Перед і після назви рисунка пропустити один пустий рядок.

Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць. Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії зліва, справа і знизу, що обмежують таблицю, можна не проводити, якщо їх відсутність не утруднює користування таблицею.

Таблицю розташовують безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці.

На всі таблиці мають бути посилання у тексті звіту. Посилання на таблицю має вигляд: у табл. 3.2, приведено... .

Таблиці нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад: Таблиця 3.1 – перша таблиця третього розділу.

Таблиця має назву, яку друкують рядковими (малими) літерами крім першої прописної (великої) і розміщують над таблицею з абзацного відступу. Назва має бути стислою і відображати зміст таблиці. Назву записують після номера таблиці через тире. Переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюють у кожній частині таблиці її заголовок і боковик.

При поділі таблиці на частини допускається її заголовок або боковик замінювати відповідно номерами граф чи рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами у першій частині таблиці.

Слово «Таблиця» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, вирівнювання назви таблиці – за шириною з абзацного відступу, над іншими частинами пишуть: Продовження або Закінчення таблиці з

зазначенням номера таблиці (вирівнювання виконують за шириною з абзацного відступу).

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище й нижче кожної формули або рівняння залишають не менше одного вільного рядка.

Формули і рівняння у записці (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) нумерують порядковою нумерацією в межах розділу (допускається нумерація в межах записки). Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, (2.3) – третя формула другого розділу.

Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні рядка.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводять безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні.

Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта наводять з нового рядка. Перший рядок пояснення починають без абзацу словом «де» без двокрапки, наприклад.

Розрахуємо годинну продуктивність агрегату за залежністю [15]

$$W = 0,1g_m \cdot B \cdot \tau, \quad (21)$$

де W – годинна продуктивність агрегату, га/год;

g_m – дійсна робоча поступальна швидкість машини, км/год;

B – конструктивна ширина захвату косарки, м;

τ – коефіцієнт використання ширини захвату косарки.

Тоді при визначенні складових залежності (наявності чисельних значень), пишуть.

Підставляємо отримані значення у залежність (21), отримаємо

$$W = 0,1 \cdot 9,0 \cdot 2,1 \cdot 0,95 = 1,8 \text{ га/год.}$$

За іншим прикладом, коли є відомі всі складові залежності.

Сила розриву становитиме

$$F = \frac{\pi d_{mp}^2}{4} l_{mp} \gamma + G_{mp}, \quad (2.35)$$

де d_{mp} – діаметр труби, $d_{mp} = 0,247$ м;

l_{mp} – загальна довжина труби, $l_{mp} = 1,4$ м;

γ – щільність води, $\gamma = 10000$ Н/м³;

G_{mp} – вага труби, $G_{mp} = 250$ Н.

Тоді

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,247^2}{4} 1,4 \cdot 10000 + 250 = 920,5 \text{ Н.}$$

Написання формул, цифр, заголовків розділів і підрозділів, заповнення таблиць виконують тільки шрифтом (при оформленні

рукописним способом).

Висновки та пропозиції повинні містити короткий текст за результатами виконаної роботи.

Перелік посилань (перелік джерел інформації) повинен містити перелік літературних та інших джерел, використаних при написанні курсової роботи, на які є посилання в тексті. Правила оформлення бібліографічних джерел повинні відповідати Національному стандарту України ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [14].

Оформлення додатків

Додатки позначають послідовно великими літерами української абетки, крім літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, ДОДАТОК А, ДОДАТОК Б. Дозволено позначати додатки літерами латинської абетки, крім літер I та O.

У разі повного використання літер української і/або латинської абеток дозволено позначати додатки арабськими цифрами.

Один додаток позначають як ДОДАТОК А.

За потреби текст додатків можна поділити на розділи, підрозділи, пункти й підпункти, які треба нумерувати в межах кожного додатка відповідно до вимог. У цьому разі перед кожним номером ставлять позначення додатка (літеру) і крапку, наприклад, А.2 – другий розділ додатка А; Г.3.1 – підрозділ 3.1 додатка Г; Д.4.1.2 – пункт 4.1.2 додатка Д; Ж.1.3.3.4 – підпункт 1.3.3.4 додатка Ж.

Рисунки, таблиці, формули та рівняння в тексті додатків треба нумерувати в межах кожного додатка, починаючи з літери, що позначає додаток, наприклад, рисунок Г.3 – третій рисунок додатка Г; таблиця А.2 – друга таблиця додатка А; формула (А.1) – перша формула додатка А.

Якщо в додатку один рисунок, одна таблиця, одна формула чи одне

рівняння, їх нумерують, наприклад, рисунок А.1, таблиця Г.1, формула (В.1).

Джерела, які цитують лише в додатках, потрібно розглядати незалежно від тих, які цитують в основній частині звіту, їх розміщують наприкінці кожного додатка в переліку джерел посилання.

Форма цитування, правила складання переліку джерел посилання та виносок у додатках аналогічні прийнятим в основній частині звіту. Перед номером цитати та відповідним номером у переліку джерел посилання й виносках ставлять позначення додатка.

Формування загальних висновків

Після завершення викладу всіх питань, що виносяться до виконання в курсовій роботі, як підсумок, формують загальні висновки.

Цей розділ розпочинають заголовком ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ без нумерації розділу.

Самі висновки формулюють лаконічно з чітким зазначенням отриманих результатів. Послідовність їх викладу повинна відповідати логіці представлення процесу, що розглядається у курсовій роботі. Зазвичай така послідовність викладу відповідає плану і змісту курсової роботи.

У курсовій роботі не рекомендується вести виклад від першої особи однини: «Я спостерігаю», «Я вважаю», «Мені здається» і ін. – чи множини: «Ми отримуємо», «Ми спостерігаємо», «Ми маємо», тощо. Допускаються звороти із збереженням першої особи множини, в яких включаються займенник «ми», тобто вживаються означено – особові речення: «спостерігаємо», «встановлюємо», «маємо на увазі» та ін. В окремих випадках можна використовувати вирази: «на наш погляд», «на нашу думку», або «на думку автора курсової роботи», або «на основі

зробленого аналізу можна стверджувати...», або « дають підстави вважати, робити висновки...» та ін.

При згадуванні в тексті прізвищ (вчених, дослідників, діячів галузі) їх ініціали, як правило, ставляться перед прізвищем. На останній сторінці, після заключної частини, студент ставить свій підпис і дату виконання роботи.

Курсова робота виконується відповідно до цих методичних вказівок, інакше її не буде допущено до захисту. Робота має бути виконана і подана на кафедру не пізніше зазначеної у навчальному плані дати.

5 ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Порядок захисту

Після закінчення терміну виконання курсової роботи студенти представляють електронну або рукописну (роздруковану) версію завершеної роботи керівнику для перевірки.

За результатами перевірки роботи керівник приймає рішення про допуск студента до захисту або повертає роботу на доопрацювання. Після виправлень зауважень студентом керівник роботи робить повторний аналіз роботи і у випадку належної її якості рекомендує здобувачу освіти друкувати пояснювальну записку та робить запис на титульній сторінці про допуск до захисту у відповідності до затверджених графіків, що плануються на профільуючій кафедрі.

До захисту роботи допускають студентів, які повністю розкрили всі питання плану курсової роботи, включаючи графічну частину, оформили документ належним чином та представили роботу у відповідні терміни.

Захист курсових робіт відбувається на випусковій кафедрі перед комісією, призначеною завідувачем кафедрою, у складі двох-трьох викладачів кафедри, в тому числі керівника роботи.

Графік роботи комісії визначає кафедра і доводить до відома студентів не пізніше, ніж за тиждень до дати першого захисту.

Форма підсумкового контролю – диференційований залік.

Результати прийому диференційованих заліків захисту курсових робіт, оцінені за 4-бальною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалою ECTS, яка характеризує успішність студента, оформляють відомістю, проставляють у залікову книжку студента, в журнал обліку успішності й на самій роботі.

Оцінку з курсової роботи враховують на рівні з екзаменаційними оцінками з теоретичних курсів при призначенні студентам стипендії та при отриманні диплома разом з іншими оцінками.

Ліквідація заборгованостей із захисту курсових робіт, котрі не з'явилися у призначений термін, проводиться комісією за відомостями «А» і «К» при умові, що робота виконана і оформлена належним чином.

Підсумки виконання курсових робіт студентів обговорюють на засіданнях кафедр, на радах факультету та університету. Окремі результати таких досліджень обговорюють на студентських конференціях. Такі конференції дають можливість обмінюватися досвідом, визначити шляхи наукового пошуку рішень актуальних питань в галузі агроінженерії, удосконалювати методики розв'язання окремих задач, ознайомити студентів з сучасними досягненнями науки і техніки тощо.

Критерії оцінювання курсової роботи

У накопичуваній заліково-екзаменаційній відомості нарахування балів для оцінювання навчальних досягнень студентів має наступну структуру: 75 (максимально) відсотків балів на поточний контроль за всіма змістовими модулями, 25 (максимально) відсотків балів на підсумковий контроль (захист представленої роботи). До підсумкового контролю допускаються студенти, які набрали у сумі за всіма змістовими модулями 45 і більше відсотків балів від загальної кількості. Критерієм оцінювання на цьому етапі є якість виконання курсової роботи і належно оформленої записки та графічної частини.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навч. посібник. Львів: Світ, 2001. 232 с.
2. Гунько І.В. Аналіз технологічних систем. Обґрунтування інженерних рішень: навч. посіб. / І.В. Гунько, О.О. Галушак, С.М. Кравець. Вінниця: ВНАУ, 2019. 216 с.
3. Томашевський В.М. Моделювання систем. К: Вид. група ВНУ, 2005. 352 с.
4. Смолінський С.В. Моделювання робочих процесів і машин: Навчальний посібник / С.В. Смолінський. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2020. – 181 с.
5. Комп'ютерне моделювання: системи і процеси: підручник / І. В. Кравченко, В.І. Микитенко, Г.С. Тимчик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 225 с.
6. Моделювання систем: конспект лекцій / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. Харків: Вид. ХНЕУ, 2010. – 268 с.
7. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи: підручник / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с.
8. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
9. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с.
10. Вергунова І.М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. – К.: Нора - Прінт, 2000. – 146 с.
11. Єщенко О.А. Моделювання технологічних систем: Конспект лекцій для студ. спец. 7.05050313, 8.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. і заочн. форм навчання / О.А. Єщенко, С.Ю. Лементар, Ю.Г. Змієвський, Д.В. Риндюк. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с.

12. Кушніров П. В. Системно-структурне моделювання технологічних процесів і систем: навчальний посібник / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. – Суми: Сумський державний університет, 2023. – 134 с.
13. Основи роботи і вирішення задач сільського господарства в середовищі електронних таблиць EXCEL / І.Ю. Леснікова, Є.М. Харченко. – Дніпропетровськ: Пороги, 2002. - 147 с.
14. Хусаїнов Д.Я. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник / Д.Я. Хусаїнов, І.І. Харченко, А.В. Шатирко. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010. 132 с.
15. Великодний С.С. Моделювання систем: конспект лекцій. Одеський державний екологічний університет, 2018. – 186 с.
16. Польовий, А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем : [підручник] / А. М. Польовий; МОН України; Одес. держ. еколог. ун-т. – Одеса : Екологія, 2013. – 432 с.
17. Кінцево-елементне моделювання в інженерних розрахунках: Підручник / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, Нац. ун-т харч. вир-в, Ін-т техн. теплофізики НАН України ; Н.М. Лавріненко, В.О. Сукманов, А.О. Авраменко, А.І. Українець, Д.С. Афенченко, А.В. Шульга. – Донецьк: ДонНУЕТ, Норд-Прес, 2008. – 668 с.
18. Understanding Discrete Element Method [Режим доступу: <https://www.ansys.com/blog/what-is-discrete-element-method>]
19. Lyashuk Oleg, Stashkiv Mykola, Palaniza Yuri, Khoroshun Roman and Mironov Dmytro (2024). Fourier Model Fitting for Vibration Analysis of Car Wheel Suspension Enhanced Damping System. The 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2024 (ITTAP 2024). Vol. 3896, 146-164.
20. Lyashuk, Oleg; Diachun, Andrii; Tkachenko, Ihor; Stashkiv, Mykola; Babii, Andrii; Pankiv, Maria; Babiak, Zhanna; Marunych, Alexander; Lakh, Oleg; Starikh, Artur. Investigation of the bulk material movement kinematics in conical

screw conveyor. INMATEH - Agricultural Engineering, 2024, Vol 74, Issue 3, 724. DOI: 10.35633/inmateh-74-65.

21. Stashkiv Mykola (2023). Field Test Data Processing for the Implementation of Accelerated Rig Test of Sprayer Booms. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023). Vol. 3628. 690-701.
22. Lyashuk Oleg, Stashkiv Mykola, Lytvynenko Iaroslav, Sakhno Volodymyr, Khoroshun Roman (2023). Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023). Vol. 3628. 500-512.
23. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172.
24. Stashkiv Mykola, Pidgurskyi Ivan, Pidluzhnyi Oleh, Pidgurskyi Mykola, Levkovych Mykhaylo, Skliarov Ruslan, Mushak Andriy (2022). Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method // Scientific Journal of TNTU. – Ternopil: TNTU, 2022. – Vol. 108. – No 4. – P. 89 – 102.
25. Hud, V.; Lyashuk, O.; Hevko, I.; Ungureanu, N.; Vladut, N.-V.; Stashkiv, M.; Hevko, O.; Pik, A. Enhancement of Agricultural Materials Separation Efficiency Using a Multi-Purpose ScrewConveyor-Separator. Agriculture 2023, 13, 870. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040870>
26. Сташків М.Я. Застосування цифрової симуляції для дослідження процесів масообміну в аграрному виробництві / М.Я. Сташків, І.М. Підгурський, А.Й. Матвійшин // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича. Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – С. 59 - 60.

27. Сташків М. Дискретно-елементне моделювання взаємодії корпусу відвального плуга з ґрунтом / М. Сташків, Р. Булаєнко, І. Борис. // Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимотія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 111-112.
28. Сташків М. Модальний аналіз штанги широкозахватного польового обприскувача / М. Сташків, М. Підгурський, І. Підгурський, І. Борис // Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимотія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – с. 145 - 146.
29. Сташків М. Моделювання переміщення наливних вантажів при перевезенні автомобільним транспортом / М. Сташків, О. Цьонь, В. Антонюк // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. – С. 111 – 112.
30. Сташків М.Я. Моделювання роботи розпилювача польового штангового обприскувача / М. Я. Сташків, Р. О. Булаєнко, І. М. Борис // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів. Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 113 – 114.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

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

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

КУРСОВА РОБОТА

з Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем
(назва дисципліни)

на тему: _____

Студента (ки) _____ курсу _____

групи _____

спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль – 20__

ДОДАТОК Б

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

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

Дисципліна Аналіз та моделювання технологічних процесів і систем

Спеціальність 208 Агроінженерія

Спеціалізація _____

Курс I Група МГм Семестр I

ЗАВДАННЯ на курсову роботу

Студентові Петренку Степану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) _____

Вступ.

1. Теоретична частина

2. Моделювання об'єкта дослідження

Загальні висновки.

Перелік використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу, якщо передбачено _____

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник роботи

(підпис)

(вчений ступінь, посада, прізвище, ім'я, по батькові)