

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Обґрунтування параметрів робочих органів

картоплезбирального комбайна КПБ-1

(комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МСм-61
спеціальності _____

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Буласнко В.О.
(прізвище та ініціали)

(підпис) Буласнко Р.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Сташків М.Я.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Сташків М.Я.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Бабій А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) Дзюра В.О.
(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

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

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

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Булаєнко Вікторії Олегівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів робочих органів
картоплезбирального комбайна КПБ-1

Керівник роботи Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » вересня 2021 року № 4/7-803

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи тип машини – причіпний однорядний картоплезбиральний комбайн;
питомий опір ґрунту – 45 кН/м^2 ; рельєф поля – рівний; ухил поля – 3^0 ;
ширина захвату машинно-тракторного агрегату – 0,5 м; агрегування з трактором класу 1,4 кН;
робоча швидкість агрегату – 5 км/год; продуктивність – 0,4 га/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки (2.2. Розрахунок котків-ущільнювачів; 2.3. Розрахунок підрізаючих дисків; 2.4. Розрахунок підкопуючого лемеша; 2.5. Розрахунок відкидних пальців; 2.6. Визначення продуктивності картоплезбирального комбайна). 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки (3.2.2. Розробка дискретно-елементної моделі ґрунтового каналу; 3.3.1. Дослідження взаємодії котка-ущільнювача з ґрунтом; 3.3.2. Дослідження взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом). 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях (4.1.1. Забезпечення безпеки праці при експлуатації сільськогосподарських машин; 4.2.1. Структура та завдання безпеки життєдіяльності). Загальні висновки

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

1. Комбайн картоплезбиральний причіпний бункерний. Технологічна схема (1А1).

2. Диск відрізний. Підкопуючий пристрій. Складальне креслення (2А2);

3. Пристрій прикочувальний. Складальне креслення (1А1). 4. Деталювання (1А1).

5-6. Дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом (2А1).

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

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Булаенку Руслану Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів робочих органів
картоплезбирального комбайна КПБ-1

Керівник роботи Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » вересня 2021 року № 4/7-803

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи тип машини – причіпний однорядний картоплезбиральний комбайн;
питомий опір ґрунту – 45 кН/м^2 ; рельєф поля – рівний; ухил поля – 3^0 ;
ширина захвату машинно-тракторного агрегату – 0,5 м; агрегування з трактором класу 1,4 кН;
робоча швидкість агрегату – 5 км/год; продуктивність – 0,4 га/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки (Визначення тягового опору картоплезбирального комбайна; Визначення необхідної потужності для роботи комбайна; Вибір енергетичного засобу;

Розрахунок опорних коліс; Розрахунок на міцність рами лемеша). 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки (3.2.1. Розробка САД - моделей викопуючих робочих органів комбайна КПБ-1 3.3.3. Дослідження взаємодії лемеша з ґрунтом; 3.3.4. Дослідження взаємодії з ґрунтом комплексу викопуючих робочих органів). 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях (4.1.1. Забезпечення безпеки праці при експлуатації сільськогосподарських машин; 4.2.1. Структура та завдання безпеки життєдіяльності). Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1-3. Комбайн картоплезбиральний причіпний бункерний. Складальне креслення (3А1).

4. Деталювання (1А1).

5. Дослідження взаємодії підкопуючого лемеша з ґрунтом (1А1).

6. Дослідження взаємодії комплексу робочих органів з ґрунтом (1А1).

РЕФЕРАТ

Автори роботи – Булаєнко Вікторія Олегівна, Булаєнко Руслан Олексійович.

Тема роботи – „Обґрунтування параметрів робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1” (комплексна тема).

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (52 найменування), 10 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 103 сторінки, на яких є 3 таблиці, 41 рисунок. Додатки розміщені на 26 сторінках. Графічна частина складається з 12 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробітку ґрунту та ін. Тому одним із основних завдань дослідників системи «ґрунт-машина» є вивчення взаємодії робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору. Через просторову непостійність фізико - механічних властивостей ґрунту, його нелінійну поведінку, контактні та зсувні явища, що виникають на межі поділу «знаряддя – ґрунт», моделювання взаємодії у цій системі є складною науковою проблемою.

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 класичним методам наукових досліджень.

Мета роботи

Дослідження взаємодії з ґрунтом викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з обґрунтуванням їх основних параметрів.

Завдання дипломної роботи магістра:

- проаналізовано конструкції картоплезбиральних комбайнів;
- розглянуто конструкцію причіпного однорядкового бункерного картоплезбирального комбайна КПБ - 1;
- розраховано конструктивні та технологічні параметри картоплезбирального комбайна КПБ - 1;
- побудовано твердотільні CAD – моделі викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна: котка – ущільнювача, підрізаючих дисків та підкопуючого лемеша;

- побудовано дискретно – елементну модель ґрунтового середовища;
- комп'ютерними засобами інженерного аналізу проведено дослідження взаємодії викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна для кожного виду робочого органу індивідуально та у комплексі;
- досліджено напружено – деформівний стан елементів несучих конструкцій робочих органів картоплезбирального комбайна;
- розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Конструкція викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

Предмет дослідження. Взаємодія з ґрунтом викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, кінцевих елементів, дискретних елементів.

Наукова новизна отриманих результатів.

Шляхом розробки САД – моделей викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна (котка – ущільнювача, підрізаючих дисків та підкопуючого лемеша) та дискретно – елементної моделі ґрунтового середовища проведено дослідження імітаційної моделі взаємодії викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з ґрунтом, що дозволило отримати графічні залежності зміни в часі таких експлуатаційних параметрів як осьові складові зусиль взаємодії робочих органів з ґрунтом, частотні характеристики їх взаємодії, розподіл нормальних та тангенціальних контактних напружень, споживаної та питомої потужностей.

Отримані результати можуть бути використані, наприклад, для удосконалення конструкції викопуючих робочих органів картоплезбиральних комбайнів, встановлення шляхів оптимізації роботи комбайна, налаштування

техніко – експлуатаційних параметрів вузлів картоплезбирального комбайна з метою отримання максимальної продуктивності при найменших експлуатаційних затратах та ін.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані результати імітаційного моделювання взаємодії з ґрунтом викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна дозволяють забезпечити оптимальне налаштування вузлів комбайна, вибрати раціональну швидкість руху в залежності від урожайності та пропускної здатності викопуючих робочих органів забезпечуючи найбільш ефективну експлуатацію однорядкового причіпного картоплезбирального комбайна.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на II Міжнародній студентській науково – технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, ТНТУ, 25-26 листопада 2019 року), IV студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, ТНТУ, 28-29 квітня 2021 року); X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, ТНТУ, 24-25 листопада 2021 року).

Ключові слова: картоплезбиральний комбайн, викопуючі робочі органи, тяговий опір, потужність, продуктивність, техніко – експлуатаційні параметри, імітаційне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	14
1.1. Аналіз способів збирання картоплі.....	14
1.2. Вимоги до картоплезбиральних машин	18
1.3. Аналіз технічних засобів збирання картоплі	22
1.4. Аналіз конструкції робочих органів картоплезбиральних машин	28
1.5. Обґрунтування конструкції та функціональної схеми картоплезбирального комбайна	31
2. ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА	33
2.1. Опис конструкції картоплезбирального комбайна КПБ-1	33
2.2. Розрахунок котків-ущільнювачів.....	37
2.3. Розрахунок підрізаючих дисків.....	39
2.4. Розрахунок підкопуючого лемеша.....	42
2.5. Розрахунок відкидних пальців	45
2.6. Визначення продуктивності картоплезбирального комбайна	46
2.7. Визначення тягового опору картоплезбирального комбайна.....	48
2.8. Визначення необхідної потужності для роботи комбайна.....	48
2.9. Вибір енергетичного засобу.....	50
2.10. Розрахунок опорних коліс.....	51
2.11. Розрахунок на міцність рами лемеша	53
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	57
3.1. Обґрунтування методів дослідження	57
3.2. Розробка моделі об'єкту досліджень	60

3.2.1. Розробка САД - моделей викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1	60
3.2.2. Розробка дискретно – елементної моделі ґрунтового середовища	62
3.3. Аналіз результатів досліджень	63
3.3.1. Дослідження взаємодії котка-ущільнювача з ґрунтом	63
3.3.2. Дослідження взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом.....	67
3.3.3. Дослідження взаємодії лемеша з ґрунтом.....	71
3.3.4. Дослідження взаємодії з ґрунтом комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна	75
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	79
4.1. Безпека праці при експлуатації досліджуваної машини.....	79
4.1.1. Забезпечення безпеки праці при експлуатації сільськогосподарських машин	79
4.1.2. Техніка безпеки при експлуатації картоплезбирального комбайна КПБ-1	82
4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів.....	87
4.2.1. Структура та завдання безпеки життєдіяльності	87
4.2.2. Запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру	92
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	97
ДОДАТКИ	103

ВСТУП

Комплексну механізацію процесів картоплярства було здійснено ще у ХХ ст., але й тепер відбувається вдосконалення існуючих технологій та засобів виробництва картоплі. Це пов'язано, в першу чергу, з суттєвою частиною енерго- та працезатрат процесів збирання у виробництві картоплі (загальновідомі на сьогодні становлять 50-70%).

Згідно [9], в Україні площа під виробництво картоплі в середньому становить 1,6 млн. га, з них 95% (1,5 млн. га) – в селянських господарствах, де практично всі роботи (крім оранки) виконуються вручну із затратами праці понад 11 люд–год/ц. Решта площ (80–100 тис. га) знаходяться в великих господарствах.

Виходячи з потреб населення – 130 кг картоплі на особу, для споживання її потрібно виробляти близько 6,8 млн. т. На згодовування тваринам і технічні потреби потрібно близько 10 – 30 % (близько 2 млн. т.). Крім того на насіння потрібно вирощувати 25% картоплі, або 2,2 млн. т.

Втрати картоплі на всіх стадіях (вирощування, збирання, зберігання) складають 30%, що становить 3,3 млн. т. Таким чином мінімальний валовий збір картоплі в Україні повинен бути не менше 14,3 млн. т [19].

При середній урожайності картоплі в Україні в межах 10-12 т/га посівних площ повинно бути близько 1,2 млн. га. На даний час у великих агрофірмах картоплю вирощують менш ніж на 100 тис га, а в особистих господарствах – на площі близько 1,5 млн. га, що становить майже 94% [19].

За останні роки площі під картоплю в спілках скоротились з 440 тис. га до 100 тис га, а в приватних господарствах збільшилися з 990 тис га до 1,5 млн. га за рахунок виділення площ під колективні городи, дачні ділянки та за рахунок утворення малих фермерських господарств [19].

Звичайно, при становищі, коли в малі господарства виробляють 94% картоплі, значну увагу держави потрібно спрямовувати на розвиток технологій

і засобів механізації саме в приватному секторі, який характеризується наявністю невеликих посівних площ (0,05 – 2 га).

Якщо на великих площах спеціалізованих агрофірм є можливість механізувати практично всі технологічні операції вирощування та збирання картоплі та довести затрати праці до 0,2–0,5 люд.-год на 1 центнер продукції, то на невеликих площах малих фермерських господарств (в кілька сотих гектара) рівень механізації, як правило, є недостатнім, а затрати праці становлять 12–15 люд.-год/ц, що в 25–75 разів більше ніж для виробництва картоплі в умовах спеціалізованих агрофірм.

Світовий досвід експлуатації одно- та дворядних машин для виробництва картоплі досить суттєвий. На базі цього досвіду можна створювати ефективні машини і цим значно підвищити ефективність виробництва картоплі.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

1.1. Аналіз способів збирання картоплі

Цикл картоплезбиральних операцій є найбільш трудомістким із всіх циклів технологічного процесу вирощування картоплі.

Специфічні особливості механізації збирання картоплі пов'язані з тим, що коренеплоди цієї культури знаходяться під поверхнею ґрунту. Існує два способи збирання коренебульбоплодів: теребленням (витягуванням) коренеплодів за бадилля та їх підкопуванням разом з ґрунтовим пластом.

Оскільки процес збирання бульби з ґрунту методом тереблення практично здійснити важко, то робота картоплезбиральних машин базується на принципі викопування гнізд бульби разом з ґрунтом. Характер розташування урожаю бульби в землі зумовлює необхідність забирати разом з бульбою значну кількість ґрунту. При цьому виникає задача сепарації бульби від ґрунту та різноманітних домішок.

Незалежно від виду застосовуваних засобів механізації, технологічний процес збирання картоплі містить, як правило, такі операції: викопування бульби, відокремлення бульби від ґрунту, відривання бадилля від бульби, видалення м'яких домішок (бадилля та рослинних домішок), відділення твердих домішок (камінців та грудок ґрунту), завантаження бульби в тару чи транспортні засоби. Додатковою операцією може бути сортування бульби на фракції.

Для запобігання забивання робочих органів як начіпних машин так і причіпних комбайнів при збиранні картоплі з сильно розвинутим бадиллям його попередньо видаляють хімічним або механічним способом, що полегшує роботу не тільки машин, а робітників, що задіяні у немеханізованому процесі підбирання бульб після картоплекопачів.

На даний час практичне застосування мають три основних види технологічних процесів збирання:

1. Викопування бульб картоплекопачами з вкладанням їх на поверхню поля і подальшим ручним збиранням;
2. Збирання картоплекопачами, які оснащені робочими столами, на яких здійснюється ручне сортування картоплі та пакування її у тару;
3. Збирання комбайнами.

При останньому способі розділяють три варіанти: пряме комбайнування, роздільне (двофазне) комбайнове збирання (підбір комбайнами валків, попередньо вкладених на поверхню картоплекопачами) і збирання комбінованим способом.

Комбінований спосіб використовують в основному на легких ґрунтах. Він дозволяє значно підвищити продуктивність картоплезбиральних комбайнів. При цьому способі картоплекопач-валкоукладач викопує один - два рядки картоплі, частково відділяє бульби від ґрунту, каміння та рослинних решток і вкладає картоплю в валок між двома сусідніми рядками.

Картоплезбиральний комбайн, що рухається за копачем, підкопує незбирані рядки картоплі і одночасно підбирає валок, розташований між цими рядками, здійснює доочищення бульби і завантаження її в транспортні засоби. Таким чином, за один прохід комбайн обробляє бульби картоплі з чотирьох рядків, за рахунок чого підвищується продуктивність. Але використовувати комбінований спосіб можна тоді, коли комбайн задовільно працює при прямому комбайнуванні.

Роздільний спосіб доцільно використовувати в умовах підвищеної вологості. Картоплекопач викопує бульби, частково відділяє від них ґрунт і вкладає бульби в валок. В валках бульби підсихають і проходять стадію світлового гартування. Потім картоплезбиральний комбайн підбирає бульби з валка, доочищає їх і завантажує їх в транспортні засоби.

На даний час на території України основну масу картоплі вирощують дрібні приватні господарства по 0,05–0,5 га. І хоча майбутнє виробництва

картоплі, звичайно, за великими спеціалізованими господарствами, для яких розробляються сучасні технології та засоби картоплярства, але приватні господарства все ще матимуть перевагу в картоплярстві України.

Виробництво картоплі у господарствах різних категорій у період з 1990 по 2007 рр. подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Виробництво картоплі за категоріями господарств
(зібрана площа, тис.га, валовий збір, тис. тон)*

Господарства	Роки							
	1990		1995		2000		2007	
	Площа	Валовий збір	Площа	Валовий збір	Площа	Валовий збір	Площа	Валовий збір
Всі категорії господарств	1432,7	16732,4	1530,6	14729,4	1631,0	19838,1	1453,3	19102,0
у т. ч. с. г. підприємства	425,9	4793,6	112,3	618,5	25,4	276,7	21,6	388,5
господарства населення	1006,8	11938,8	1418,3	14110,9	1605,6	19561,4	1431,7	18713,5

*за даними Державного комітету статистики України

В таблиці 1.2 наведені результати розрахунків ефективності виробництва картоплі в Україні.

Таблиця 1.2

Показники ефективності виробництва картоплі в Україні (на 1.09.2016)

Показники	Умови виробництва		
	Полісся	Лісостеп і Степ	Полісся (з поставкою в Лісостеп і Степ)
Урожайність, т/га	35	15	35
Затрати праці, люд.-год/т	1,8	5,8	3,4
Затрати пального, кг/т	7,8	25,4	25,2
Затрати коштів на додатковий комплекс спеціальних машин, млн. грн. на весь обсяг щорічно	–	300	–
	–	43	–

Для збирання картоплі на сьогоднішній день широко використовуються, як правило, причіпні чи напівпричіпні одно-, дво-, три- і чотирирядні комбайни

На рис. 1.1 подано їх техніко-експлуатаційні показники. Графіки побудовані за результатами випробувань, поданих у [9].

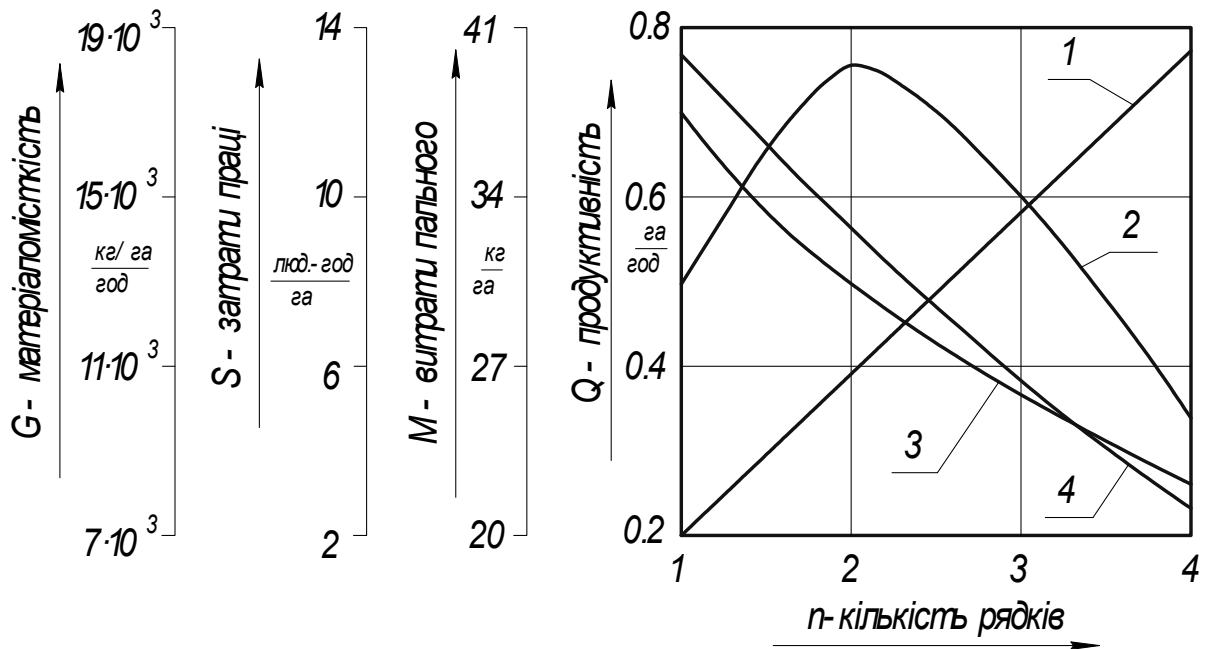


Рис. 1.1. Залежність техніко-експлуатаційних показників картоплезбиральних комбайнів від їх рядності n :

- 1 – продуктивність Q ; 2 – витрати пального M ;
- 3 – затрати праці S ; 4 – матеріаломісткість G .

Із рис. 1.1 бачимо, що із збільшенням рядності комбайнів їх техніко-експлуатаційні показники підвищуються, хоча на практиці використовують, в основному, одно- і дворядні комбайни. Це пов'язано з підвищенням складності конструкції багаторядних картоплезбиральних комбайнів.

На території України ефективними могли б бути такі напрямки розвитку механізації картоплярства [9]:

- картоплю вирощувати на легких за механічним складом ґрунтах, де фізико-механічні властивості дозволяють застосовувати найменшу кількість спеціальних машин з найпростішими робочими органами;

- при збиранні картоплі використовувати один подрібнювач бадилля та

один копач-навантажувач, а при роздільному або комбінованому збиранні – копач-валкоутворювач;

– забезпечити будівництво підприємств для зберігання і переробки картоплі у визначених для виробництва картоплі районах з постачанням картоплі в райони, де ця культура не вирощується.

Таким чином підвищення ефективності виробництва картоплі шляхом збільшення урожайності і зниження затрат ресурсів може бути досягнуто шляхом розробки нових і удосконалених технологічних процесів та машин для виробництва картоплі. Машини для збирання картоплі необхідно удосконалювати у напрямку зменшення маси та підвищення надійності [9].

1.2. Вимоги до картоплезбиральних машин

1.2.1. Агротехнічні вимоги до картоплезбирального комбайна

Продуктивність картоплезбирального комбайна за годину основного часу повинна бути не менша 0,15 га. Робоча швидкість повинна бути в межах 5 - 6,5 км/год, а транспортна до 20 км/год. Робоча ширина захвату, в залежності від ширини міжрядь, може бути 0,6 м, 0,7 м, 0,9 м.

Комбайн підкопує бульби при глибині їх залягання до 25 см.

Дорожній просвіт – не менше 300 м. Мінімальний радіус повороту (по зовнішньому сліду зовнішнього колеса трактора) – 3,2 м.

Ширина підкопування рядка лемешем не менше 0,4 м.

Мінімальна ширина міжрядь – 0,5 м.

Кількість одночасно підкопування бульб не менше 97%.

Кількість приспаних ґрунтом бульб не більше 3%.

Втрати бульб після проходу картоплезбирального комбайна не більше 5% (не більше 0,6 т/га). Після згрібання бадилля і рослинних решток та повторного підбирання бульб витрати не повинні перевищувати 3%. Бульби масою до 20 г у витрати не враховуються.

Спосіб збирання вибирають залежно від типу і вологості ґрунту, призначення, врожаю картоплі та встановлених термінів збирання. Поля з довжиною гонів менше 200 м і нахилом більше 5° для комбайнового збирання непридатні.

Кліматичне виконання комбайна – V, категорія розташування при експлуатації – I по ГОСТу 15150-69.

Конструктивна маса комбайна до 1500 кг.

Габаритні розміри в робочому і транспортному положенні однакові і становлять: довжина – до 4500, з карданним валом, і без нього до 4000 мм, ширина до 2000 мм і висота – до 2000 мм.

Картоплекопач повинен мати високі показники надійності і довговічності:

- коефіцієнт використання експлуатаційного часу – 0,65;
- коефіцієнт використання змінного часу – 0,65;
- коефіцієнт надійності і технологічного прогресу – 0,95;
- термін служби копача – 7 років;
- гарантійний термін служби – 2 роки;
- середній наробіток на відказ не менше 100 годин (без врахування відмов, які усуваються на місці використання за допомогою запасних частин);
- коефіцієнт готовності – 0,96.

При комбайновому збиранні чистота бульб має бути не менше 80%. Механічне пошкодження бульб при збиранні комбайнами не повинне перевищувати 10%, а картоплекопачами – 5%.

Комбайн картоплезбиральний причіпний бункерний однорядний призначений для підкопування рядків картоплі, відокремлення бульб від ґрунту шляхом сепарації на очисному механізмі транспортерного типу і подачі її в бункер для подальшого вивантаження в кагати на кінці гону з наступним підбиранням картоплі навантажувачами. Зони застосування комбайна – всі зони вирощування картоплі на невеликих площах індивідуальних господарств.

Машина повинна складатися із наступних основних частин і вузлів:

- рами, яка являється несучою конструкцією і призначена для встановлення на ній всіх основних і допоміжних органів картоплезбирального комбайна;
- притискаючого котка та підрізних дисків;
- підкопуючого робочого органу – лемеша;
- очисного механізму для відокремлення бульб від ґрунту;
- системи транспортерів для завантаження картоплі в бункер;
- привода від ВВП трактора;
- бункера із системою вивантаження картоплі.
- пристрою для копіювання поверхні поля та регулювання глибини підкопування.

Комбайн повинен бути причіпний і за допомогою гідравлічної системи трактора повинен переводитись з транспортного положення в робоче.

Підкопуючі робочі органи повинні мати регулювання глибини підкопування.

Конструкція комбайна повинна забезпечувати зручний і безпечний доступ до вузлів і деталей з метою проведення профілактичних робіт, а також заміни їх при виході з ладу.

Робочі органи комбайна повинні від'єднуватись від рами, а їх регулювання не повинно потребувати спеціальних інструментів.

Всі деталі кріплення (болти, гвинти, шпильки, гайки, шайби, шплінти), а також всі пружини повинні мати металічне антикорозійне покриття.

Зовнішній вигляд лакофарбових покриттів, що включає товарний вигляд машини, повинен відповідати V класу по ГОСТ 9.032-74. Вимоги до лакофарбових покриттів повинні відповідати ГОСТ 5.282-82.

Місця для змащування повинні вказуватись нанесенням стійкої фарби, яка відрізняється по кольору від загального кольору машини.

Фарбування комбайна в цілому і його складових частин зокрема повинно бути стійким до миючих засобів і мастил, які рекомендуються в експлуатаційній документації.

В комплектуванні комбайна передбачається комплект запасних частин.

До кожного комбайна повинні додаватись комплект інструментів, технічний опис та інструкція з експлуатації, паспорт.

1.2.4. Умови експлуатації (використання), вимоги до технічного обслуговування і ремонту

Комбайн повинен забезпечувати викопування картоплі на всіх видах ґрунтів при наступних умовах:

- твердість ґрунту не більше 1,4 МПа;
- вологість ґрунту 8 – 30%;
- температура ґрунту на глибині залягання бульб не нижча 10 °С;
- температура повітря +8°С;
- при урожайності картоплі до 0,6 т/га наявність бур'янів - до 1,5 т/га;
- засміченість ґрунту камінням розміром до 50 мм не більше 8 т/га (загальною масою);

- глибина залягання нижніх бульб до 20 см;
- ширина міжрядь не менше 50 см;
- поперечний нахил поля до 6%;
- довжина гонів 200 і більше метрів;
- комбайн повинен агрегатуватися з трактором класу 0,6-0,9;
- орієнтований обсяг робіт за сезон 100 га.

1.3. Аналіз технічних засобів збирання картоплі

Повна механізація збирання картоплі забезпечує викопування бульб, розділення вороху картоплі і виконання завантажувально-розвантажувальних робіт без використання ручної праці. Найбільш важковирішувальна і важлива задача – розділення вороху картоплі, полягає у відділенні від бульб дрібних грудок, бадилля, бур'янів.

В сучасних картоплезбиральних машинах широко використовується спосіб сепарації, що базується на різниці механічних властивостей бульб картоплі і грудок ґрунту: розділення за різницею геометричних розмірів (довжина, ширина, товщина); розділення з врахуванням різниці форми або коефіцієнта опору кочення по робочих органах машини; розділення за різницею властивостей поверхні, тобто з урахуванням різниці коефіцієнта тертя ковзання тощо.

Вибір засобу механізації визначається конкретними умовами господарства, типом ґрунту, вологістю його в період збирання, розміром і рельєфом полів, наявністю на них каміння, загальною площею зайнятої під картоплю, врожайністю картоплі і ін.

Наприклад комбайн доцільно використовувати на полях з легкими і середніми ґрунтами і високою врожайністю бульб, а картоплекопачі роторного чи просіваючого типу – на малих ділянках з перезволоженим ґрунтом. За характером технологічного процесу картоплезбиральні машини бувають:

- копачі (рис. 1.2, а) підкопують рядки картоплі, порушують зв'язок кущів з ґрунтом і частково виносять бульби картоплі на поверхню поля. Затрати праці на підбір бульб після підкопу їх копачами складають 190-250 людино·год/га. Втрати бульб в ґрунті – 30%.
- картоплекопачі роторного типу (рис. 1.2, б) викопують кущі і розкидають бульби і ґрунт із рядка вбік, перпендикулярно до ходу машини на відстань до 3,5 м. Після проходу копача утворюється смуга шириною 1,5 – 3 м на поверхні якої міститься основна маса бульб. Бригаду підбирачів (13 – 18 чел.) розміщують так, щоб кожний робітник обслуговував ділянку довжиною 15 – 25 м.

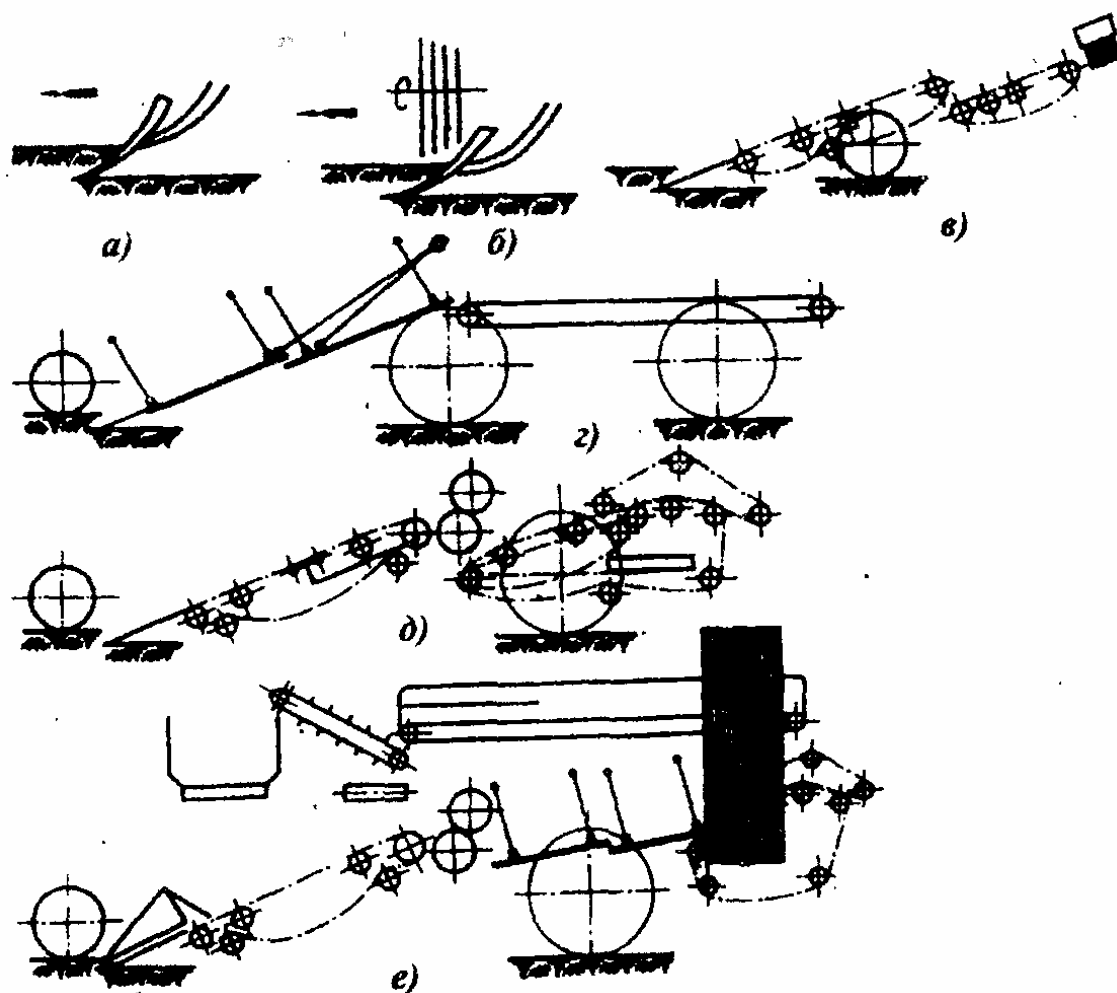


Рис. 1.2. Принципові схеми основних типів картоплезбиральних машин:
 а – копачі лемішного типу; б – копачі роторного типу; в – картоплекопачі просівуючого типу; г – картоплекопачі з причіпними перебірними столами;
 д – картоплекопачі – валкоукладачі; е – картоплезбиральні комбайни.

Затрати праці на підбирання картоплі після копачів роторного типу на 20 – 20% більші, ніж після картоплекопачів просіваючого типу. В СНД найбільш широко їх використовують в північно-західних районах. За кордоном машини цього типу використовують головними чином в Скандинавських країнах.

Картоплекопачі просіваючого типу (рис. 1.2, в) підкопують рядки і переміщують підкопаний шар ґрунту на сепаруючі робочі органи. Сепаруючі органи найчастіше використовують двох основних типів: пруткові елеватори (картоплекопачі ТЕК – 2, КТН – 2, КТН – 2Б) і копачі-грохоти (картоплекопачі КГ – 2 і КВН – 2М).

Картоплекопач швидкісний тракторний дворядний КСТ-1,4 (рис. 1.3) напівначіпний елеваторного типу призначений для викопування картоплі, часткового відокремлення бульб від ґрунту і вкладання на поверхні поля.

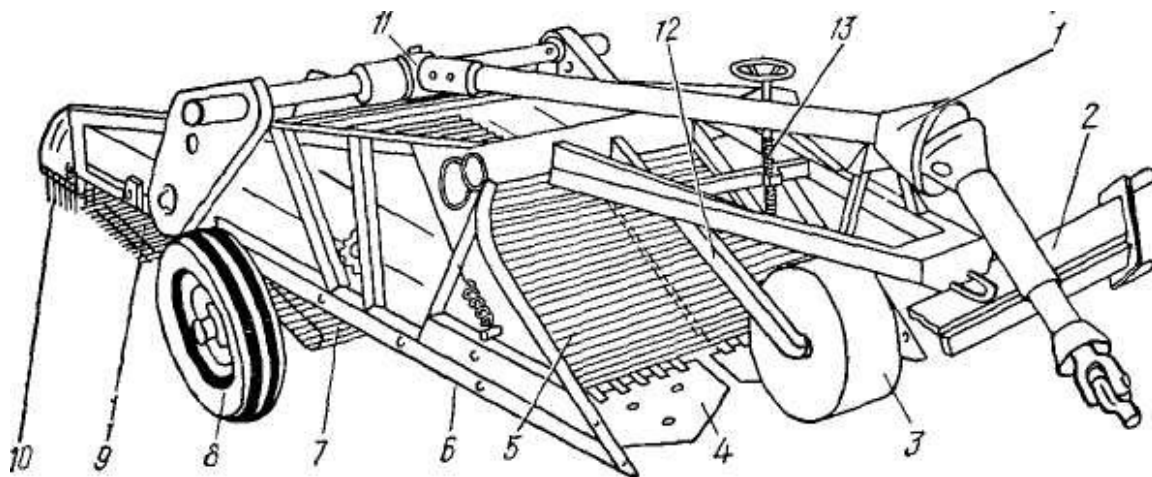


Рис. 1.3. Картоплекопач швидкісний КСТ-1,4:

- 1 – карданна передача; 2 – поперечина начіпного пристрою; 3 – копіювальне колесо; 4 – леміш. 5 – швидкісний елеватор 6 –рама; 7 – основний елеватор; 8 – ходове колесо; 9 – каскадний елеватор; 10 – відбивач; 11 – редуктор; 12 – рамка копіювального колеса; 13 – гвинтовий механізм.

Основними складальними одиницями картоплекопача КСТ-1,4 (рис. 1.3) є рама 6, ходові колеса 8, копіювальне колесо 3, лемеші 4, швидкісний елеватор 5, основний елеватор 7, каскадний елеватор 9, відбивач 10 та передавальні механізми. Ходові колеса мають пневматичні шини.

Робочі органи картоплекопача приводяться в рух від ВВП трактора через карданну передачу, редуктор і ланцюгові передачі.

Працює картоплекопач КСТ-1,4 так (рис. 1.4). Під час переміщення по полю лемеші 2 підрізають два рядки і спрямовують скибу на швидкісний елеватор 3.

За рахунок того, що його швидкість більша, ніж поступальна швидкість агрегату, відбуваються більш інтенсивне розривання пласта і сепарація ґрунту.

Із швидкісного елеватора маса надходить на основний елеватор 4, де бульби відокремлюються від ґрунту. Вони і та частина ґрунту, що лишилася на основному елеваторі, подаються на каскадний елеватор. Останній спрямовує їх на поверхню поля, а гребінки 7 звужують валок бульб до ширини 60–90 см.

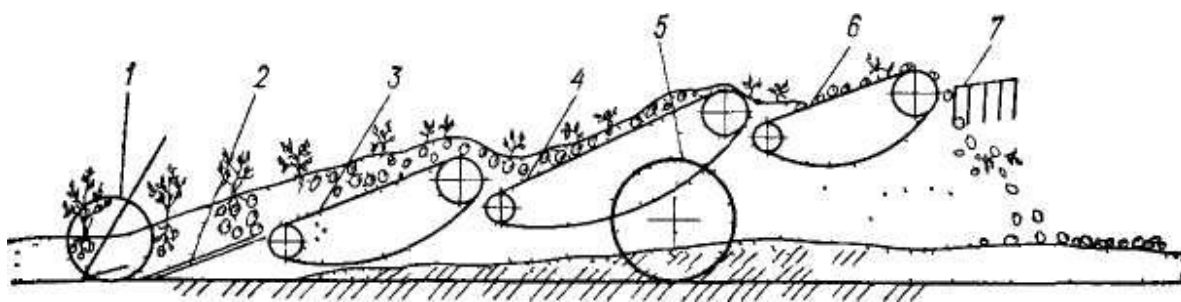


Рис. 1.4. Функціональна схема швидкісного картоплекопача КСТ-1,4:
1 – копіювальне колесо, 2 – леміш; 3 – швидкісний елеватор, 4 – основний елеватор; 5 – ходове колесо, 6 – каскадний елеватор, 7 – гребінки.

Картоплекопачі з причіпними переборними столами (рис. 1.2, г) дозволяють отримати кондиційну картоплю шляхом перебору бульб робітниками і тарування їх в мішки чи корзини з допомогою відповідних пристроїв. Перевагою таких картоплекопачів на відміну від звичайних є полегшення умов праці робітників, а в порівнянні з картоплезбиральними комбайнами менші пошкодження бульб.

Картоплекопачі з причіпними столами особливо доцільно використовувати при збиранні картоплі, що йде на посадку та ранньої. Але такий спосіб збирання можливий лише в легких умовах. При використанні причіпних переборних столів в легких умовах втрати праці можуть бути зменшені на 20 – 30% в порівнянні з підбором бульб вручну з поверхні поля.

Картоплекопачі – валкоукладачі (рис. 1.2, д) на відміну від звичайних картоплекопачів, як правило, мають додаткові пристрої для видалення бадилля із машини і поперечні транспортери, що дозволяють вкладати бульби в вузький рядок з двох, чотирьох або шести рядків. Прикладом такої машини є картоплекопач УКВ – 2.

Універсальний картоплекопач-валкоутворювач елеваторний УКВ-2 (У – універсальний, К – картоплекопач, В – валкоутворювач, 2 – кількість оброблюваних рядків) призначений для роздільного і комбінованого збирання картоплі з міжряддями 60 та 70 см на гребневих та рівних площах. Під час двофазного збирання машина укладає бульби в один валок із двох, чотирьох і шести рядків. Валок потім підбирає картоплезбиральний комбайн, обладнаний спеціальним лемешем, або вручну. При комбінованому способі збирання машина укладає з двох чи чотирьох рядків бульби в міжряддя двох непідкопаних рядків, які потім збирають картоплезбиральним комбайном. Картоплиння в обох випадках укладаються окремо від бульб.

Агрегатують машину з тракторами класу 1,4 та 3,0.

Основними складальними одиницями картоплекопача УКВ-2 є: рама, що підтримується на колесах, лемеші, елеватор, грудкоподрібнювач, грохот, бадиллєвідокремлювач, поперечний транспортер та ложеутворювач. Робочі органи картоплекопача приводяться в рух від ВВП трактора.

Працює універсальний картоплекопач УКВ-2 так (рис. 1.5). Під час переміщення копача по полю лемеші 2 підрізують скибу з двох суміжних рядків картоплі і спрямовують усю її на основний елеватор 3. З боків скиба відрізається активними боковинами 1, які в період роботи коливаються з амплітудою 12 мм.

Основному прутковому елеватору час роботи надається коливний рух струшувачем 4.

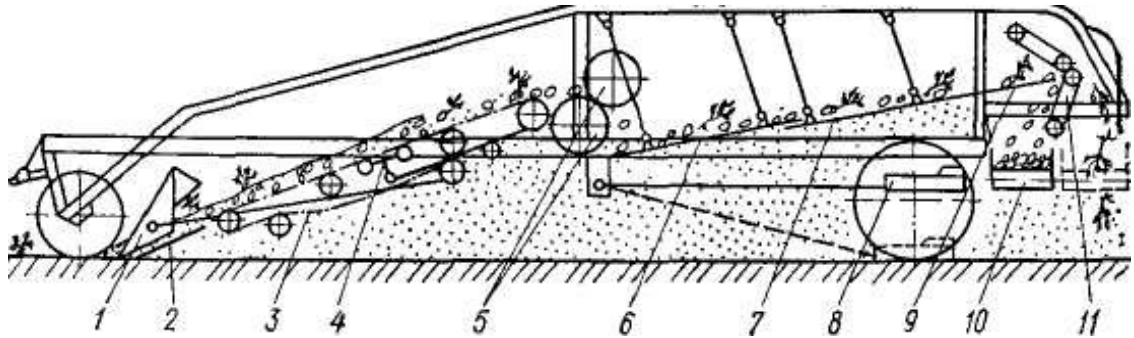


Рис. 1.5. Функціональна схема універсального картоплекопача-валкоутворювача УКВ-2:

- 1 – активна боковина; 2 – леміш; 3 – основний елеватор; 4 – струшувач;
 5 – грудкоподрібнювач; 6 – перше решето грохота; 7 – друге решето грохота; 8 – ложеутворювач; 9 – пруткова решітка; 10 – поперечний транспортер;
 11 – бадиллевідокремлювач.

Тут скиба руйнується, частина ґрунту і рослинних решток просіваються, а решта ґрунту, бульби з бадиллям спрямовуються до грудкоподрібнювача 5. З грудкоподрібнювача маса подається на перше решето 6 грохота, а з нього на друге решето 7. В кінці другого решета є пруткова решітка 9, яка розділяє масу, що сходить з другого решета, на дві частини. Між прутками проходять бульби та дрібні домішки й потрапляють на поперечний транспортер 10, а бадилля, переміщуючись по прутках, надходить до бадиллевідокремлювача 11 і виноситься з машини.

При підборі бульб вручну за машиною такого типу затрати праці знижуються на 30 - 50% в порівнянні з підбором картоплі за звичайним картоплекопачем, а при підборі комбайном затрати праці знижуються на 40 – 50% в порівнянні з прямим комбайнуванням.

Картоплезбиральні комбайни (рис. 1.2, є) здійснюють підкопування рядків, відділення бульб від ґрунту, бадилля та інших домішок і накопичення бульб в тару. Комбайни є найбільш ефективними машинами для збирання картоплі, що дозволяють навіть при наявності трьох – шести робітників, що

обслуговують переборний стіл, знизити витрати праці в порівнянні з ручним підбором після картоплекопачів в 3 – 4 рази.

Проаналізувавши різні технології збирання картоплі та конструкції картоплезбиральних машин можна зробити наступний висновок. Машина для збирання картоплі в умовах малих приватних господарств повинна мати нескладну конструкцію, можливість агрегатуватись з тракторами малого класу, хорошу маневреність, що дуже важливо при збиранні картоплі на малих ділянках, мати добрі показники щодо затрат праці та якості зібраної картоплі. Такими машинами є прості копачі, копачі роторного та просівального типів.

1.4. Аналіз конструкції робочих органів картоплезбиральних машин

Типи, конструкція та параметри робочих органів картоплезбиральних машин встановлюються виходячи з розташування бульби у ґрунті, форми та розмірів бульби та гички. Крім того, різні робочі органи мають різну механічну дію на бульбу картоплі.

При збиранні робочі органи діють і на ґрунт, в якому знаходиться бульба. Тому для проектування робочих органів, особливо підкопуючих та сепаруючих, необхідно враховувати фізико-механічні властивості ґрунту [16].

У конструкції картоплезбирального комбайна будь-якого типу повинні міститись такі робочі органи: підкопуючі, бадиллевідокремлювальні, грудкоруйнуючі та сепаруючі робочі органи.

Підкопувальні робочі органи. Залежно від характеру дії на шар підкопувальні робочі органи поділяються на пасивні, активні й комбіновані; залежно від форми – на плоскі, секційні й коритоподібні (рис. 1.6).

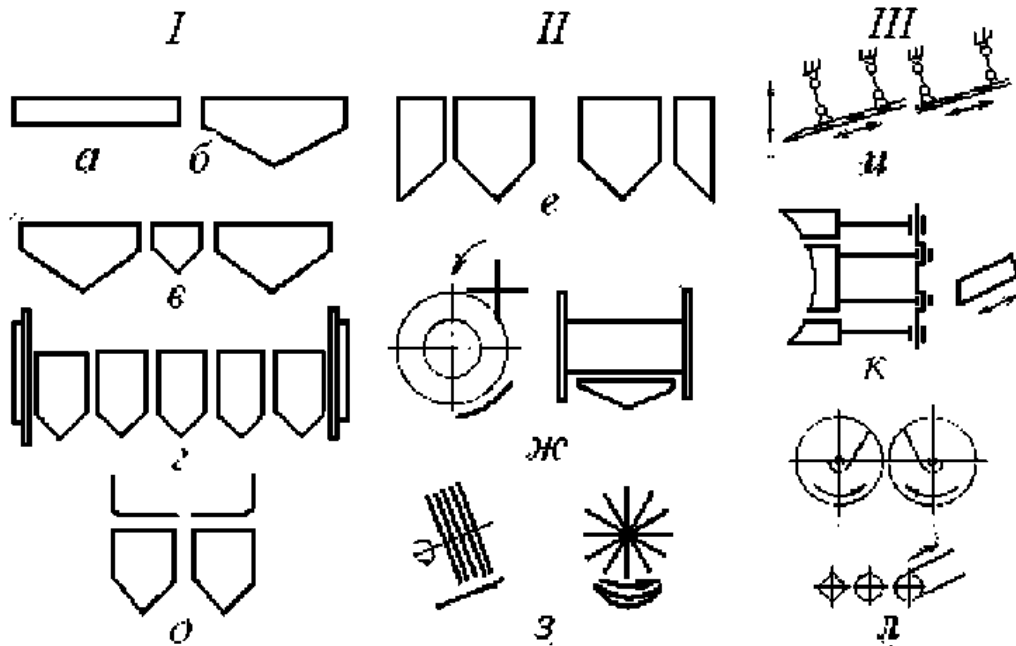


Рис. 1.6. Основні типи підкопувальних робочих органів:

I - пасивні, II - комбіновані, III – активні.

Плоский прямиий леміш (рис. 1.6, а) застосовують на зв'язних ґрунтах у разі відсутності бур'янів. На пухких і засмічених ґрунтах використовують плоский леміш трикутної форми (рис. 1.6, б). Для зменшення кута у і глибини підкопування шару в двохрядковій машині іноді встановлюють третю, середню, секцію (рис. 1.6, в). З метою запобігання випадання бульб набік збоку від секційних лемешів встановлюють дискові ножі (рис. 1.6, г).

Коритоподібний леміш утворюється із двох секцій (рис. 1.6, д). Недоліком цих лемешів є налипання ґрунту в закругленнях під час роботи на вологих липких ґрунтах.

Широке застосування знайшов комбінований робочий орган, що має у своєму складі пасивні плоскі секційні лемеші й активні коливні боковини (рис. 1.6, е). Дисковий грядкопідійомник складається із лемеша та барабана із закріпленими на ньому з боків дисками (рис. 1.6, ж). Перевагами цього робочого органа є підйом шару на значну висоту, підкопування тільки самого рядка, відсутність розвалювання шару з боків.

Застосовують також комбіновані робочі органи, які складаються із лемеша й кидального ротора, що скидає шар на поверхню поля або на сепарувальний робочий орган (рис. 1.6, з).

Як активний коливальний леміш звичайно використовують передню кромку коливального грохота (рис. 1.6, и). Відмітною особливістю коливного лемеша є самоочищення леза й активне пересування шару лемешем за будь-якого стану ґрунту. Такий леміш дозволяє підкопувати і транспортувати тонкий шар ґрунту і підбирати валки. Деяким недоліком коливного лемеша є пилкоподібний характер траєкторії руху леза, що спричиняє необхідність занурювати його глибше від пасивного. На рис. 1.6, є показаний активний леміш для елеваторних машин. Перевагою робочого органа (рис. 1.6, л) є примусове транспортування підкопаного шару і можливість звуження потоку підкопаного матеріалу. Робочій орган (рис. 1.6, м) дозволяє підкопувати шар малої товщини і підбирати бульби із валків.

Грудкоруйнуючі робочі органи. Картоплезбиральні машини мають у своєму складі робочі органи, які застосовують такі основні принципи руйнування грудок: попереднє руйнування грудок у грядках, руйнування грудок за допомогою статичного стиску всередині комбайна; динамічне руйнування грудок унаслідок ударної дії.

Робочі органи першого й другого типу можуть бути об'єднані в одну групу, оскільки в тих і других використовується статичний спосіб руйнування грудок.

Перші діють на весь шар, а другі – на тонкий ґрунтовий шар або на кожну грудку зокрема.

Для попереднього руйнування грудок у грядках застосовують різних типів котки (рис. 1.7), які, як правило, виконують роль копіюючого пристрою, забезпечуючи задану глибину підкопування пласта. Котки ефективні лише тоді коли міцність грудок не перевищує 200 Н, їх можна руйнувати методом стиску.

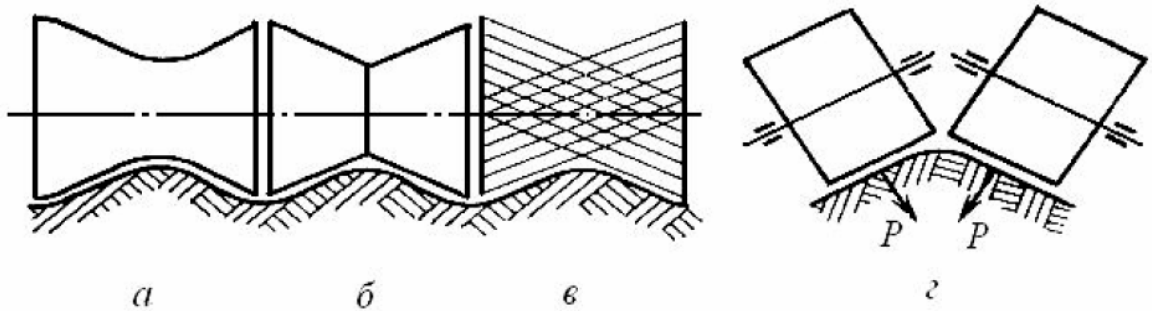


Рис. 1.7. Типи котків для руйнування грудок у грядках:

а – увігнутий; б – із двох зрізаних конусів; в – прутковий; г – обпресовуючий.

Для руйнування неміцних грудок у картоплезбиральних комбайнах застосовують пневматичні балони (вальці), а також пристрої, в яких пневматичні балони розташовані над стрічковим прогумованим транспортером. У цьому випадку грудки зазнають двократної дії й руйнуються інтенсивніше. Бульби картоплі дуже чутливі до ударної дії, тому динамічний спосіб руйнування грудок слід застосовувати обережно. Припустимою висотою падіння бульб на металеву решітчасту поверхню є 0,25 м. Динамічний спосіб руйнування можна застосовувати тільки в зоні підкопування, коли бульби захищені шаром ґрунту. Для динамічної дії на шар застосовують швидкісні елеватори, кидальні ротори, які розташовуються над лемешем, і розпушувальні барабани, що встановлюються між лемешем і основним елеватором.

1.5. Обґрунтування конструкції та функціональної схеми картоплезбирального комбайна

З огляду на пропозиції вітчизняних і зарубіжних виробників техніки, у [23] розраховано експлуатаційну потребу в комплексах машин для вирощування та збирання картоплі в господарствах зони Полісся на площі 1000 га (табл. 2).

Як видно з наведених в табл. 2 даних, до складу комплексів машин, обґрунтованих за критерієм мінімуму затрат робочого часу, входить в основному техніка виробників країн далекого зарубіжжя, а за критерієм мінімуму приведених витрат — вітчизняна техніка.

Використання комплексу машин, розрахованого за критерієм мінімуму затрат робочого часу (праці), дає можливість отримати лише менші затрати праці, але має значно більші капітальні вкладення і приведені витрати коштів. Тому для більшості картоплезбиральних господарств доцільно використовувати більш дешеву вітчизняну техніку.

Для малих приватних та фермерських господарств, що вирощують картоплю, актуальною та витребуваною на ринку є зорієнтована на цих споживачів проста, надійна, компактна, дешева конструкція комбайна, здатна механізовано виконувати основні операції технологій збирання – викопування, сепарацію, а також вивантаження в транспортний засіб або, що конструктивно значно простіше (а отже - дешевше) – підвезення в бункері-накопичувачі на край поля з вивантаженням в бурт чи тару для наступного сортування.

За розглянутих умов найбільш доцільною для комбайнового способу збирання в сучасних умовах роботи дрібних та середніх фермерських господарств стає конструкція комбайна, яка забезпечує виконання лише найбільш працемістких, операцій збирання – викопування, сепарації та перевезення вороху у бункері до краю поля. При цьому отримуємо базову конструкцію комбайна з мінімально потрібним набором робочих органів і найбільш придатну до модернізації та змінної доукомплектації різними типами робочих органів відповідно до вимог споживачів.

За результатами проведеного аналізу досліджень і публікацій можна зробити висновок, що для збирання картоплі в умовах невеликих фермерських господарств найбільш ефективним буде бункерний картоплезбиральний причіпний комбайн, призначений для 1-2 – рядкового збирання картоплі з шириною міжряддя 50-70 см. і агрегатується з тракторами класу 0,6-1,4 тс.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

2.1. Опис конструкції картоплезбирального комбайна КПБ-1

Конструкцію однорядного причіпного картоплезбирального комбайна КПК-1Б запропоновано та запатентовано авторами [25, 26] і детально описано у [35]. Після удосконалення модифікований комбайн отримав назву КПБ – 1.

Основними складальними одиницями комбайна (рис. 2.1) є рама 1, ходові колеса 2, опорний коток 3, пасивні копачі (два відрізні диски 4, два лемеші 5), сепаруючі робочі органи елеваторного типу (три пруткові транспортери: приймальний 6, передавальний Г-подібний 7, завантажувальний 11), приймальний 8 та відбійний 10 вальці, бадиллевловлювальні прутки 9, бункер 13 вантажопідйомністю 750 кг, причіпний пристрій, механізми привода та гідросистема.

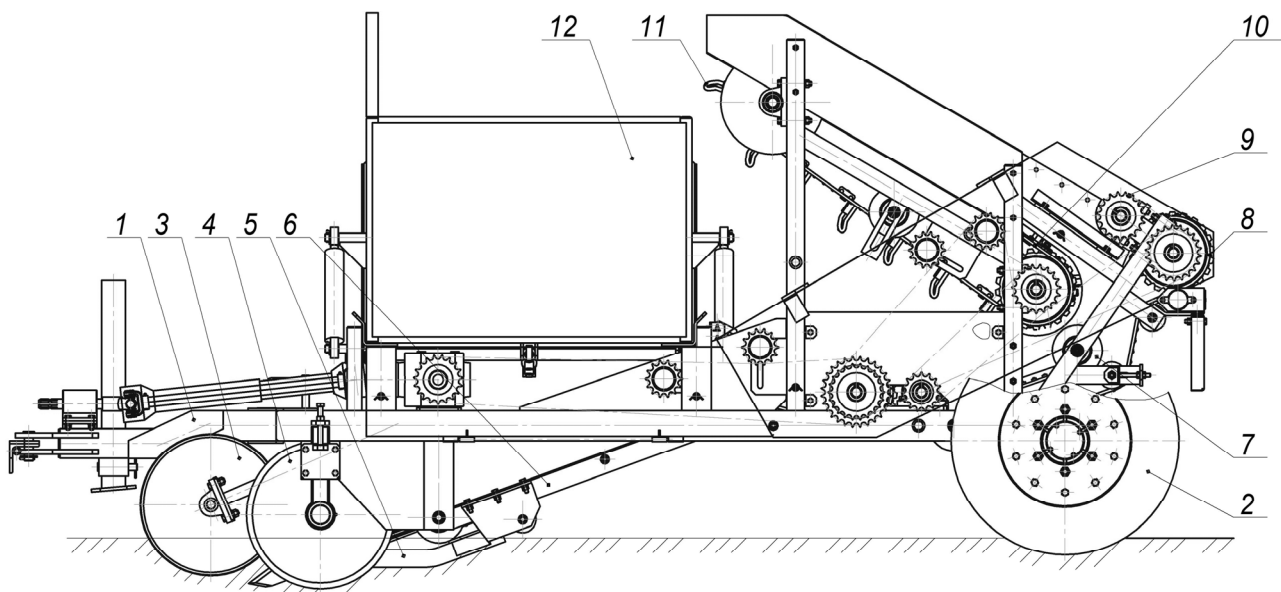


Рис. 2.1. Функціональна схема бункерного картоплезбирального комбайна:

- 1 – рама; 2 – ходові колеса; 3 – опорний коток; 4 – відрізні диски; 5 – лемеші;
6 – приймальний транспортер; 7 – передавальний транспортер; 8 – приймальний валець;
9 – бадиллевловлювальні прутки; 10 – відбійний валець; 11 – завантажувальний
транспортер; 12 – бункер.

Рама 1 приєднується до трактора через причіпний пристрій. Привід робочих органів (транспортерів, вальців) – від ВВП трактора (500 об/хв) через карданну передачу, редуктори, ланцюгові передачі. Комбайн має два ходових колеса 2, з яких праве по ходу руху можна переміщувати для роботи на заданій ширині міжрядь.

Опорний коток 3 має форму порожнистого циліндра-катушки, закріпленого через вісь до шарнірних стійок рами. Під час роботи він копіює поверхню гребенів, утримує на заданій глибині підкопувальний леміш. При копіюванні гребінь приминається і такі вертикальні деформації дозволяють частково порушити зв'язки в структурі ґрунту гребеня ще до підкопування.

Кожен з двох відрізних плоских дисків 4 встановлений на осі з невеликим розхилом і кріпиться стійкою до рами. Два дзеркально-симетричні підкопувальні лемеші 5 мають трапецеподібну форму і в задній частині обладнані відкидними клапанами.

Клапани покращують просівання ґрунту, запобігають заклинюванню та пошкодженню прутків елеватора (приймального транспортера 6) твердими грудками та камінцями. Заглиблення в ґрунт дисків та лемешів регулюється. Бульбоносний шар ґрунту при викопуванні деформується по-горизонталі (стискається дисками) та по-вертикалі (підкопується лемешами), тобто в комбайн на сепарацію поступає скиба ґрунту з попередньо порушеними зв'язками в її структурі.

На приймальний транспортер 6 елеваторного типу припадає основна частка сепарації вороху – сепарація ґрунту та видалення бадилля. При цьому ворох переміщується вгору до приймального вальця 8 та передавального Г-подібного транспортера 7.

Для покращення сепарації вороху застосовуються бадиллєвловлювальні прутки 9 та приймальний валець 8.

Конструктивно передбачено, що завантажувальний транспортер 11 скребками 12 захоплює бульби з вигину передавального транспортера 7 та транспортує для завантаження у бункер 13.

Бункер-накопичувач 13 виконано у вигляді ящика, права стінка якого відкидається за допомогою гідроциліндра. Конструкцією комбайна передбачено бокове вивантаження зібраної в бункер картоплі по принципу роботи самоскида – гідропристрої відкривають праву стінку та нахиляють дно. При цьому картопля вивантажується на землю в бурт або місткість для проведення додаткового перебирання, сортування. Прийнята у конструктивному рішенні компактного комбайна порівняно невелика місткість бункера (750 кг) з відкидною бічною стінкою забезпечує: малі габарити машини (а отже, добру маневреність), незначне ущільнення ґрунту при роботі, бережливе висипання картоплі з малої висоти зі спрямуванням на низько розташовану поверхню.

Гідросистема комбайна складається із гідророзподільника, маслопроводів, гідроциліндрів для піднімання дна бункера та відкривання його бічної стінки.

Виконання робочого процесу. При роботі комбайна опорний коток 3 копіює рельєф гребеня, частково руйнуючи його, та задає глибину ходу лемешів 5. Відрізні диски 4 та підкопувальні лемеші 5 вирізають скиби з бульбоносного пласта ґрунту, формуючи їх та направляючи на приймальний транспортер 6 елеваторного типу.

Приймальний транспортер 6 просіює між прутками значну частину ґрунту, а за допомогою бадиллєвловлювальних прутків 9 з приймальним вальцем 8 відриває бадилля від бульб і скидає бадилля, інші затримані рослинні залишки та частинки ґрунту на викопане поле.

Бокове висипання бульб з бункера комбайна виконується з правого боку на поверхню поля у бурт або у місткість, після чого можна проводити додаткове перебирання чи сортування.

Загальний вигляд комбайна картоплезбирального причіпного бункерного КПБ-1 подано на рис. 2.2, а його технічні характеристики – у таблиці 2.1.

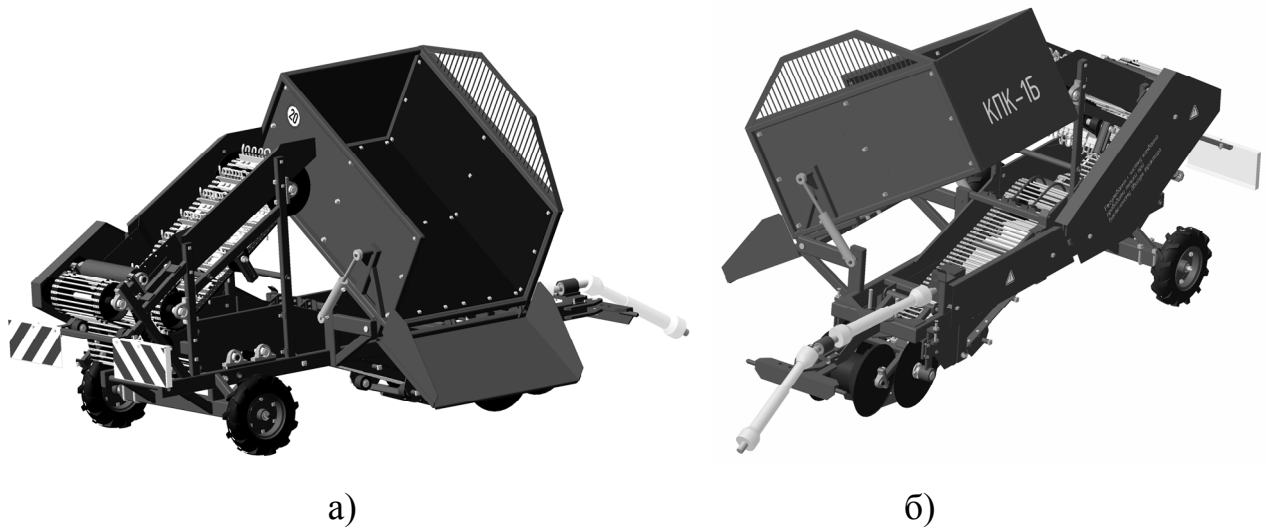


Рис. 2.2. Загальний вигляд картоплезбирального комбайна КПБ-1 :
 а – вигляд справа; б – вигляд зліва (за ходом комбайна).

Таблиця 2.1

Технічна характеристика комбайна картоплезбирального причіпного бункерного КПБ-1

Показник	Значення показника
Тип	1-рядний причіпний
Агрегування	Трактор класу 0,6-1,4 тс (Т-25, Т-35, Т-40, МТЗ-80, ЮМЗ-6)
Місткість бункера, т	0,75
Ширина міжряддя, мм	500...700
Робоча швидкість, км/год	5,0
Транспортна швидкість, км/год	20,0
Продуктивність, га/год	0,40
Глибина підкопування рядків, см	25
Габаритні розміри:	
- довжина, мм	4035
- ширина, мм	1875
- висота, мм	1930

2.2. Розрахунок котків-ущільнювачів

Приймаємо конструкцію котків – ущільнювачів у вигляді двох зрізаних конусів (як на рис. 1.7, б), але з прямолінійною ділянкою між конусами для покращення контактної взаємодії котка з ґрунтом. Такий коток –ущільнювач складається з рами 1, підшипникового вузла 2 та котка 3. Загальний вигляд котка з системою кріплення показано на рис. 2.3.

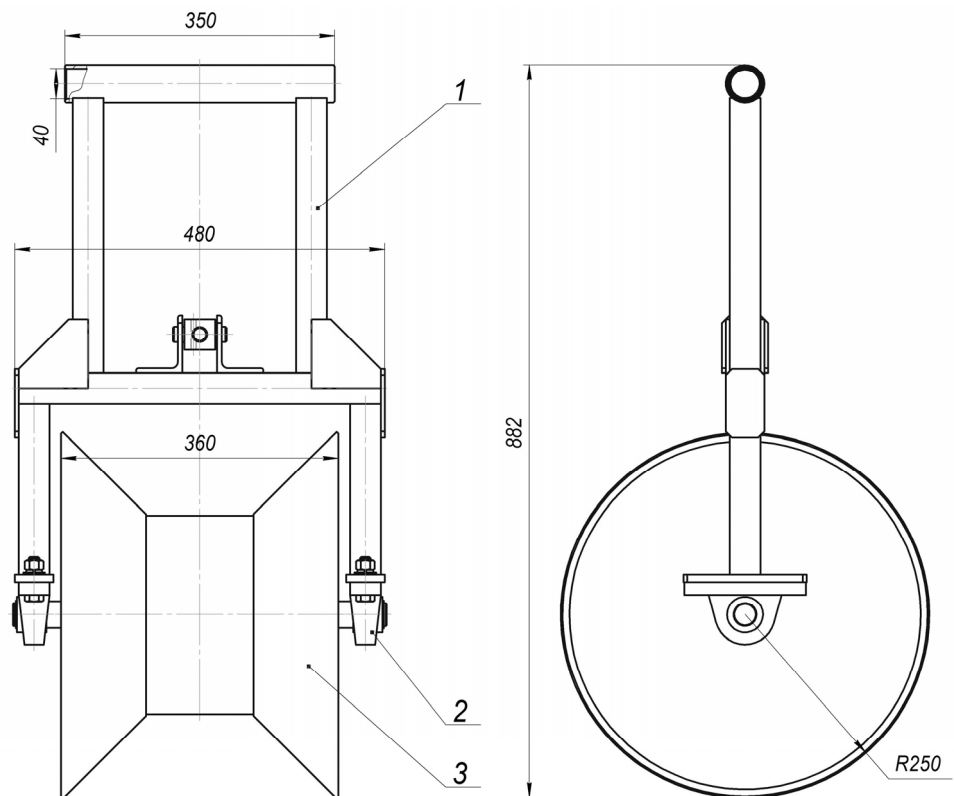


Рис. 2.3. Загальний вигляд котка-ущільнювача

Котки такого типу крім попереднього руйнування грудок у грядках служать ще й копіюючим пристроєм і забезпечують задану глибину підкопування пласта. Технологічна схема роботи опорних котків-ущільнювачів цього типу показано на рис. 2.4.

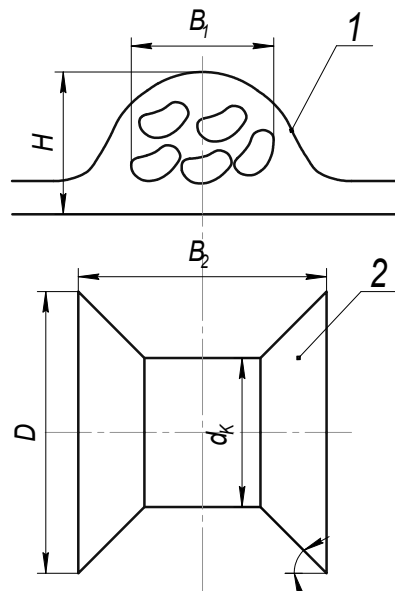


Рис. 2.4. Технологічна схема роботи котка-ущільнювача:

1 – гряда; 2 – коток - ущільнювач.

Внутрішній (менший) діаметр котка d_K визначаємо із умов відсутності намотування картоплиння на коток (рис. 2.3) за формулою

$$d_K = l_b / \pi, \quad (2.1)$$

де l_b - довжина картоплиння, м. Максимальне значення $l_b = 0,5 \dots 0,8$ м [9, 18];

$$d_K = 0,8 / 3,14 = 0,254 \text{ м,}$$

Приймаємо $d_K = 0,26$ м.

Зовнішній діаметр котка визначаємо за формулою [16]

$$D_K = d_K + 2h_{ГР}\varepsilon, \quad (2.2)$$

де $h_{ГР}$ - висота грядки, м, $h_{ГР} = 0,10 \dots 0,16$ м [16];

ε - коефіцієнт допустимого стиснення грядки, $\varepsilon = 0,44 \dots 0,62$ [16].

Тоді

$$D_K = 0,26 + 2 \cdot 0,16 \cdot 0,62 = 0,458 \text{ м,}$$

приймаємо $D_K = 0,460 \text{ м}$.

Із умов компоновання і максимально активної дії на земельну грядку визначаємо ширину котка за формулою [16]

$$B_K = B_M - B_{III}, \quad (2.3)$$

де B_M - ширина міжряддя, $B_M = 0,7 \text{ м}$;

B_{III} - ширина шини трактора, $B_{III} = 0,35 \text{ м}$.

Тоді

$$B_K = 0,7 - 0,35 = 0,35 \text{ м.}$$

Приймаємо $B_K = 0,36 \text{ м}$.

2.3. Розрахунок підрізаючих дисків

Підрізаючі диски призначені для підрізання грядки з боків, деякого кришіння ґрунту та подальшого спрямування розпушеного вороху на леміш. Вони складаються з стійки 1, підшипникового вузла 2, осі 3, диска 4, та регулювального механізму 5 (рис. 2.5).

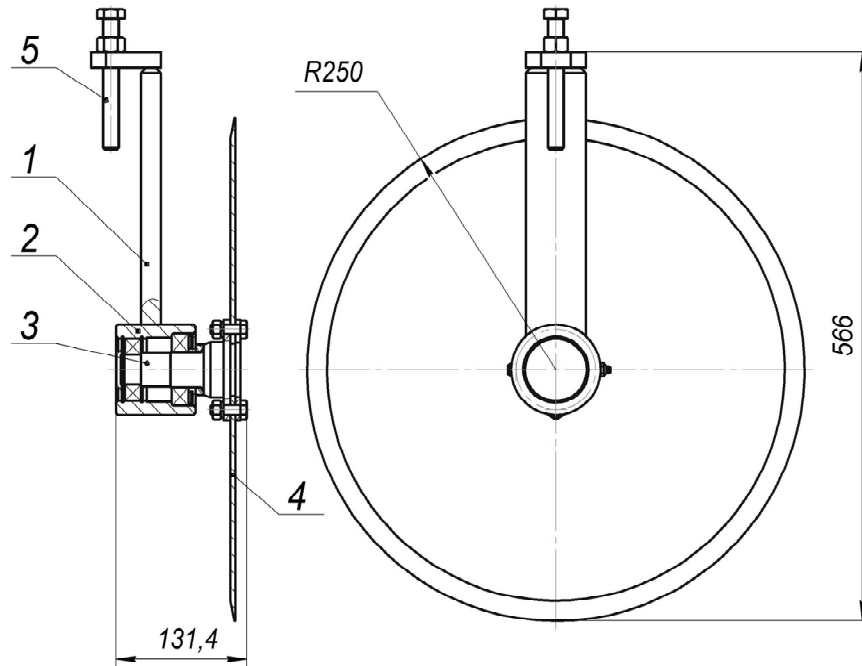


Рис. 2.5. Загальний вигляд підрізаючого диска

Вихідні дані для розрахунку: діаметр диска, $D=500\text{мм}$; глибина обробітку, $a=180\text{мм}$; передній кут $\varepsilon_1=32^\circ$ [24].

Визначимо основні параметри сферичного диска, які впливають на його роботу. Радіус кривизни r визначає кривизну і перевертаючу здатність диска, чим менший радіус кривизни, тим інтенсивніше кришиться і перевертається пласт. Значення радіуса кривизни знайдемо із залежності

$$r = \frac{D}{2 \cdot \sin \varepsilon_1}, \quad (2.4)$$

де D - діаметр диска, мм;

ε_1 - передній кут.

Підставивши вихідні дані, отримаємо

$$r = 500 / (2 \cdot \sin 32^\circ) \approx 480 \text{ мм.}$$

Знайдене значення радіуса кривизни $r=480\text{мм}$ є оптимальне, враховуючи наступні умови: радіус кривизни у плугів дискових 600мм, у лушпильників дискових 169мм; у борін дискових 109 мм, 169 мм і 220 мм [24].

На технологічні властивості сферичного диска також впливає кут загострення l , а також зв'язаний з ним задній кут (кут зазору) ε_2 (див. рис. 2.6). Ці кути мають такі значення: $l=25^\circ$, $\varepsilon_2=33^\circ$. Задній кут впливає на розхід енергії, на якість обробітку ґрунту і на працездатність диска, його величина змінна залежно від величини диска; для нормальної роботи диска цей кут повинен бути додатнім на рівні поверхні поля, що наявне у вибраного диска з діаметром $D=510\text{мм}$.

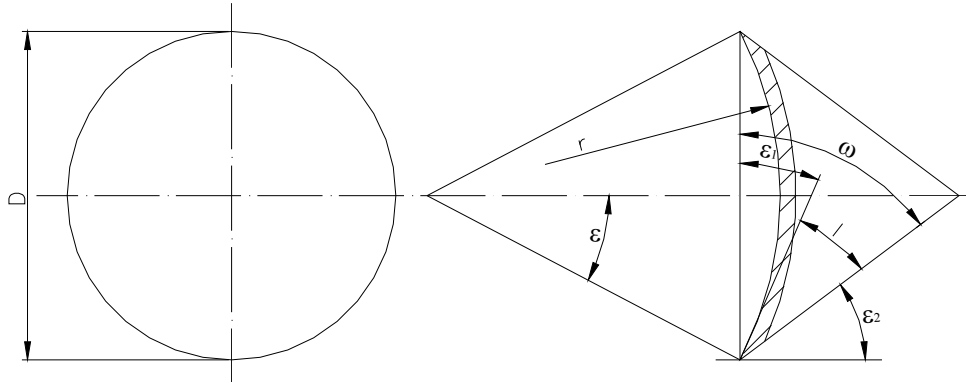


Рис. 2.6. Основні параметри сферичного диска

Сферичний диск під час роботи сприймає дію елементарних сил опору ґрунту, що виникають на лезі, фасках і робочій поверхні. Елементарні сили можуть бути приведені до однієї сили і моменту або до двох перехресних сил (рис. 2.7). Одна з них R' лежить у вертикальній площині і проходить близько вісі обертання, друга R'' паралельна осі обертання дисків. Від цих двох перехресних сил доцільно перейти до трьох сил R_x , R_y , R_z (див. рис. 2.7).

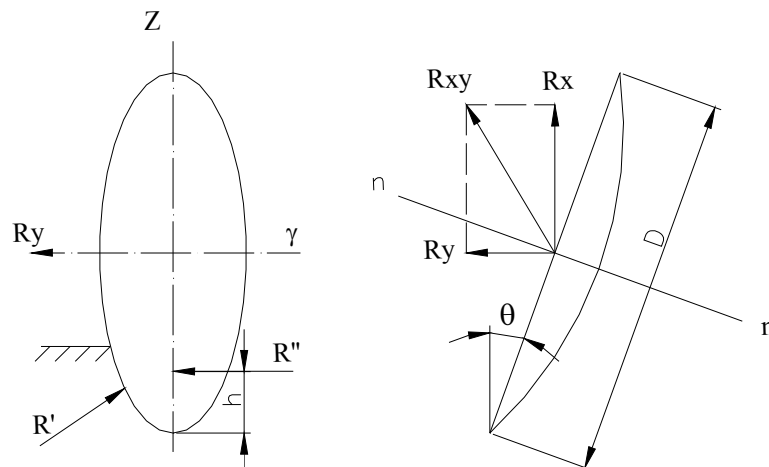


Рис. 2.7. Силві характеристики сферичного диска

Для розрахунку сил R_x , R_y , R_z використаємо такі вихідні дані: ширина пласта, $b=0,232\text{м}$; кут атаки, $\theta=27^\circ$; висота пласта, $a=180\text{мм}$.

Силу R_x визначимо з формули

$$R_x = k \cdot a \cdot b, \quad (2.5)$$

де k - питомий опір ґрунту, $k=40\text{кПа}$;

a, b - ширина і товщина пласта відповідно, м.

Підставивши числові дані, отримаємо

$$R_x = 40 \cdot 10^3 \cdot 0,18 \cdot 0,232 = 1670\text{Н}.$$

Для визначення R_y і R_z використаємо наступні співвідношення:

$$R_y = n' \cdot R_x; \quad R_z = m' \cdot R_x, \quad (2.6)$$

де n' і m' - емпіричні коефіцієнти, відповідно $n'=0,4$; $m'=0,9$.

Отже,

$$R_x = 0,4 \cdot 1670,4 = 668,2\text{Н}; \quad R_z = 0,9 \cdot 1670,4 = 1503,4\text{Н}$$

Результуючу від сил R_x і R_y визначимо за формулою

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad (2.7)$$

Підставивши числові дані, отримаємо

$$R_{xy} = \sqrt{1670,4^2 + 668,2^2} = 1799\text{Н}.$$

2.4. Розрахунок підкопуючого лемеша

Леміш 3 (рис. 2.8) має трапецеподібну форму, у передній частині загострений, а у задній до нього шарнірно приєднані відкидні пальці 2 у вигляді пластин для запобігання заклинювання камінням між лемешем і елеватором; призначений для підкопування роздробленого котком - ущільнювачем та підрізаючими дисками бульбоносного шару.

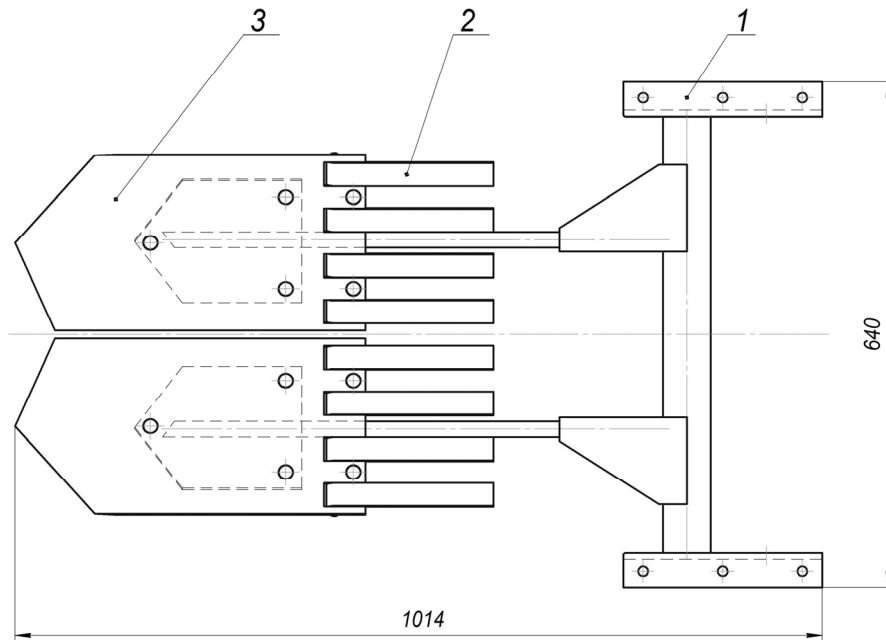


Рис. 2.8. Загальний вигляд підкопуючого пристрою:
1 – рама; 2 – відкидні пальці; 3 – леміш.

Визначаємо ширину лемеша за формулою [20]

$$B_{\text{Л}} = B_{\text{М}} - B_{\text{Ш}} + 2\Delta B_{\text{М}}, \quad (2.8)$$

де $\Delta B_{\text{М}}$ – величина, на яку збільшується ширина лемеша з метою попередження пересипання підкопаної маси пласта через краї $\Delta B_{\text{М}} = 0,07 \dots 0,12 \text{ м}$ [16, 18].

Тоді

$$B_{\text{Л}} = 0,7 - 0,35 + 2 \cdot 0,12 = 0,59 \approx 0,6 \text{ м.}$$

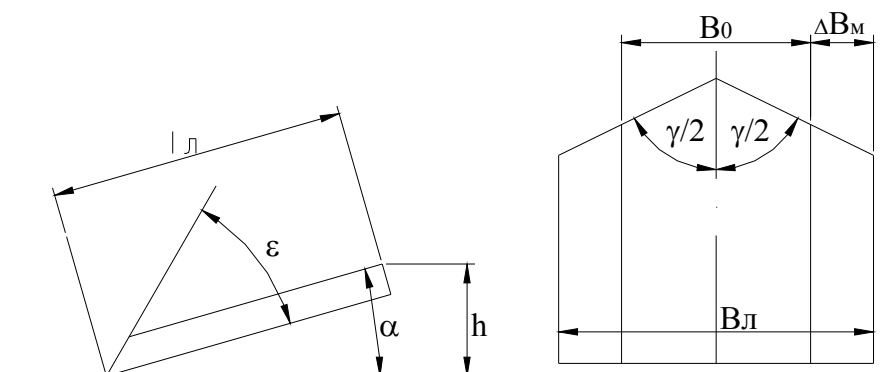


Рис. 2.9. Схема для розрахунку підкопуючого лемеша

З умови ковзання підкопаної маси визначаємо кут встановлення лемеша до горизонту за формулою

$$\alpha_{\text{Л}} \leq \varphi_m, \quad (2.9)$$

де φ_m - кут тертя ґрунту до матеріалу лемеша, $\varphi_m = 24^\circ$ [16], тобто $\alpha_{\text{Л}} \leq 24^\circ$.

Довжину лемеша визначаємо за формулою [16]

$$l_{\text{Л}} = h_{\text{ГР}} / \sin \alpha_{\text{Л}}, \quad (2.10)$$

де $h_{\text{ГР}}$ - висота гряди, $h_{\text{ГР}} = 0,15\text{м}$; тоді

$$l_{\text{ГР}} = 0,15 / \sin 24^\circ = 0,368\text{м},$$

приймаємо $l_{\text{ГР}} = 0,4\text{м}$.

Кут лемеша у плані приймаємо конструктивно, визначаємо із умови самоочищення лемеша за формулою [16]

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\gamma}{2} > \varphi_{\text{ТР}}, \quad (2.11)$$

де $\varphi_{\text{ТР}}$ - кут тертя рослинних і корневих залишків до леза лемеша, $\varphi_{\text{ТР}} = 40 \dots 50^\circ$ [16].

З виразу (2.7) визначимо кут $\gamma = 90^\circ$.

Кут загострення леза лемеша ε приймаємо аналогічно як для ґрунтообробних машин – $\varepsilon = 11 \dots 13^\circ$ [16].

2.5. Розрахунок відкидних пальців

Відкидні пальці (рис. 2.8, рис. 2.10) – це пружні пластини, які шарнірно кріпляться на леміш, і призначені для запобігання заклинювання каміння між лемешем і елеватором. Ширину пальців приймають залежно від розміру каміння, грудок за формулою [16]

$$l_{пл} \geq S_{max}, \quad (2.12)$$

де S_{max} - найбільший розмір твердих грудок, каміння, які можуть бути на полі, $S_{max} = 0,06 \dots 0,08$ м; отже $l_{пл} = 0,07$ м.

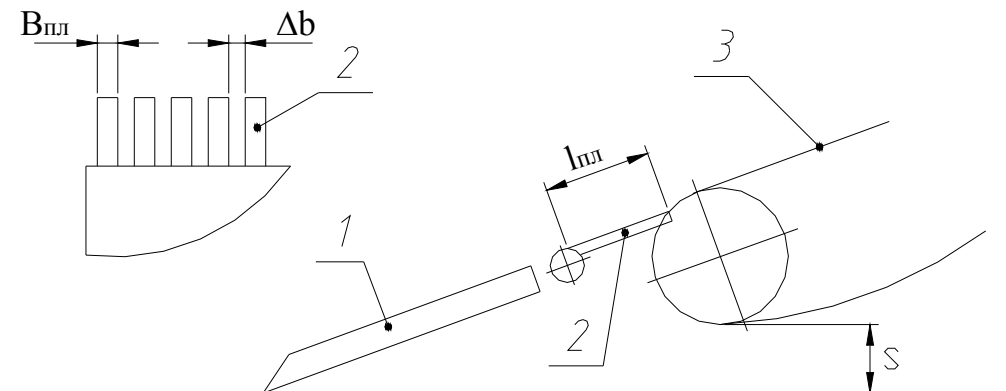


Рис. 2.10. Схема розрахунку відкидних пальців:

1 – леміш, 2 – відкидні пальці; 3 – прутковий елеватор.

Кількість пальців визначаємо за формулою [16]

$$Z_{п} = B_{л} / (B_{пл} + \Delta b), \quad (2.13)$$

де $B_{пл}$ - ширина пальців, приймаємо конструктивно $B_{пл} = 0,02 \dots 0,05$ м;

Δb - монтажний зазор між пальцями, $\Delta b = 0,025$ м;

тоді

$$Z_{п} = 0,6 / (0,05 + 0,025) = 8 \text{ шт.}$$

приймаємо кількість відкидаючих пальців $Z_{п} = 8$ шт.

2.6. Визначення продуктивності картоплезбирального комбайна

У коренезбиральних агрегатах велику роль грає узгодження подачі матеріалу в машину з її пропускнуою спроможністю. Для збирання врожаю з мінімальними його втратами без забивання робочих органів, подача матеріалу в машину не повинна перевищувати її пропускнуої здатності. В свою чергу, пропускну здатність машини визначається за пропускнуою здатністю того з робочих органів у технологічному ланцюзі, який має найменшу продуктивність.

Для картоплезбиральної машини запропонованої конструкції найменшу продуктивність буде мати сепаруючий елеватор, тому що на лемеші матеріал одержує лише поступальний рух, а на елеваторі - поступально-коливний.

У цілому необхідну пропускну здатність машини визначають за формулою (кг/с):

$$q \geq BAV_M / 360\delta_k, \quad (2.14)$$

де B - ширина захвату знаряддя, м ($B=450$ мм);

A - врожайність, ц/га. $A=150$ ц/га;

V_M - швидкість машини, км/год ($V_M = 5$ км/год = 1,39 м/с).

δ_k - коефіцієнт, що характеризує відношення маси корисного матеріалу, який виділяється, до всієї маси, що поступає в комбайн (наприклад відношень маси картоплі до маси землі, картоплі і бадилля, що надходить у картоплезбиральний комбайн)

$$\delta_k = a_g / (a + a_g), \quad (2.15)$$

де a_g – маса корисного матеріалу, що відділяється, кг;

$(a + a_g)$ - уся маса, що надходить у комбайн, кг.

Там, де йде опрацювання матеріалу з виділенням корисного продукту (зерно, картопля, льон і ін.) $\delta_k \leq 1,0$, а де йде тільки переробка матеріалу (подрібнювання зеленої маси й ін.) $\delta_k = 1,0$.

На сепаруючі органи картоплезбиральних машин при поступальній швидкості збирального агрегату від 0,65 до 1,5 м/с ґрунтова маса поступає в кількості 150-300 кг/с. Маса складається з 95-97% ґрунту, 1-2% рослинних залишків. З неї потрібно виділити всього лише 2-3% бульб картоплі.

Отже, вважаючи, що $\delta_k = 0.03$, отримаємо

$$q \geq \frac{0.450 \cdot 150 \cdot 1.39}{360 \cdot 0.03} = 8.69 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність збирального агрегату, га/год:

$$W = 360 \delta_k q \tau / A, \quad (2.16)$$

де τ - коефіцієнт використання робочого часу зміни, $\tau=0,65$ [27].

$$W = \frac{360 \cdot 0.03 \cdot 8.69 \cdot 0.8}{150} = 0.4 \text{ га/год.}$$

Отже продуктивність картоплекопача становить 0,4 га/год.

Таким чином, необхідна продуктивність збиральних агрегатів залежить від пропускної здатності робочих органів і коефіцієнта використання робочого часу зміни, тобто в першу чергу продуктивність залежить від обраних конструктивних рішень робочих органів і їх допустимих кінематичних режимів роботи, а також від конструктивних заходів із зменшення втрат часу зміни.

2.7. Визначення тягового опору картоплезбирального комбайна

Тяговий опір коренезбирального агрегату залежить від ширини захвату B_K і питомого опору q , який відповідає заданій глибині ходу і типу робочих органів. Тяговий опір агрегату для викопування картоплі визначимо за формулою [16]

$$R_T = B_K \cdot m \cdot q + G_P \cdot f, \quad (2.17)$$

де m - число рядів робочих органів агрегату, $m=1$;

q - питомий опір лемеша картоплекопача $q=7-8,5$ кН/м [16];

G_P - вага комбайна, $G_P \approx 13$ кН (маса машини 1350 кг);

f - коефіцієнт перекочування коліс картоплекопача, $f=0,2$ [16].

Підставивши числові дані, отримаємо

$$R_T = 0.45 \cdot 1 \cdot 8.5 + 13 \cdot 0,2 \approx 6.4 \text{ кН.}$$

2.8. Визначення необхідної потужності для роботи комбайна

При визначенні потужності двигуна, необхідної для приводу картоплезбирального комбайна, враховують тяговий опір робочих органів, опір перекочування коліс, а також потужність, необхідну для приводу сепаратора.

Необхідну потужність знаходимо за формулою [27]:

$$N = \frac{R_T \cdot V}{\eta_{MEH} \eta_V \eta_{YM}} + \frac{N_{np}}{\eta_{np}}, \quad (2.18)$$

де V – робоча швидкість машини, $V=5\text{км/год}=1,39\text{м/с}$;

$\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД силової передачі, $\eta_{\text{мех}}=0,83$ [27];

η_V – коефіцієнт, що враховує втрати на буксування, залежить від виду рушія. Для колісного ходу $\eta_V = 0,85 - 0,97$, прийmemo $\eta_V=0,9$;

$\eta_{\text{УМ}}$ – коефіцієнт використання потужності двигуна, залежить від ступеня випадковості сил опору робочих органів і динамічності процесів, які проходять в машині. З врахуванням необхідного запасу $\eta_{\text{НМ}}=0,90 - 0,95$.
Прийmemo $\eta_{\text{НМ}}=0,92$;

$N_{\text{пр}}$ – потужність, потрібна на привід робочих органів через вал відбору потужності, кВт;

$\eta_{\text{пр}}$ – ККД валу відбору потужності, $\eta_{\text{пр}} = 0,95$.

Через вал відбору потужності приводиться в дію сепаруючий елеватор машини. Потужність на руйнування пласта сепаратором визначається [27]

$$N_{\text{деф}} = \frac{10^{-4} \cdot k \cdot c \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \alpha}{6}, \text{ (кВт)} \quad (2.19)$$

де k - питомий опір деформації ґрунту;

$k = 2 \cdot 10^{-2}$ МПа – легкі ґрунти;

$k = 4,9 \cdot 10^{-2}$ МПа – середні ґрунти;

$k = 7,64 \cdot 10^{-2}$ МПа – важкі ґрунти;

c - площа шару ґрунту, см. Визначаємо як площу основи лемеша – добуток ширини захвату на довжину лемеша $c = 0,450 \cdot 0,240 = 0,108\text{м}^2 = 1080 \text{ см}^2$;

h - висота шару ґрунту, см. Приймаємо рівною максимальній глибині підкопування, $h = 25$ см;

Z - загальна кількість пальців, $Z=8$;

n - частота обертання привідного валу, об/хв;

α - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту. Оскільки ґрунт підрізаний і частково подрібнений на лемеші, $\alpha = 0,7$.

Отже, для легких ґрунтів:

$$N_{\text{деф}} = \frac{10^{-4} \cdot 2.04 \cdot 10^{-2} \cdot 1080 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 540 \cdot 0.7}{6} = 0.5 \text{ кВт.}$$

Для середніх ґрунтів:

$$N_{\text{деф}} = \frac{10^{-4} \cdot 4.9 \cdot 10^{-2} \cdot 1080 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 540 \cdot 0.7}{6} = 1.2 \text{ кВт.}$$

Для важких ґрунтів :

$$N_{\text{деф}} = \frac{10^{-4} \cdot 7.64 \cdot 10^{-2} \cdot 1080 \cdot 24 \cdot 11 \cdot 540 \cdot 0.7}{6} = 1.8 \text{ кВт.}$$

Необхідна потужність двигуна:

$$N = \frac{6.4 \cdot 1.39}{0.83 \cdot 0.9 \cdot 0.92} + \frac{1.8}{0.95} \approx 15 \text{ кВт} \approx 20 \text{ к.с.}$$

2.9. Вибір енергетичного засобу

Згідно агротехнічних умов на виконання технологічних операцій сільськогосподарського виробництва рекомендована швидкість руху агрегату при комбайновому викопуванні картоплі складає $V_P=2-8$ км/год [23].

З довідкової літератури [23] вибираємо трактор марки ХТЗ-2511 з номінальною потужністю 21,4 кВт, який на четвертій передачі другого діапазону забезпечує швидкість руху агрегату $V_P=5,41$ км/год і тягове зусилля на гаку $P_{\text{зак}}=6,7$ кН.

Ефективність машинно-тракторного агрегату визначається коефіцієнтом використання тягової потужності трактора:

$$\xi = \frac{R_T}{P_{\text{зак}}} = \frac{6.4}{6.7} = 0,96.$$

Отже, ефективність завантаження трактора на четвертій передачі – 96%.

Необхідно відмітити, що крім обраного трактора марки ХТЗ-2511, для агрегування картоплезбирального комбайна можна використовувати й інші сучасні трактори, які на даний час випускаються вітчизняними та закордонними підприємствами: вітчизняні ХТЗ серії 30 (ХТЗ-2512, ХТЗ-3510, ХТЗ-3521); ДТЗ (ЮМЗ-8070, ЮМЗ-8270); зарубіжні МТЗ «Білорусь» (МТЗ-082БС, МТЗ-310, МТЗ-320А).

2.10. Розрахунок опорних коліс

Опорні колеса картоплезбирального комбайна складаються із коліс, стойки та підшипникового вузла. Ліве колесо закріплено на осі, а праве – на висувному механізмі, що дозволяє регулювати ширину колії комбайна.

На опорні колеса картоплезбирального комбайна навантаження діятиме як під час виконання технологічного процесу викопування картоплі, так і при холостих переїздах та транспортуванні комбайна з одного поля на інше.

Для уникнення великого тиску на ґрунт вибираємо для картоплекопача пневматичні колеса, оскільки у них менший опір коченню, і на відміну від інших коліс, вони не так сильно подрібнюють ґрунт на пилоподібні фракції.

Необхідний діаметр колеса для картоплезбирального комбайна запропонованої конструкції можна розрахувати із формули Грандвуане-Горячкіна, яка визначає опір перекошування колеса (необхідну штовхаючу силу) [18]:

$$Q = 0.863 \sqrt{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (2.20)$$

де G – частина ваги агрегату, яка припадає на одне колесо, Н;

q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, $q=2,0-4,0 \text{ Н/см}^3 = 2-4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$ [18];

b – ширина колеса, мм;

d – діаметр колеса, мм.

Опір перекочування колеса картоплекопача визначаємо за формулою:

$$Q = G/2 \cdot f;$$

де f – коефіцієнт опору перекочування коліс комбайна, $f = 0,2$.

$$Q = 13000/2 \cdot 0,2 = 1300 \text{ Н.}$$

З формули (2.43) визначаємо мінімальний діаметр колеса:

$$d = \sqrt{0,86^3 \frac{(G/2)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}}, \quad (2.21)$$

$$d = \sqrt{0,86^3 \frac{(13000/2)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 220 \cdot 1300^3}} \approx 0,766 \text{ м.}$$

Отже, для картоплезбирального комбайна запропонованої конструкції приймаємо два колеса діаметром 770 мм та шириною 220 мм.

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо малогабаритного картоплекопача.

На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_\Gamma \cdot l_B, \quad (2.22)$$

де $R_\Gamma = G/2$ - вертикальна складова навантаження на колесо, Н:

$$R_\Gamma = 13000/2 = 6500 \text{ Н};$$

l_B – плече дії сили R_Γ , м. $l_B = 0,12$ м.

$$M_B = 6500 \cdot 0,12 = 780 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Діаметр осі у небезпечному перетині визначають за формулою [18]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0.1[\sigma]}, \quad (2.23)$$

де $[\sigma]$ - допустимі напруження в осі колеса, МПа.

$$d_B \geq \sqrt[3]{780 / 0.1 \cdot 160} = 0.037 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр осі колеса 40 мм.

2.11. Розрахунок на міцність рами лемеша

У розділі 3 проведено цифрову симуляцію роботи викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1. У результаті цих досліджень отримано графіки зміни зусиль, що діють на елементи викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна. Дослідимо напружено – деформований стан (НДС) рами підкопуючого лемеша (рис. 2.11) як найбільш навантаженого елемента викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

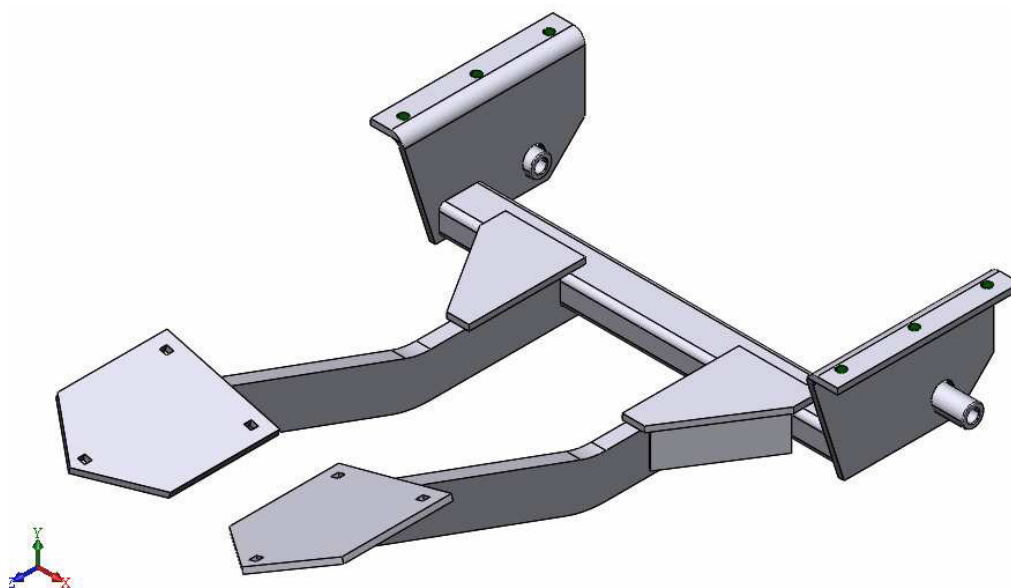
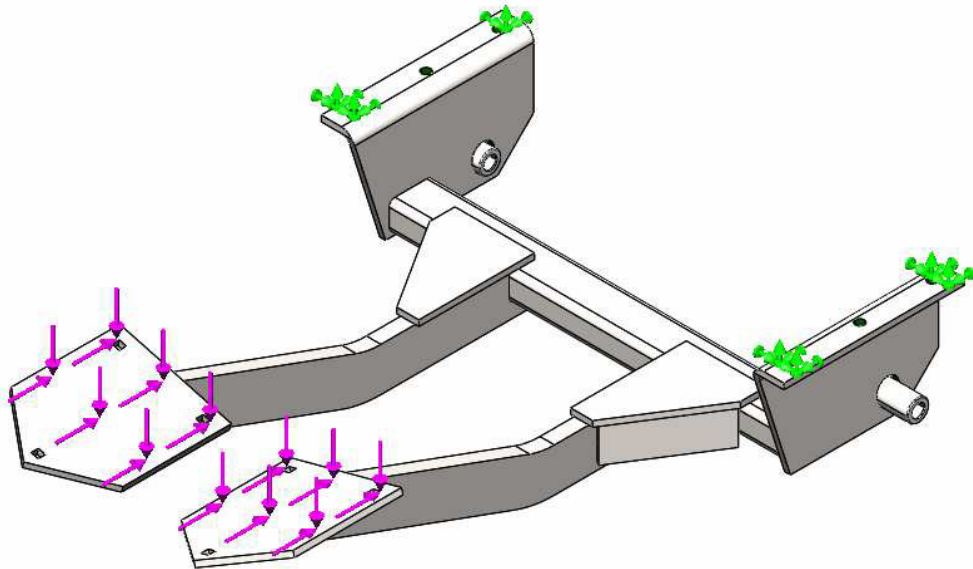


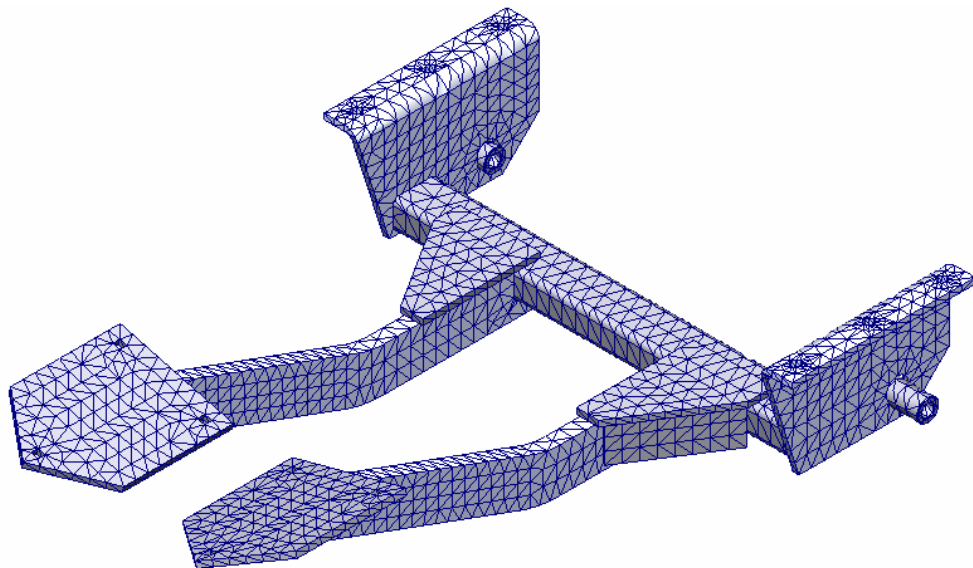
Рис. 2.11. CAD – модель рами підкопуючого лемеша

Розрахунок напружено – деформованого стану рами підкопуючого лемеша проводимо засобами розрахункового модуля Solution, який входить до складу програмного комплексу SolidWorks.

При підготовці моделі до розрахунку необхідно задати умови закріплення та навантаження. Задаємо тип закріплення – защемлення на поверхнях кріплення рами лемеша до основної рами комбайна (рис. 2.12, а).



а)



б)

Рис. 2.12. Формування розрахункової моделі рами лемеша:
а – умови закріплення та навантаження; б – сітка кінцевих елементів.

Задаємо навантаження на опорних поверхнях кріплення ножів лемеша. Навантаження отримано у п. 3.3.3 при імітаційному моделюванні взаємодії з ґрунтом підкопуючого лемеша: максимальна поздовжня сила становить 2600Н, а поперечна вертикальна сила становить 4100 Н. Задаємо по половині цих зусиль на опорні поверхні кріплення ножів підкопуючого лемеша (рис. 2.12, а).

Розрахунок проводимо методом скінчених елементів (МСЕ). Для цього необхідно розбити поверхню моделі рами підкопуючого лемеша на сітку кінцевих елементів.

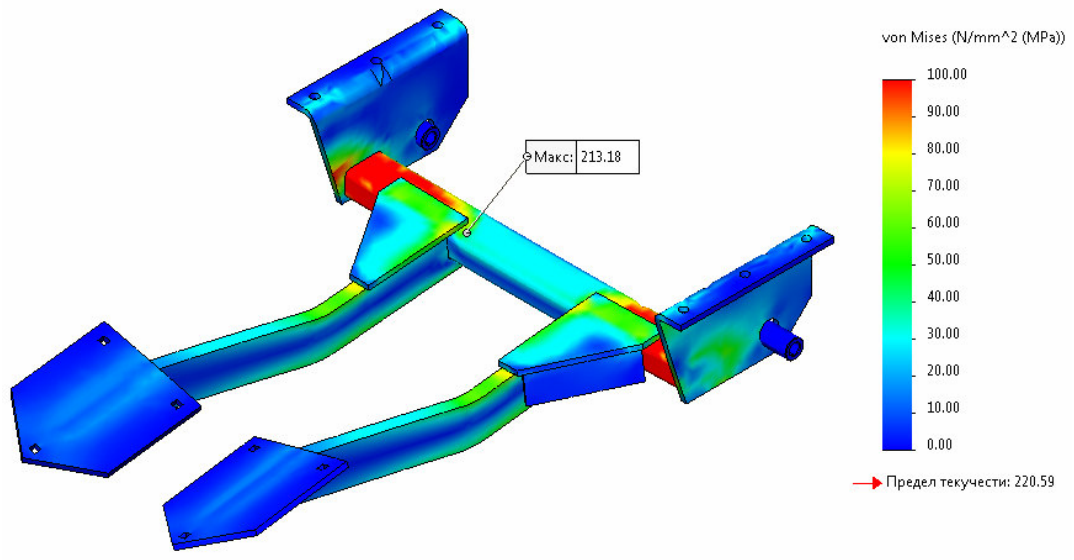
Загальний вигляд рами підкопуючого лемеша з триангуляційною сіткою кінцевих елементів розміром 10 мм показано на рис. 2.12, б.

Після проведення розрахунку напружено – деформованого стану рами підкопуючого лемеша отримано значення нормальних об'ємних напружень (за Фон-Мізесом) та величини деформації досліджуваної рами.

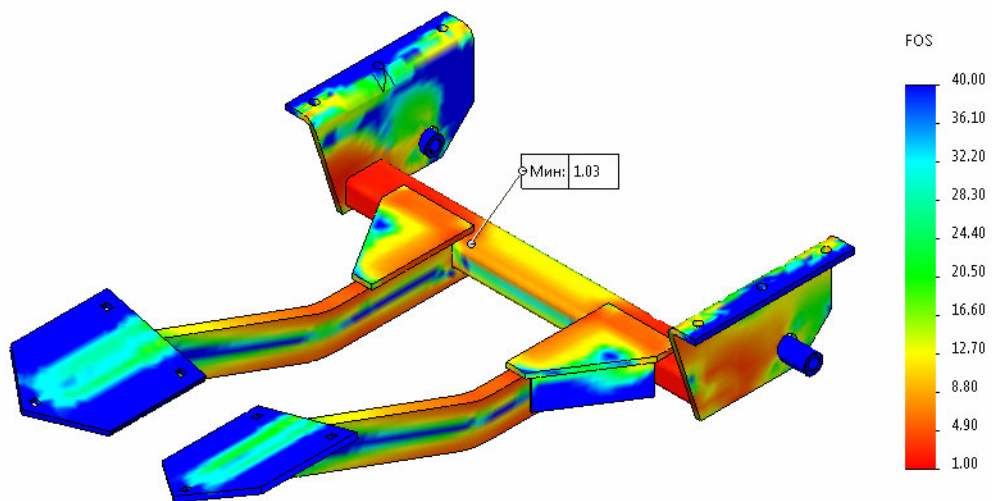
Максимальні переміщення спостерігаються на вільних кінцях консольних елементів рами лемеша і становлять трохи більше 5 мм (рис. 2.13, а)

Встановлено, що максимальні напруження 213 МПа виникають на поперечці рами підкопуючого лемеша поблизу встановленої накладки (рис. 2.13, б). Це значення напружень знаходиться практично на межі текучості матеріалу (сталь Ст.3) допустимі напруження для якої складають 220 МПа, тобто конструкція практично вичерпує запас міцності – коефіцієнт запасу міцності становить 1.03 (рис. 2.13, в).

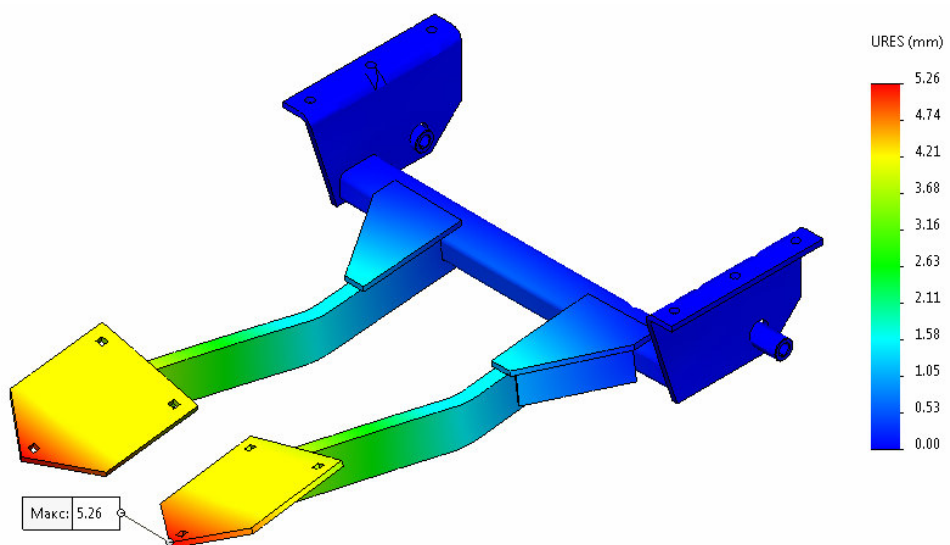
Для забезпечення необхідного запасу міцності такої конструкції рами підкопуючого лемеша необхідно збільшити товщину стінки профільної труби з розміром 60x40x4 мм з 4 мм до 5 мм.



а)



б)



в)

Рис. 2.13. Результати моделювання НДС рами підкопуючого лемеша

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Обґрунтування методів дослідження

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробітку ґрунту та ін. Тому одним із основних завдань дослідників системи «ґрунт-машина» є вивчення взаємодії робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору. Через просторову непостійність фізико - механічних властивостей ґрунту, його нелінійну поведінку, контактні та зсувні явища, що виникають на межі поділу «знаряддя – ґрунт», моделювання взаємодії у цій системі є складною науковою проблемою.

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 «грунт-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 (МСЕ або FEM – Finite Element Method) для вирішення задач механіки та гідрогазодинаміки 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 [38].

У методі скінченних елементів вважається, що ґрунт є неперервним середовищем, і більшість досліджень обмежуються проблемами малих переміщень через складності моделювання, зумовлені викривленням сітки.

В класичній механіці ґрунтів поведінка ґрунту під навантаженням зазвичай вважається жорстко-пластичною. І хоча моделювання методом кінцевих елементів дозволяє враховувати пружно-пластичну або в'язко-пружну поведінку ґрунту, цей метод все ж таки погано відображає реакцію ґрунтових частинок.

Іншим чисельним методом, який не так давно почали використовувати для дослідження взаємодії системи «грунт-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 (наприклад, сили та зсуви кожної частинки ґрунту та зерна ґрунту) та його макро- характеристики, такі як сили зсуву ґрунту та подрібнення під час обробки ґрунту. Загалом DEM дозволяє аналізувати:

- кінематику взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (вільний рух частинок, рух частинок при їх контактній взаємодії, рух частинок по робочій поверхні, рух робочих поверхонь з ступенями вільності);

- динаміку взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (сили, що діють на частинки у вільному русі, при взаємодії групи частинок, зусилля на поверхнях робочих органів);
- поведінку багатофазових середовищ з врахуванням сил когезії та адгезії;
- процеси зношування робочих поверхонь знарядь та деформації (руйнування) ґрунтових об'єктів.

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.

Особливого поширення таке програмне забезпечення набуло у останні роки, що пов'язано із збільшенням доступності потужних багатоядерних (багатопотокових) центральних процесорів (CPU) та підвищенням ефективності графічних процесорів (GPU) відеокарт комп'ютерів. Деяке програмне забезпечення дозволяє реалізувати режим multi-GPU (використання для розрахунку графічних ядер декількох відеокарт), що дозволяє суттєво збільшити кількість модельованих контактів.

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, ще на ранніх етапах проектування засобів механізації сільськогосподарського виробництва забезпечує широкі можливості підвищення якості продукції, оптимізації виробничих процесів та дозволяє відмовитись від високовартісної та працемісткої процедури фізичного тестування обладнання.

3.2. Розробка моделі об'єкту досліджень

3.2.1. Розробка CAD - моделей викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1

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. 3.1 – рис. 3.3 показано розроблені CAD – моделі викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна.

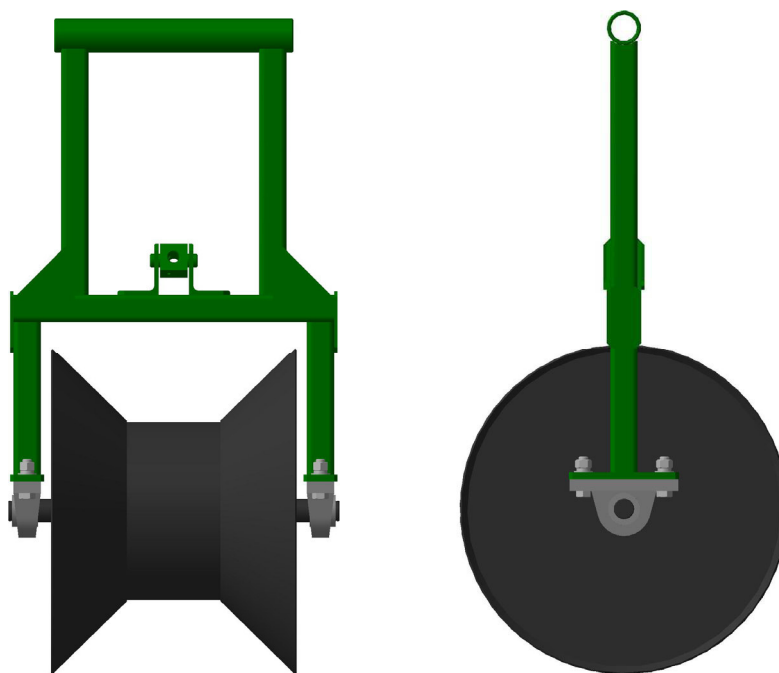


Рис. 3.1. CAD – модель грудкороздавлюючого котка

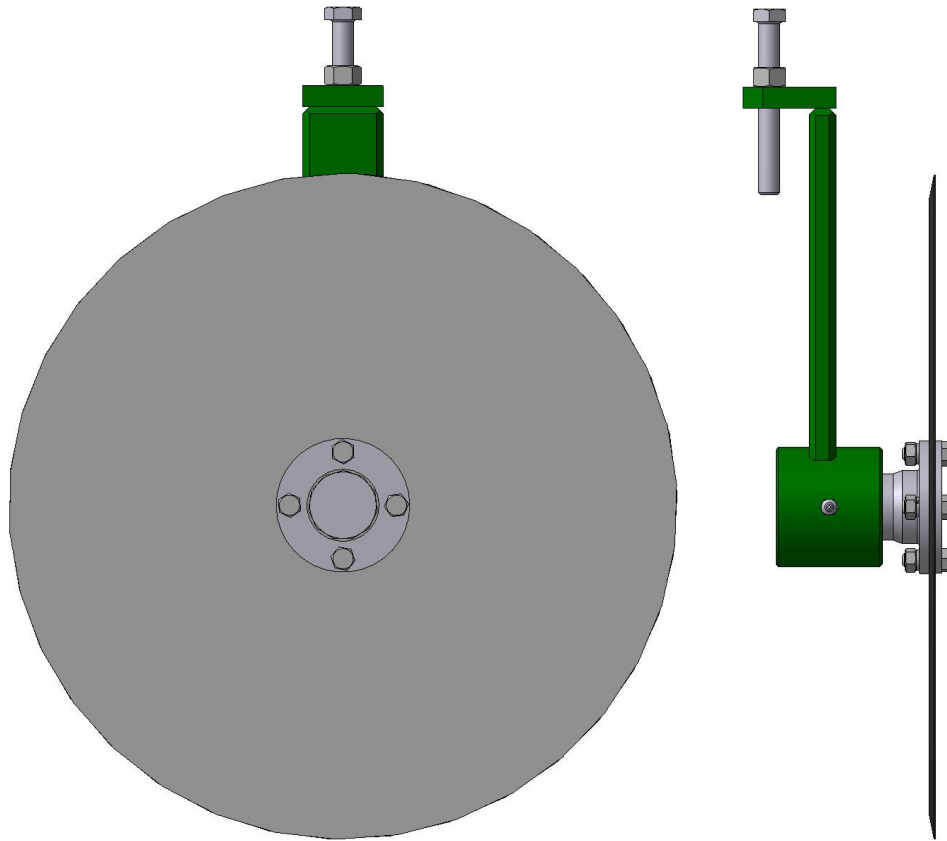


Рис. 3.2. CAD – модель підрізаючого диска

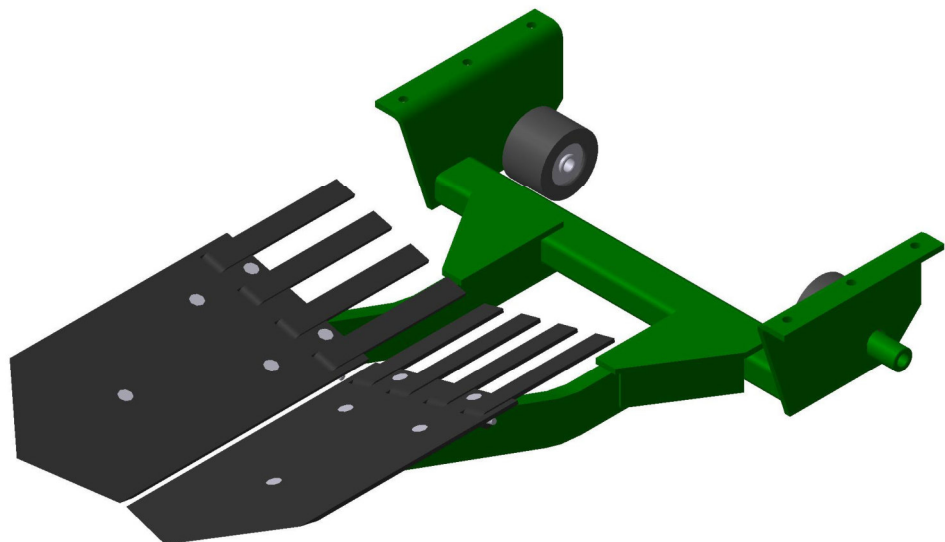


Рис. 3.3. CAD – модель підкопуючого лемеша

CAD – моделі викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1 створено засобами твердотільного 3D - моделювання програмного комплексу SolidWorks.

3.2.2. Розробка дискретно – елементної моделі ґрунтового середовища

Для дослідження взаємодії викопуючих робочих органів однорядкового бункерного картоплезбирального комбайна КПБ-1 з ґрунтом крім розробки твердотільних САД-моделей викопуючих робочих органів комбайна необхідно створити 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. 3.4).

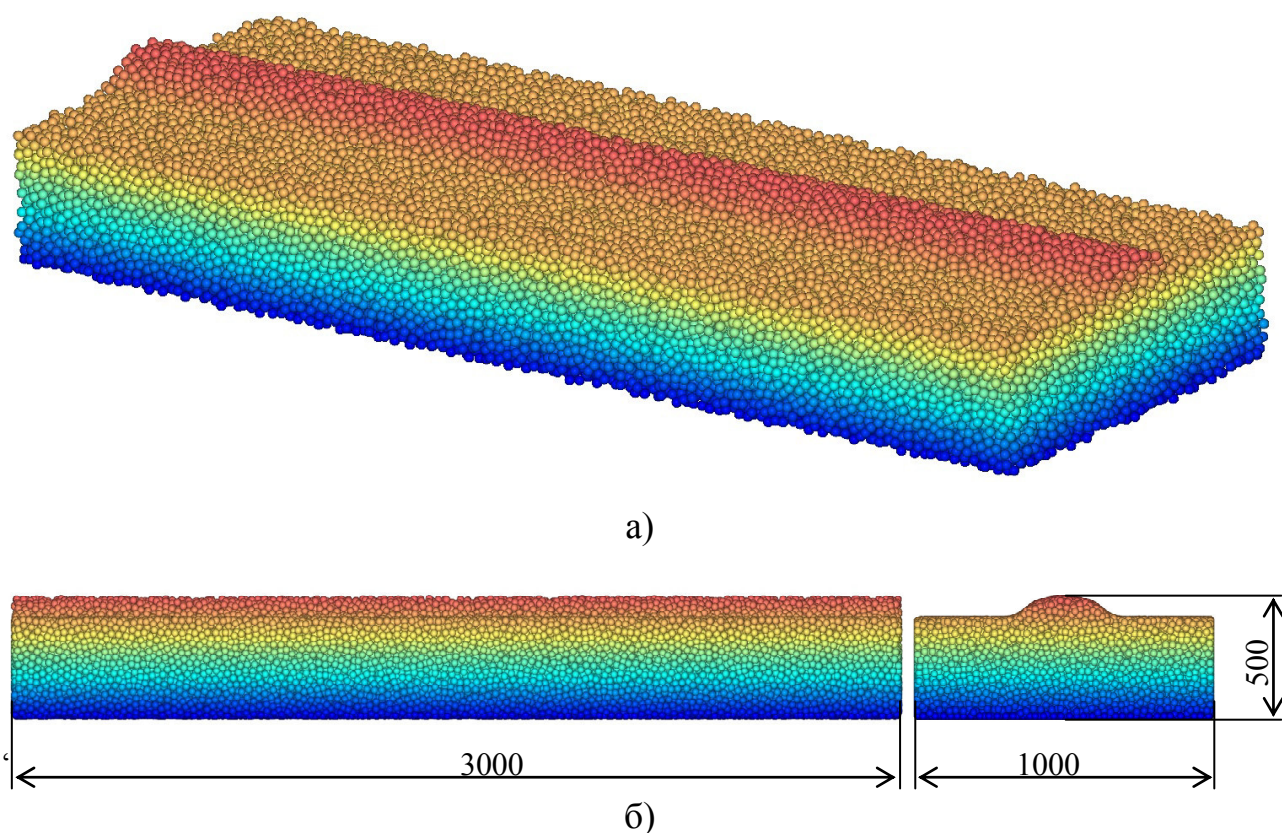


Рис. 3.4. Дискретно – елементна модель ґрунтового середовища:

а – загальний вигляд DEM ґрунтового середовища;

б – проекції ґрунтового середовища.

Безпосередньо ґрунт моделювали як сукупність дискретних частинок сферичної форми діаметром 25 мм з питомою масою 1500 кг/м^3 та коефіцієнтами статичного і динамічного тертя рівними по 0,7.

3.3. Аналіз результатів досліджень

Імітаційне 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 імітаційного моделювання склала 3 с.

3.3.1. Дослідження взаємодії котка-ущільнювача з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом показано на рис. 3.5.

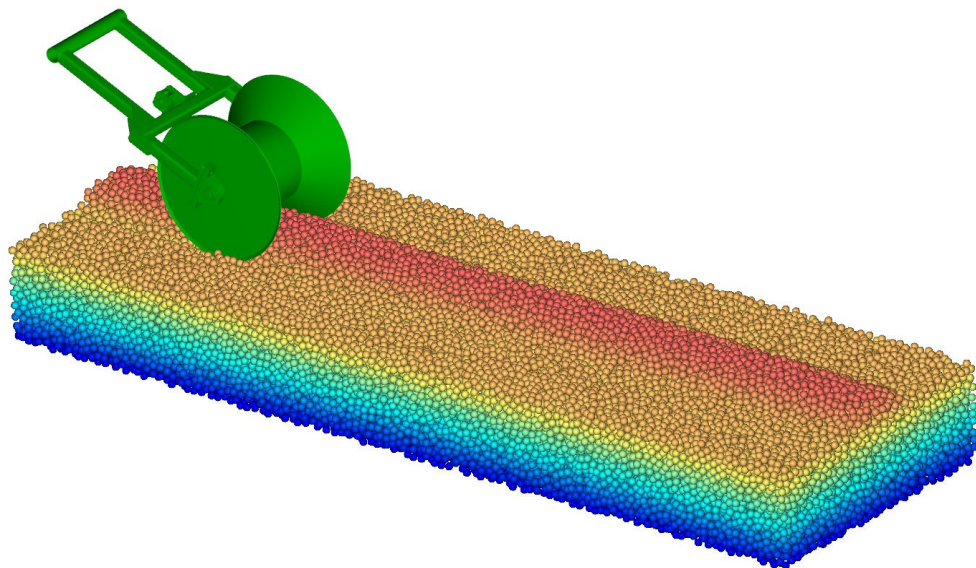
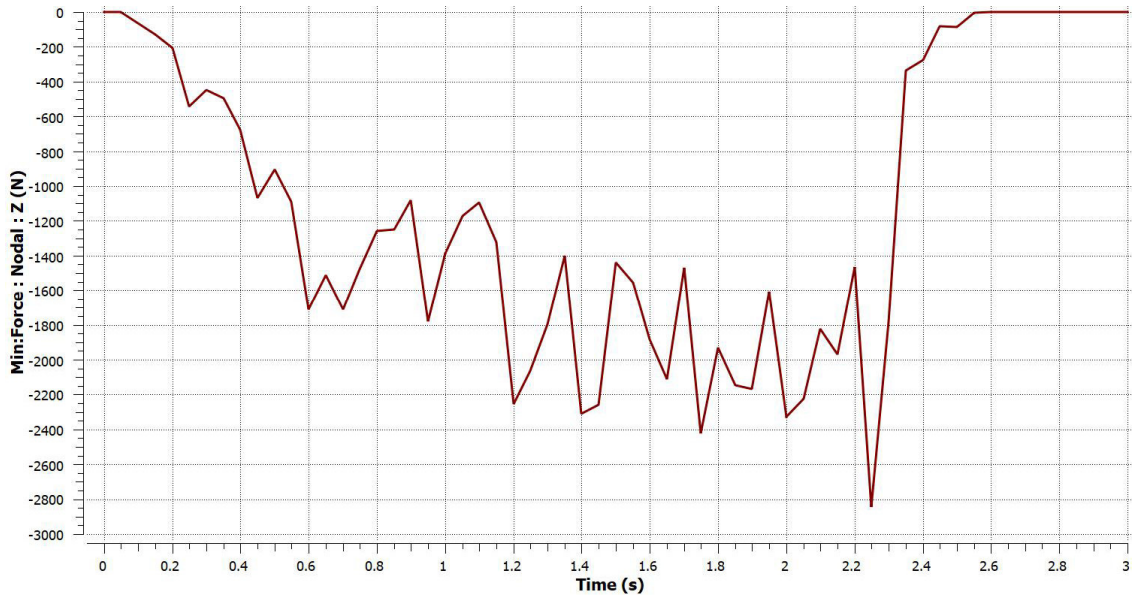
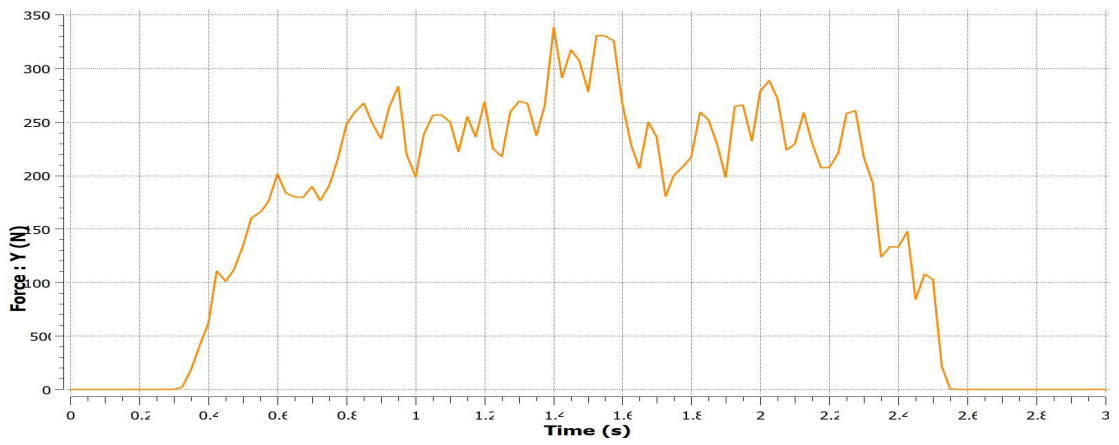


Рис. 3.5. DEM взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом

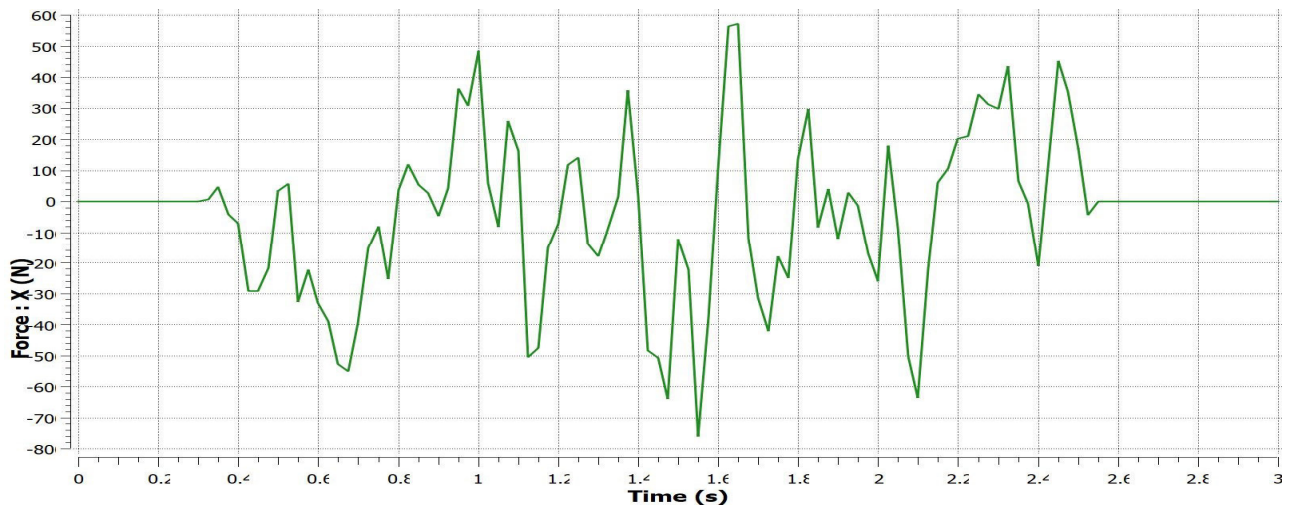
При імітаційному моделюванні взаємодії з ґрунтом котка – ущільнювача отримали такі значення зусиль: максимальна поздовжня сила становить 2800Н; поперечна вертикальна сила – близько 350 Н і поперечна горизонтальна сила – від -80 Н до 600 Н. (рис. 3.6).



a)



б)

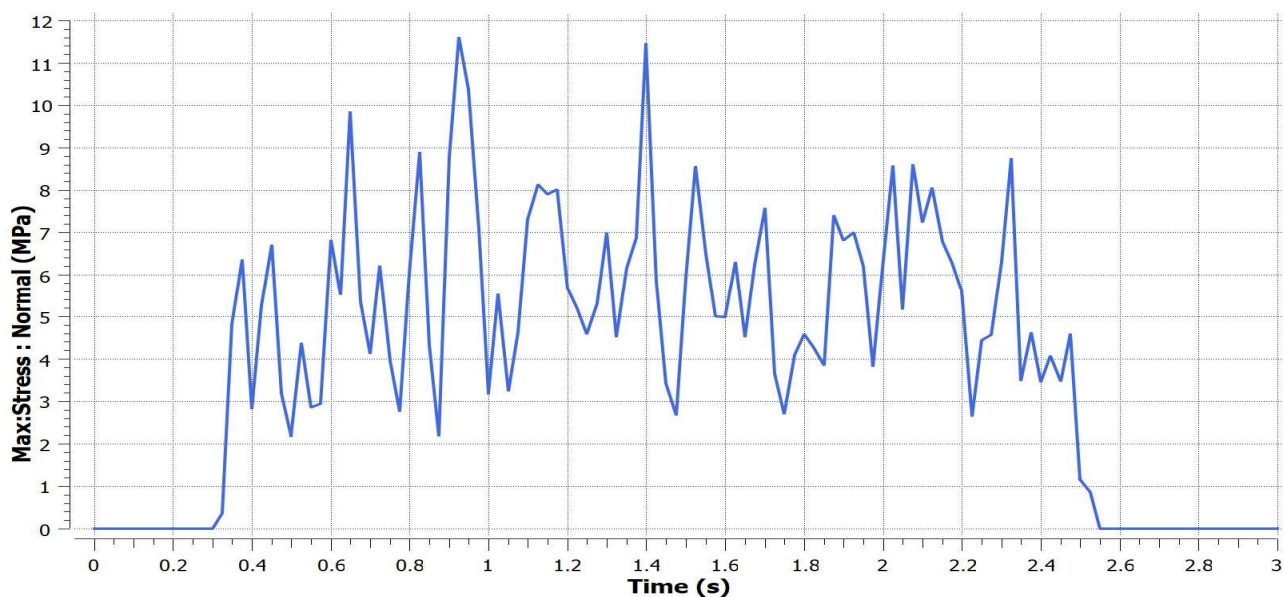


в)

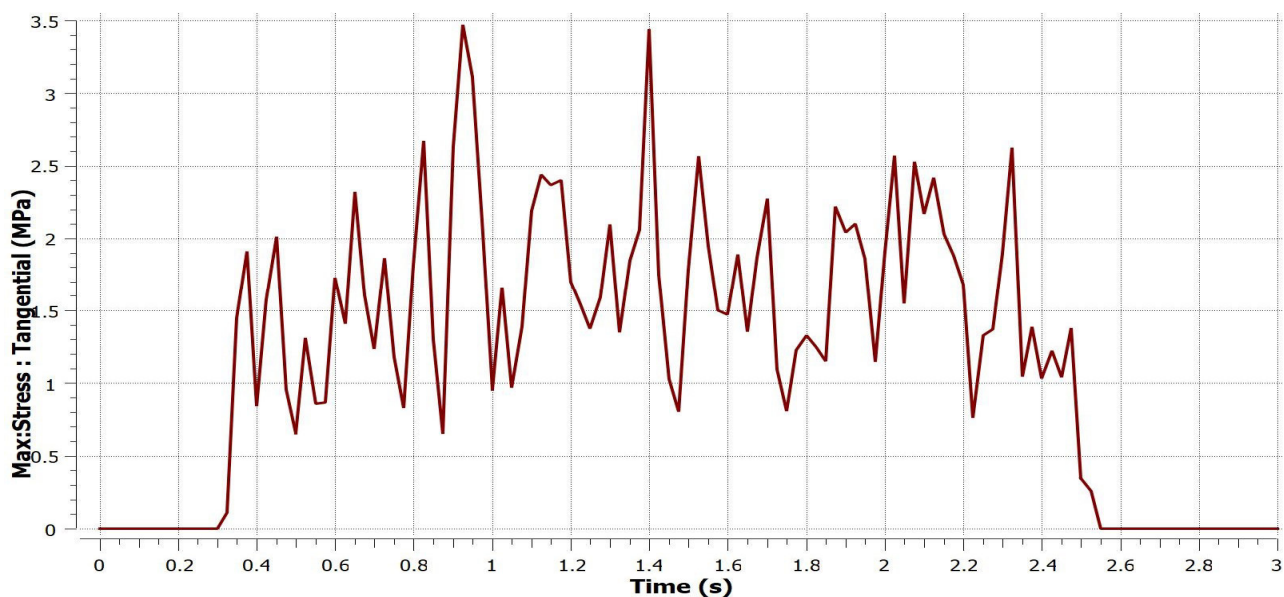
Рис. 3.6. Зусилля взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом:

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

Максимальні нормальні контактні напруження становлять 12 МПа, а максимальні дотичні контактні напруження становлять 3,5 МПа (рис. 3.7).



а)



б)

Рис. 3.7. Напруження при взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом:
а – нормальні контактні напруження, б – дотичні контактні напруження.

Середня частота коливань напружень становить 0,22 Гц (рис. 3.8). Зони виникнення напружень котка показано на (рис. 3.9)

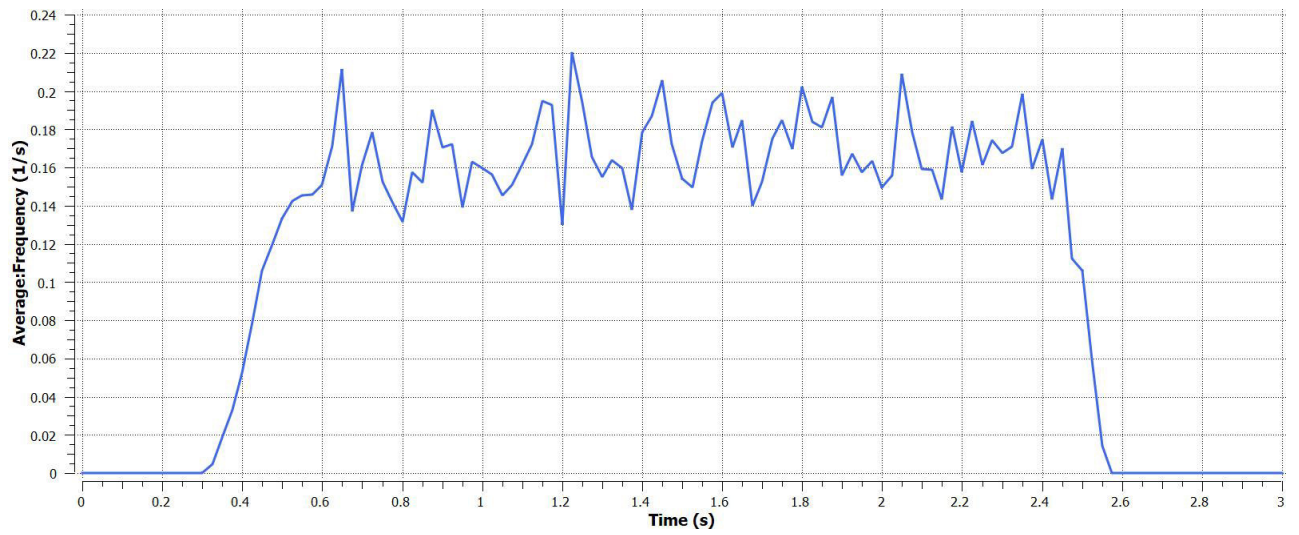


Рис. 3.8. Середня частота зміни напружень

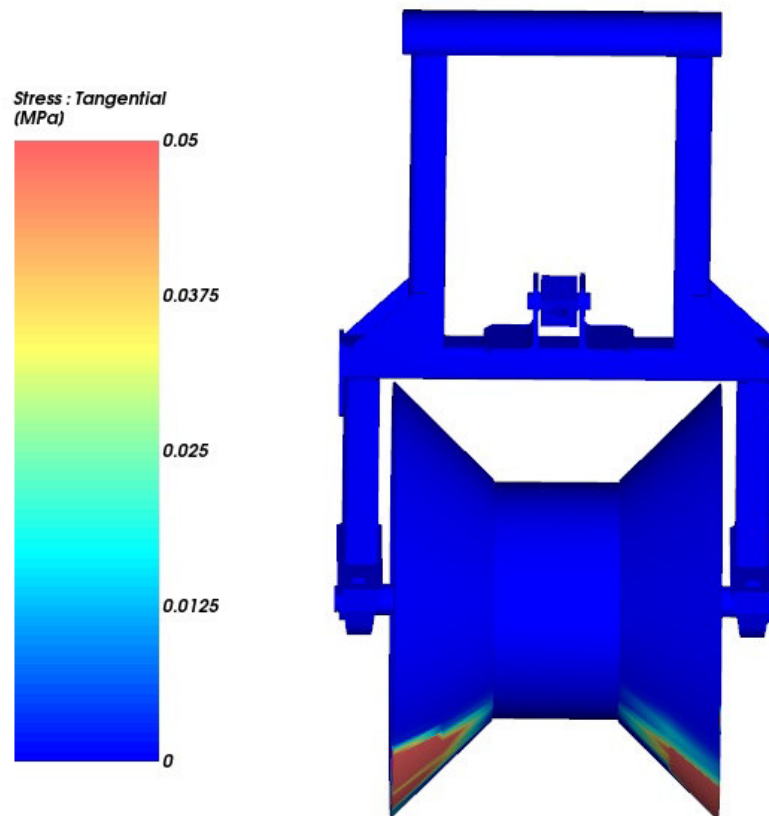


Рис. 3.9. Зони напружень при взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом

3.3.2. Дослідження взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом показано на рис. 3.5.

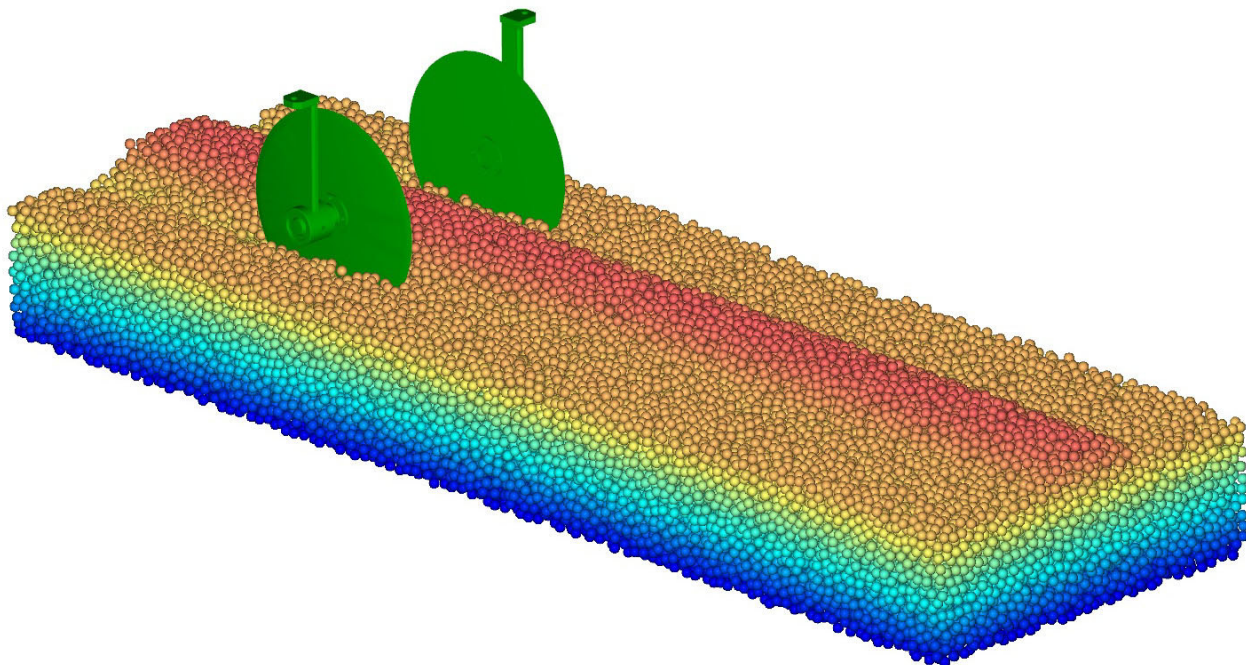
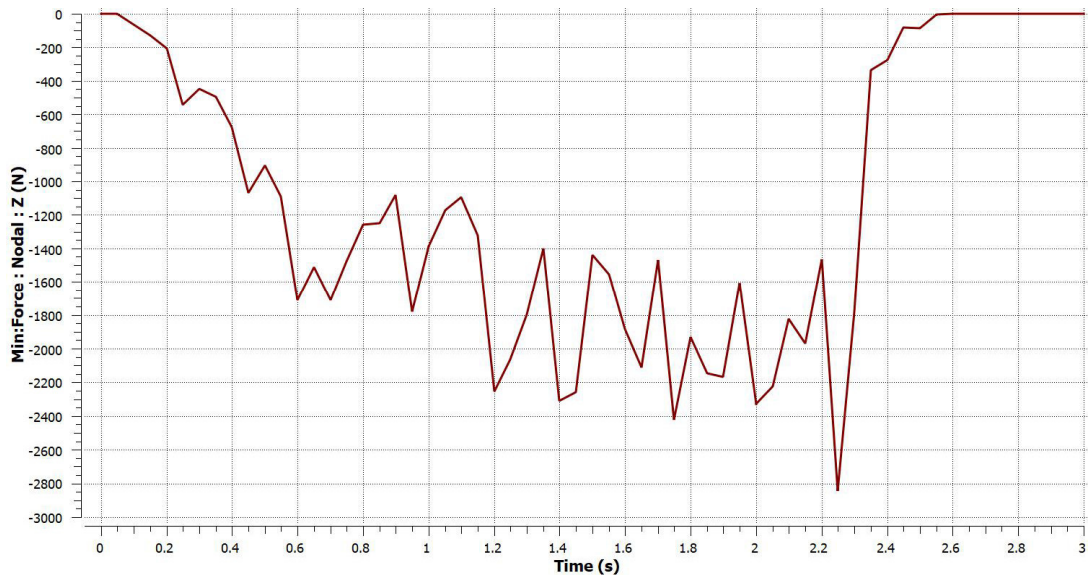


Рис. 3.10. DEM взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом

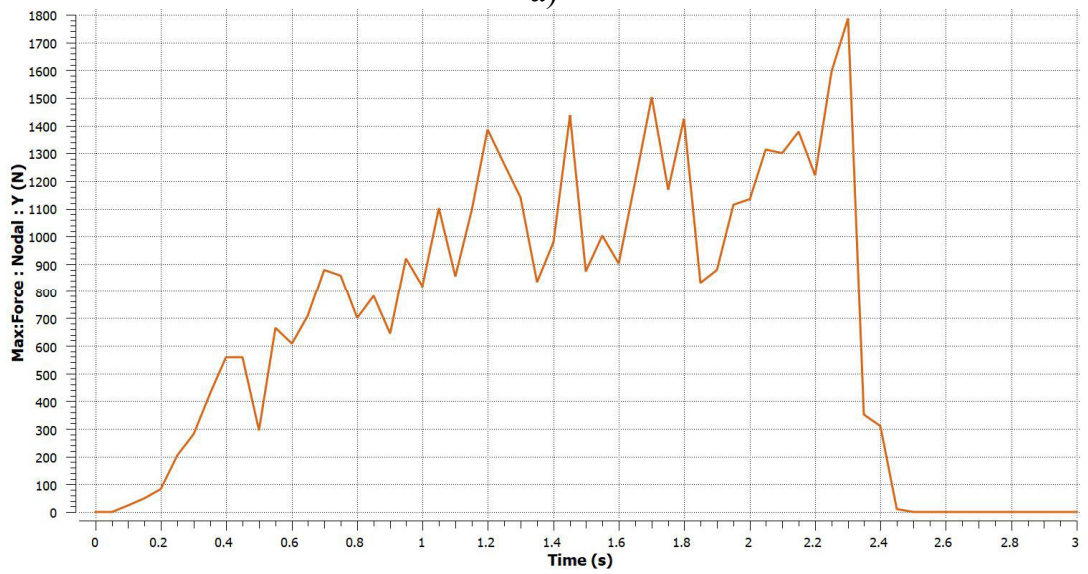
При імітаційному моделюванні взаємодії з ґрунтом підрізаючих дисків отримали такі значення зусиль: максимальна поздовжня сила становить близько 2800 Н; поперечна вертикальна сила – 1800 Н і поперечна горизонтальна сила – 1300 Н (рис. 3.11).

Максимальні нормальні контактні напруження становлять 0,28 МПа, а максимальні дотичні контактні напруження становлять 0,08 МПа (рис. 3.12).

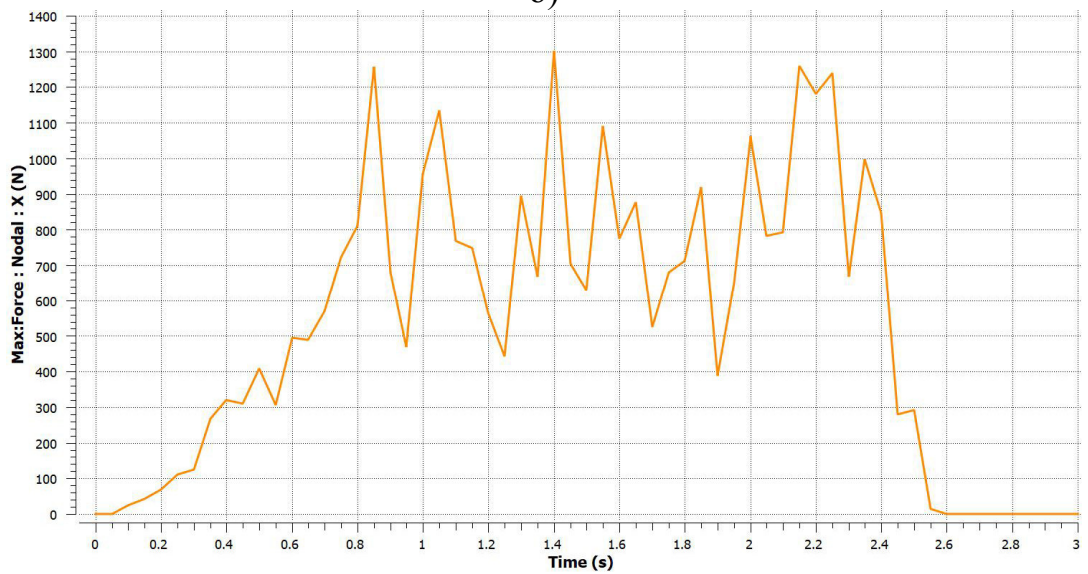
Максимальна середня частота коливань напружень у підрізаючих дисках складає 400 Гц (рис. 3.13). Зони виникнення контактних напружень в підрізаючих дисках показано на рис. 3.14.



a)



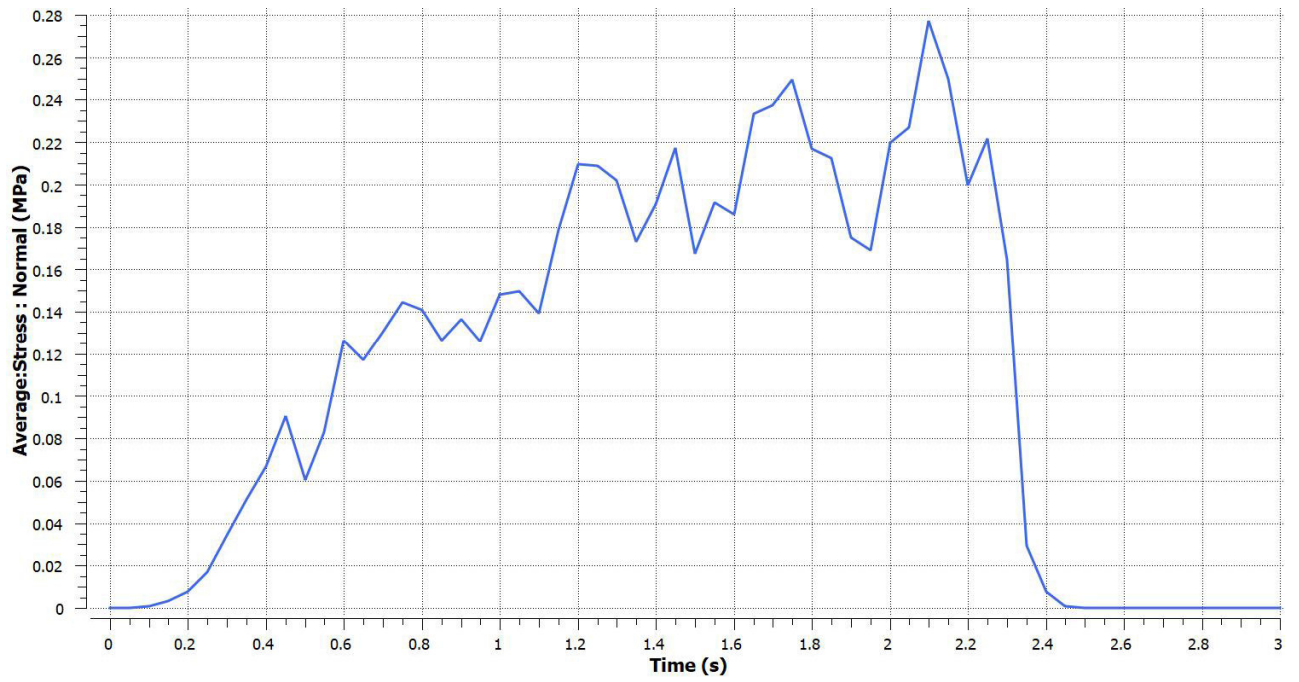
б)



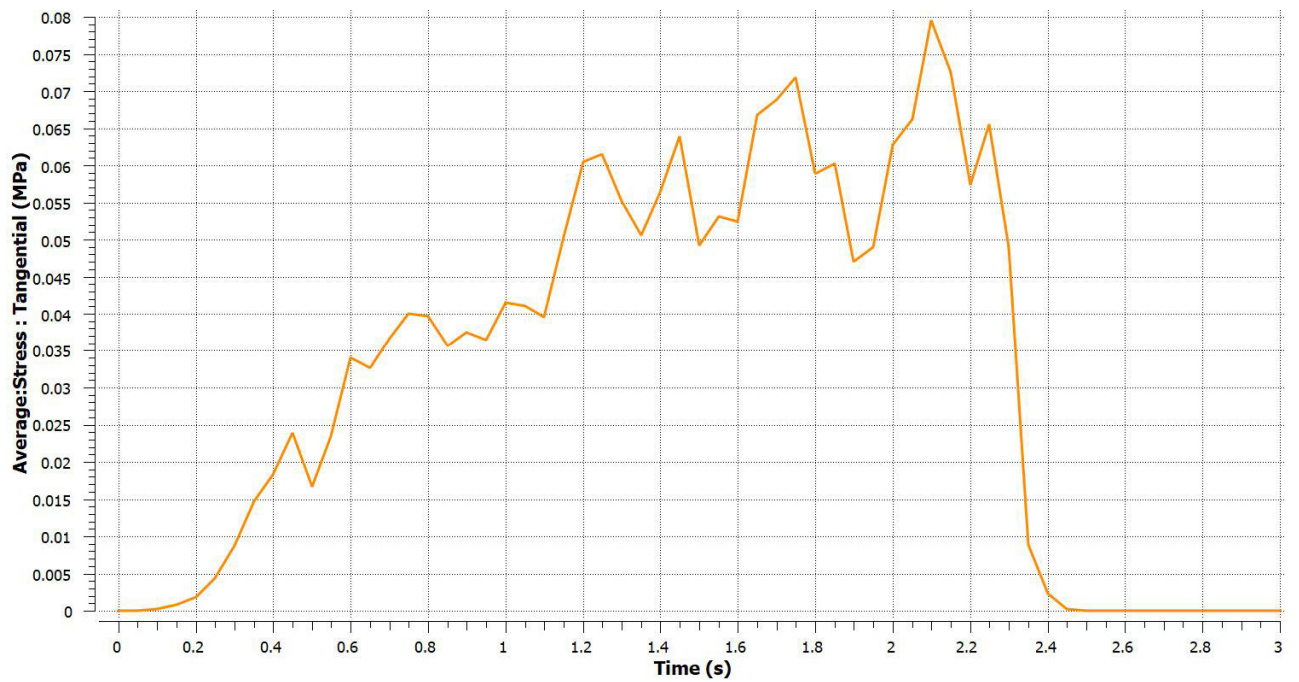
в)

Рис. 3.11. Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:

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



а)



б)

Рис. 3.12. Напруження при взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом
а – нормальні контактні напруження, б – дотичні контактні напруження.

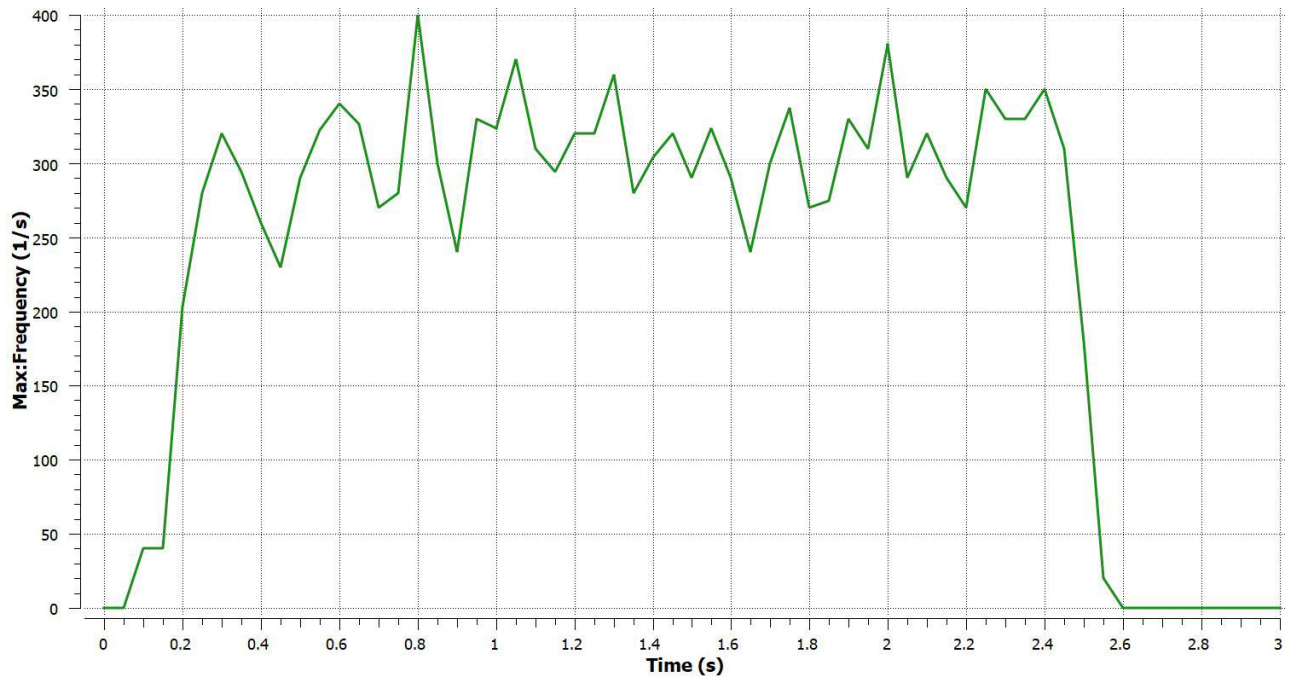


Рис. 3.13. Середня частота зміни напружень

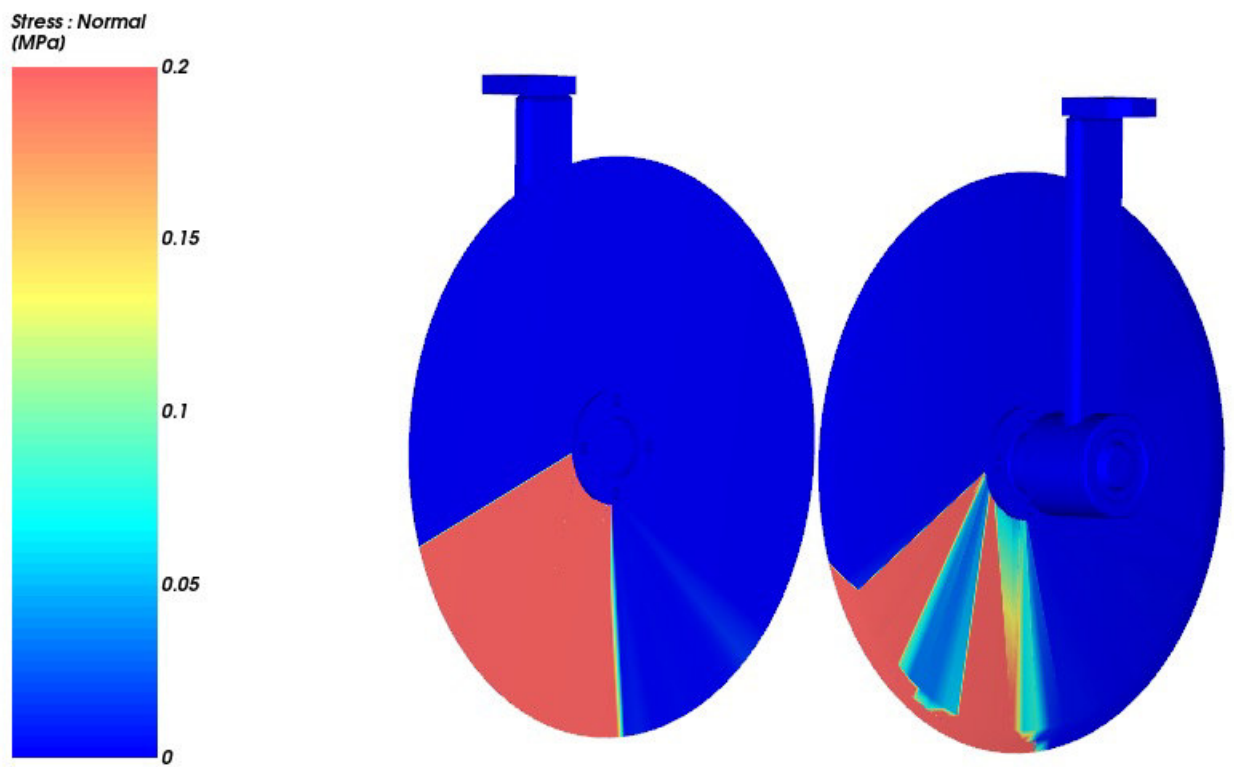


Рис. 3.14. Зони напружень при взаємодії котка – ущільнювача з ґрунтом

3.3.3. Дослідження взаємодії лемеша з ґрунтом

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем показано на рис. 3.15.

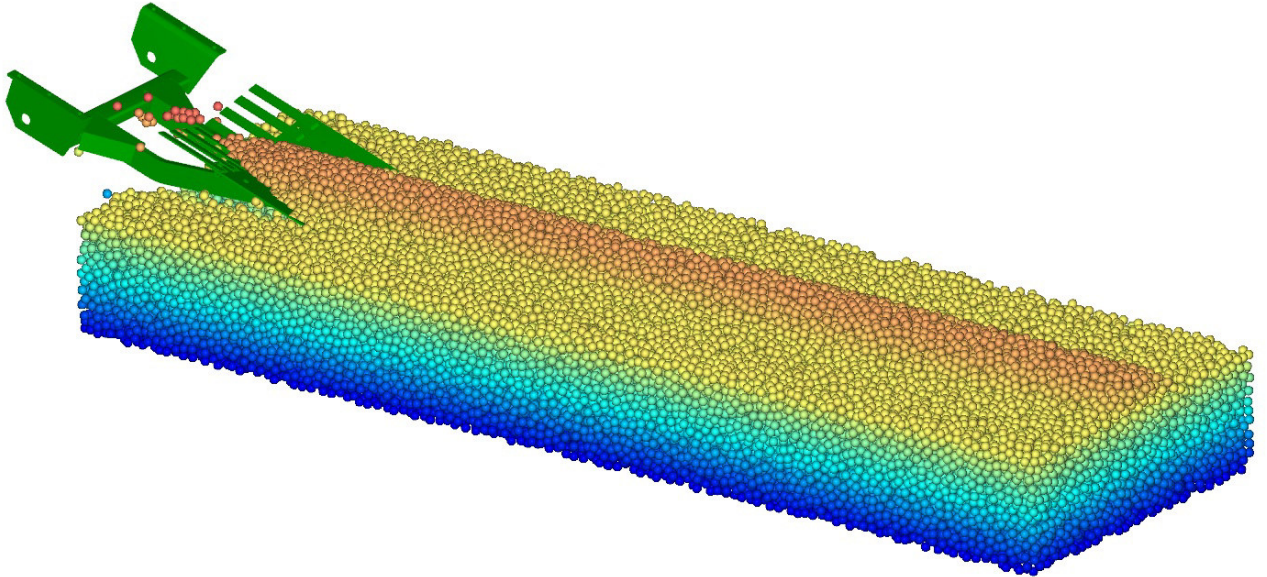


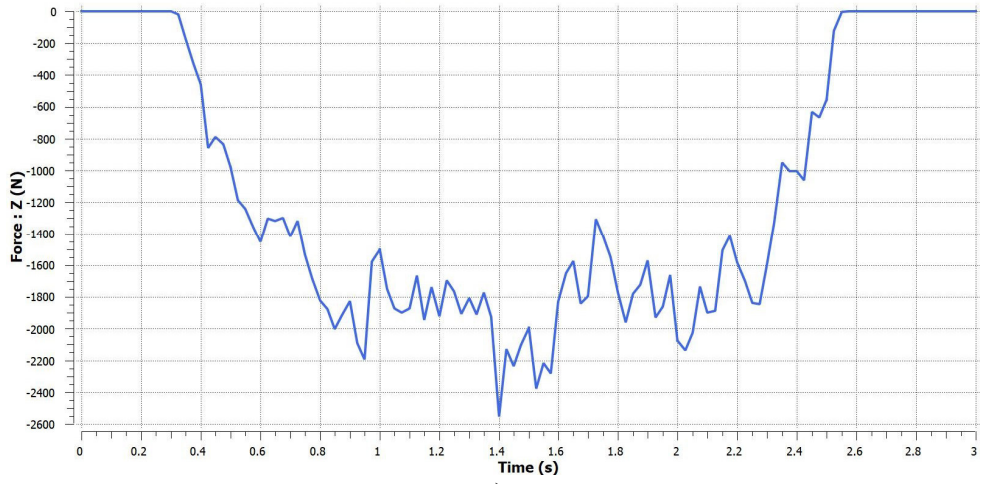
Рис. 3.15. DEM взаємодії підрізаючого лемеша з ґрунтовим гребенем

При імітаційному 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. 16).

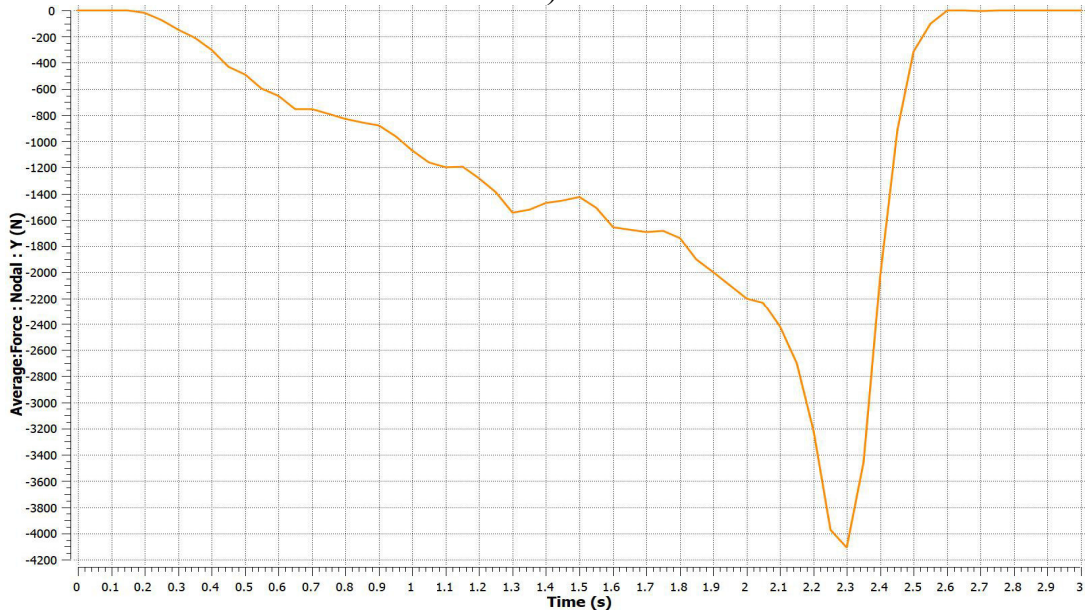
Максимальні середні нормальні контактні напруження становлять близько 160 МПа, а максимальні дотичні контактні напруження становлять 24 МПа (рис. 3.17).

Максимальна середня частота коливань напружень - 18 Гц (рис. 3.18).

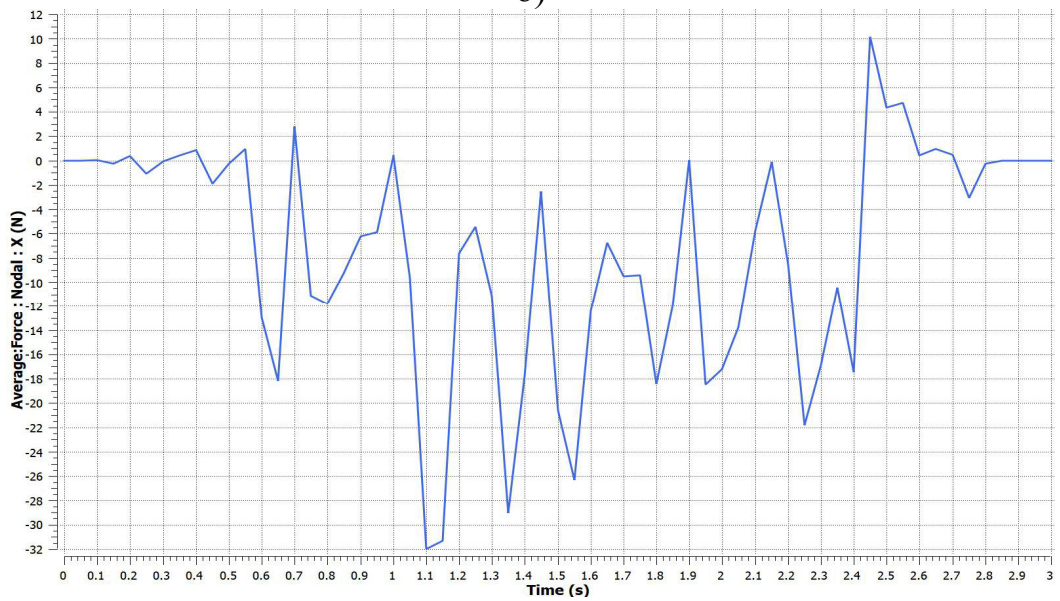
Зони виникнення максимальних контактних напружень підкопуючого лемеша показано на рис. 3.19.



a)



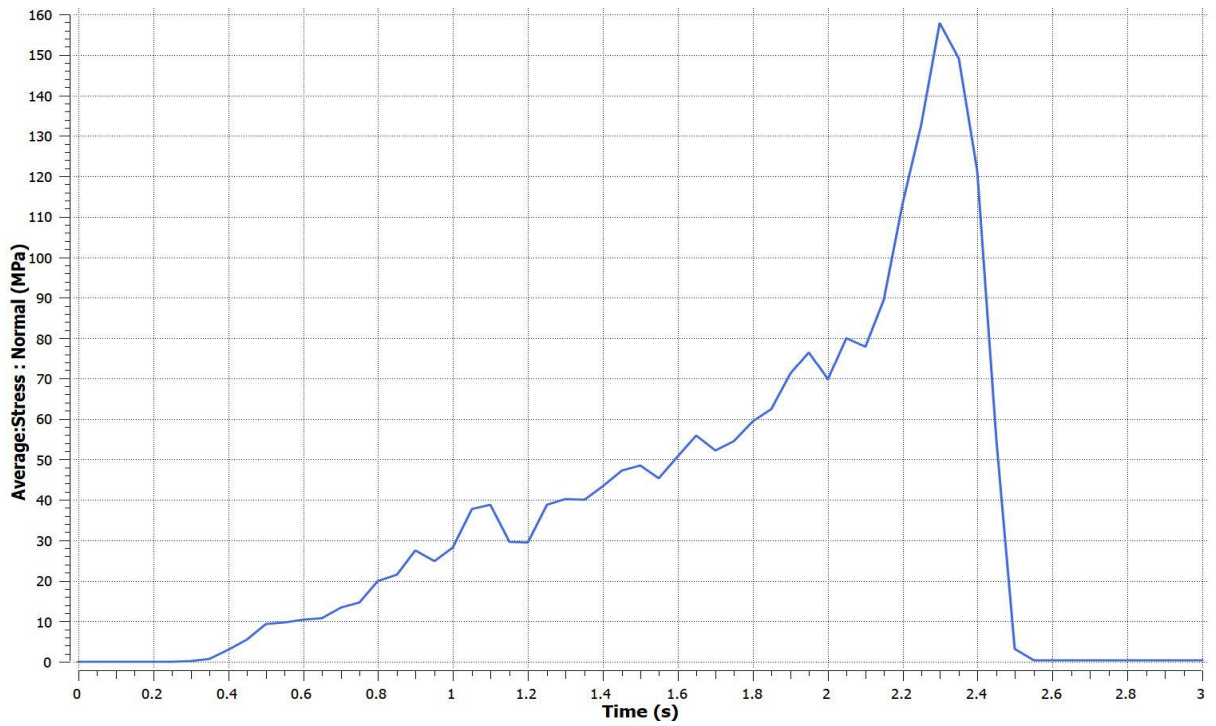
б)



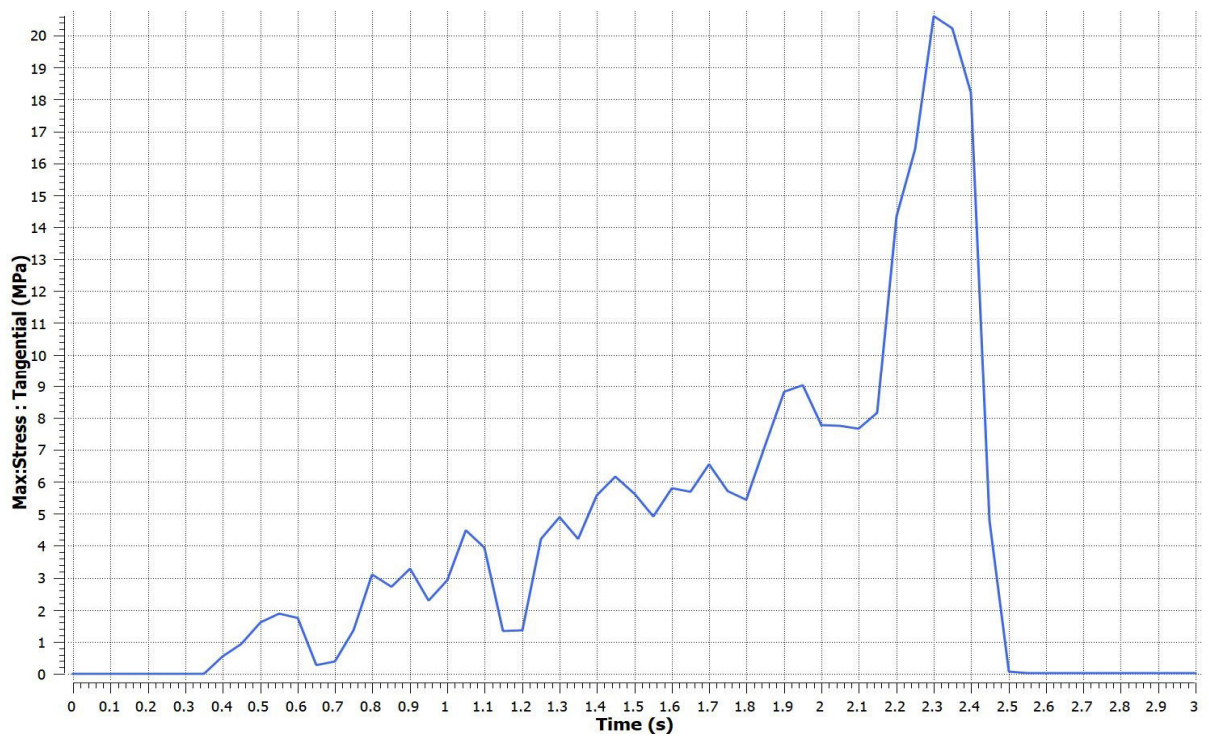
в)

Рис. 3.16. Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:

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



а)



б)

Рис. 3.17. Напруження при взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом

а – нормальні контактні напруження,

б – дотичні контактні напруження.

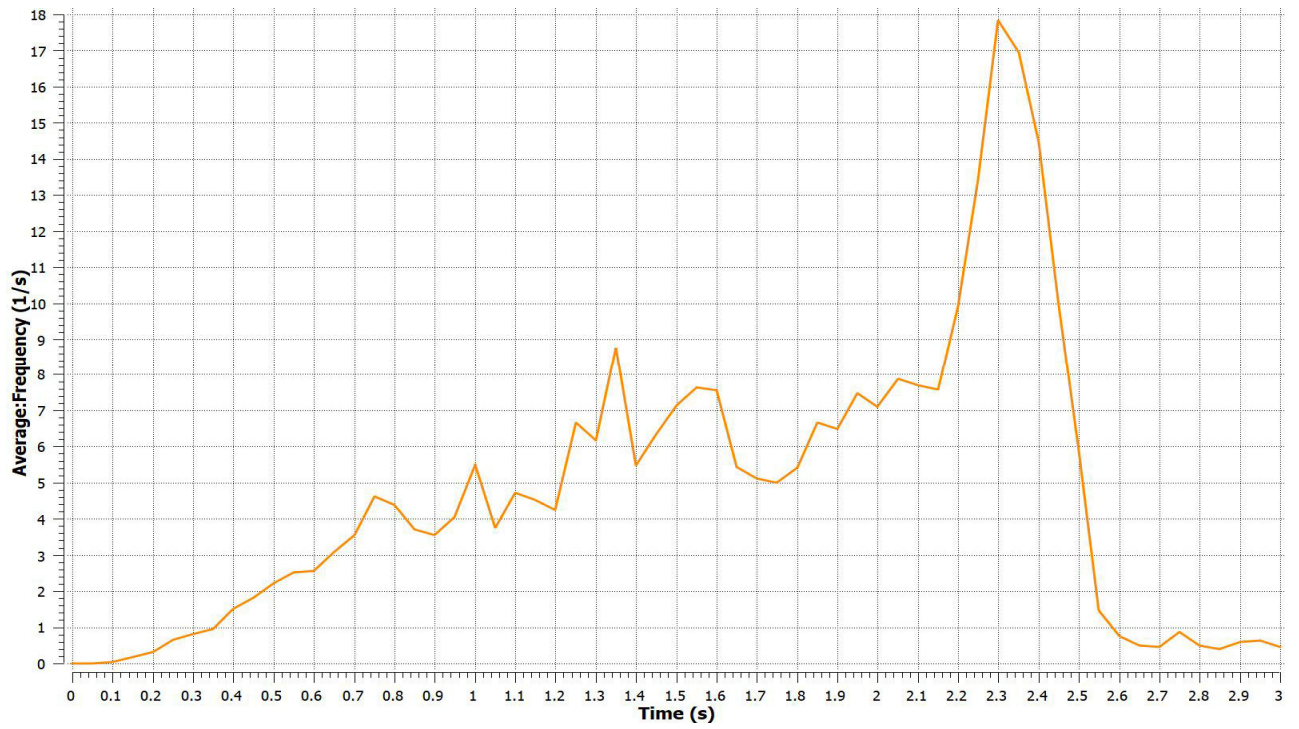


Рис. 3.18. Середня частота зміни напружень

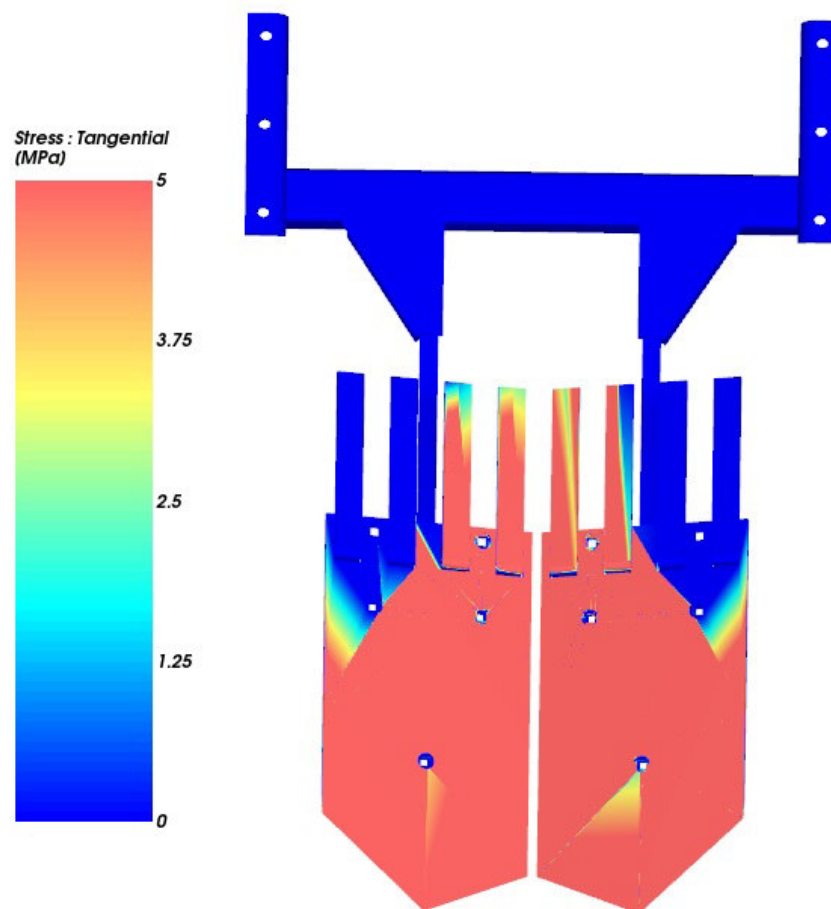


Рис. 3.19. Зони напружень при взаємодії лемеша з ґрунтом

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

Загальний вигляд дискретно-елементної моделі взаємодії комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1 з ґрунтом показано на рис. 3.20.

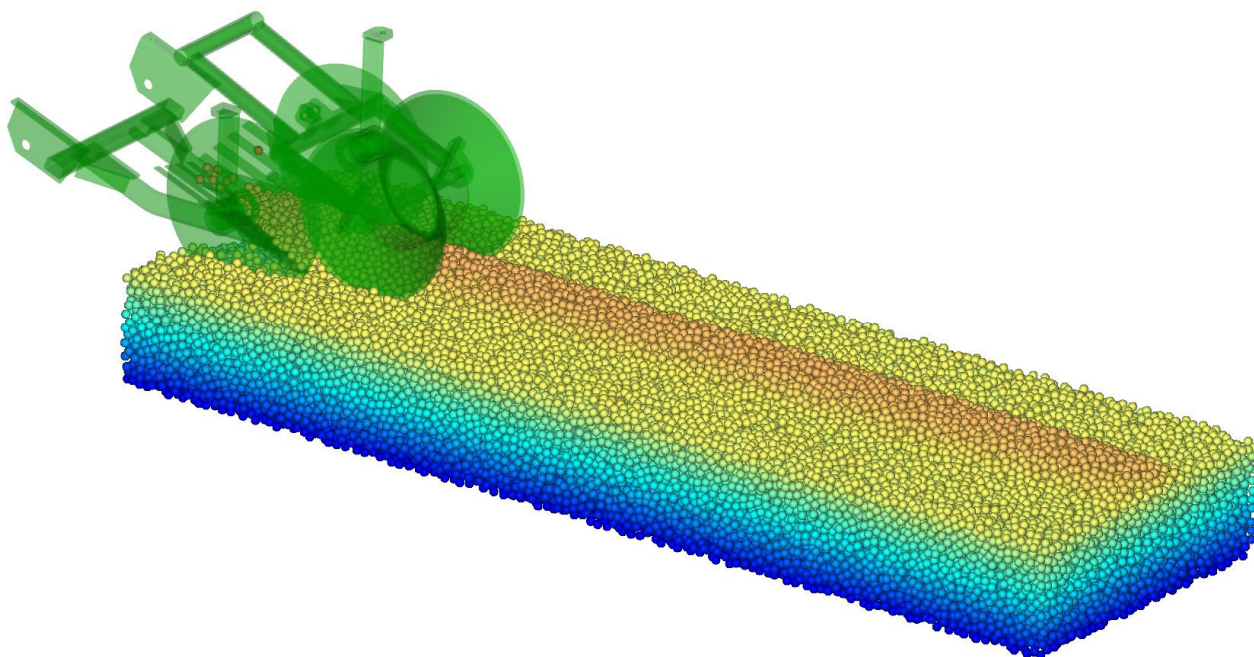
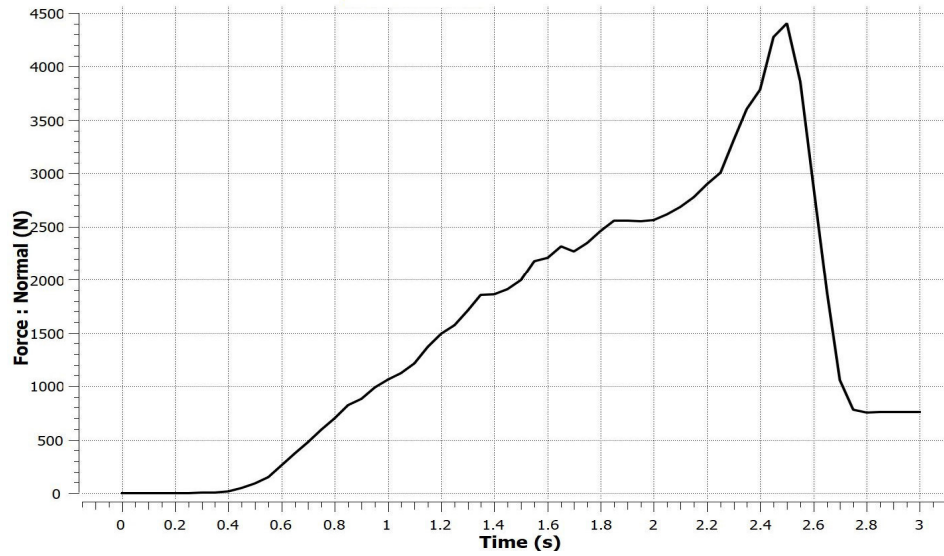


Рис. 3.20. DEM взаємодії комплексу викопуючих робочих органів з ґрунтом

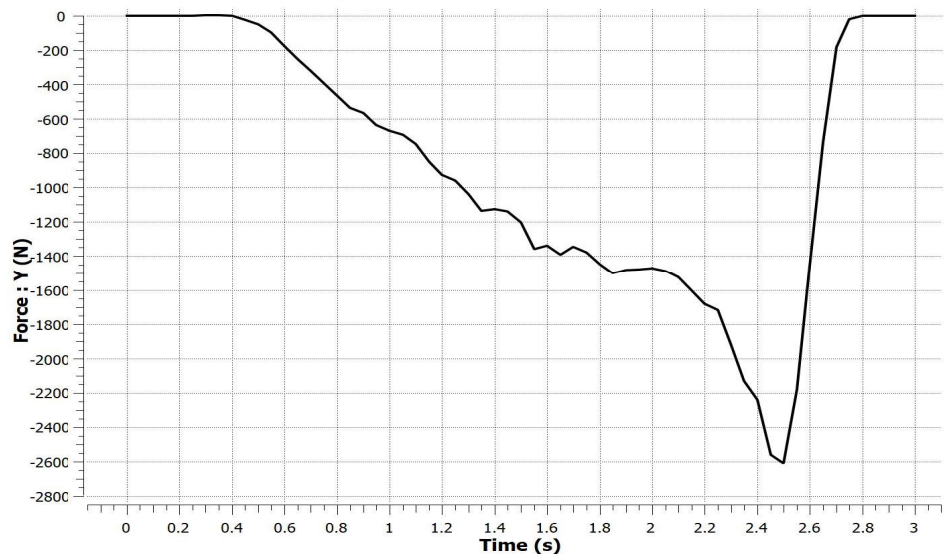
За результатами імітаційного моделювання взаємодії комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна з ґрунтом отримали такі значення зусиль: нормальна сила (тягове зусилля) становить 4500Н; поперечна вертикальна (заглиблююча) сила – 2800Н і поперечна горизонтальна сила – від -10 Н до 20 Н (рис. 3.21)

Споживана потужність при роботі викопуючих органів картоплезбирального комбайна складає близько 4 кВт (рис. 3.22, а), а максимальна питома потужність – 18 кВт/м² (рис. 3.22, б).

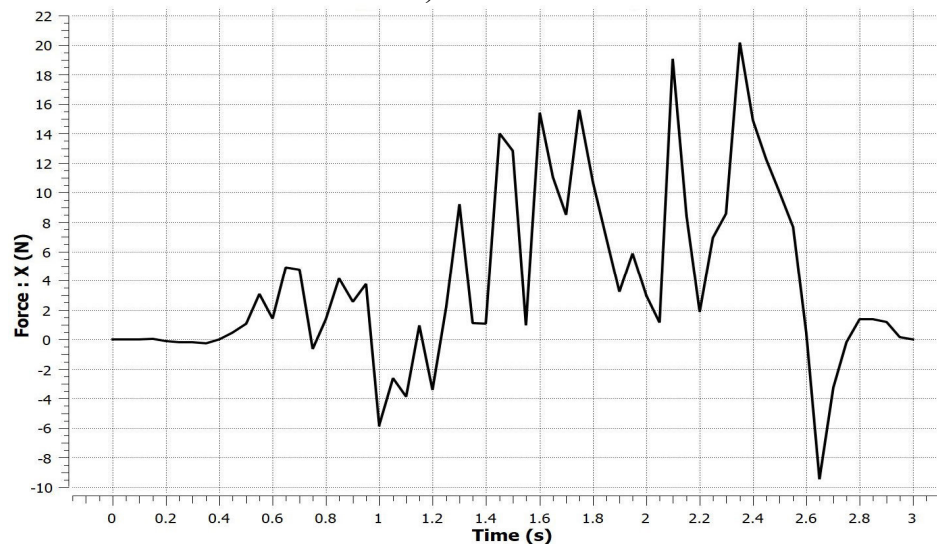
Середня частота коливань становить 1,5 Гц (рис. 3.23).



a)



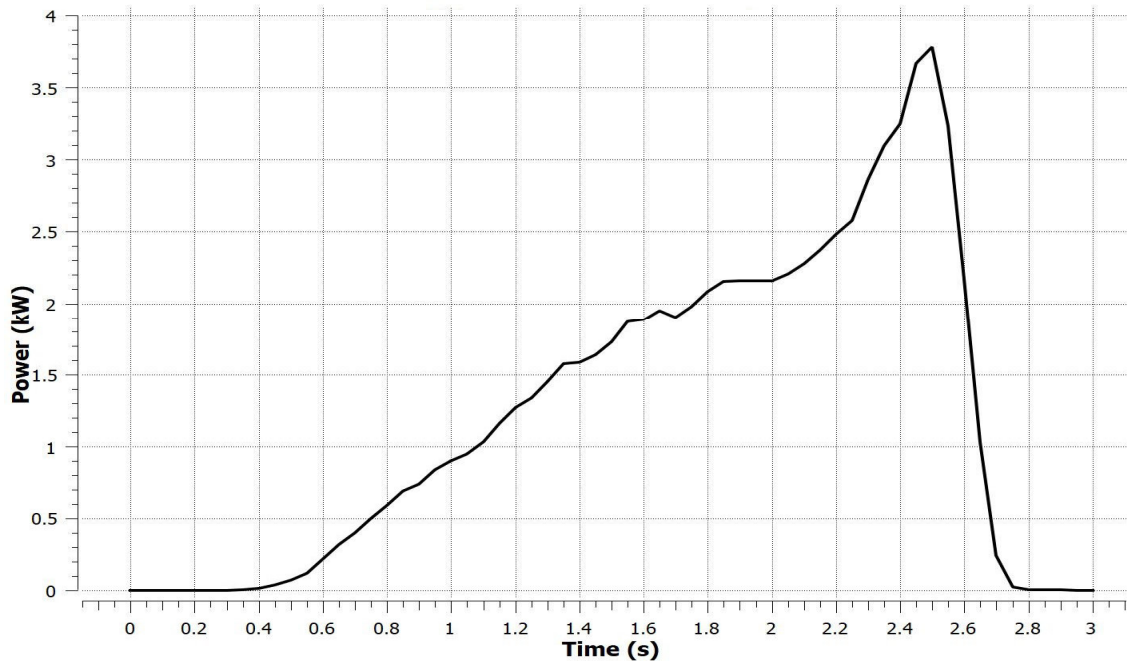
б)



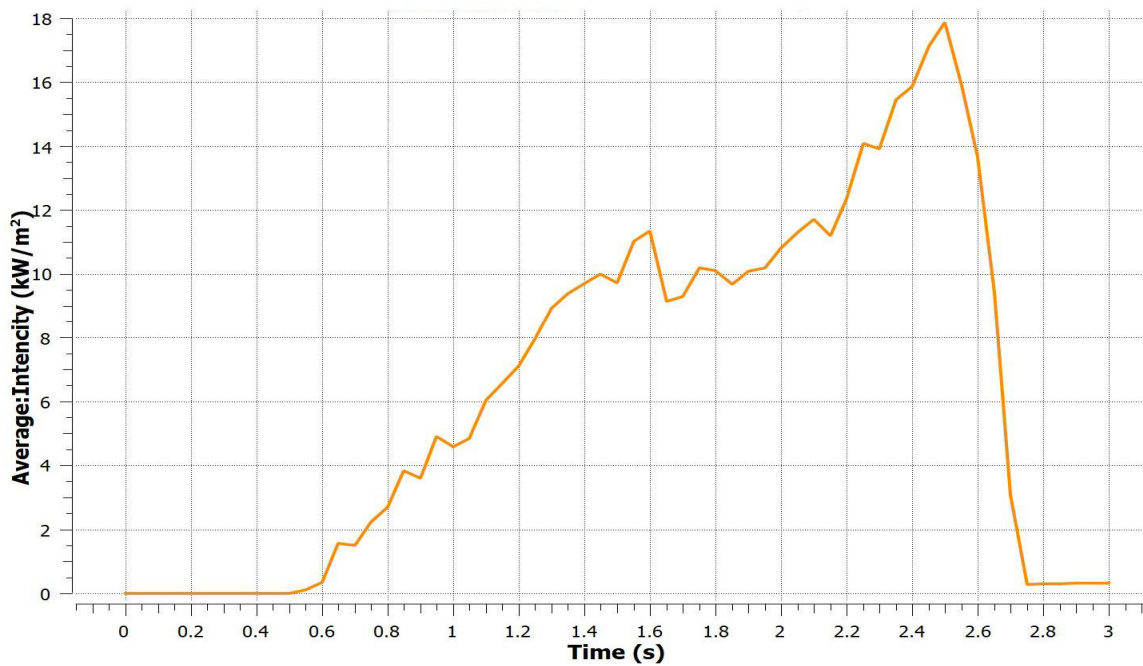
в)

Рис. 3.21. Зусилля взаємодії підрізаючих дисків з ґрунтом:

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



a)



б)

Рис. 3.22. Експлуатаційні потужності викопуючих робочих органів:

а – середня споживана потужність;

б – середня питома потужність.

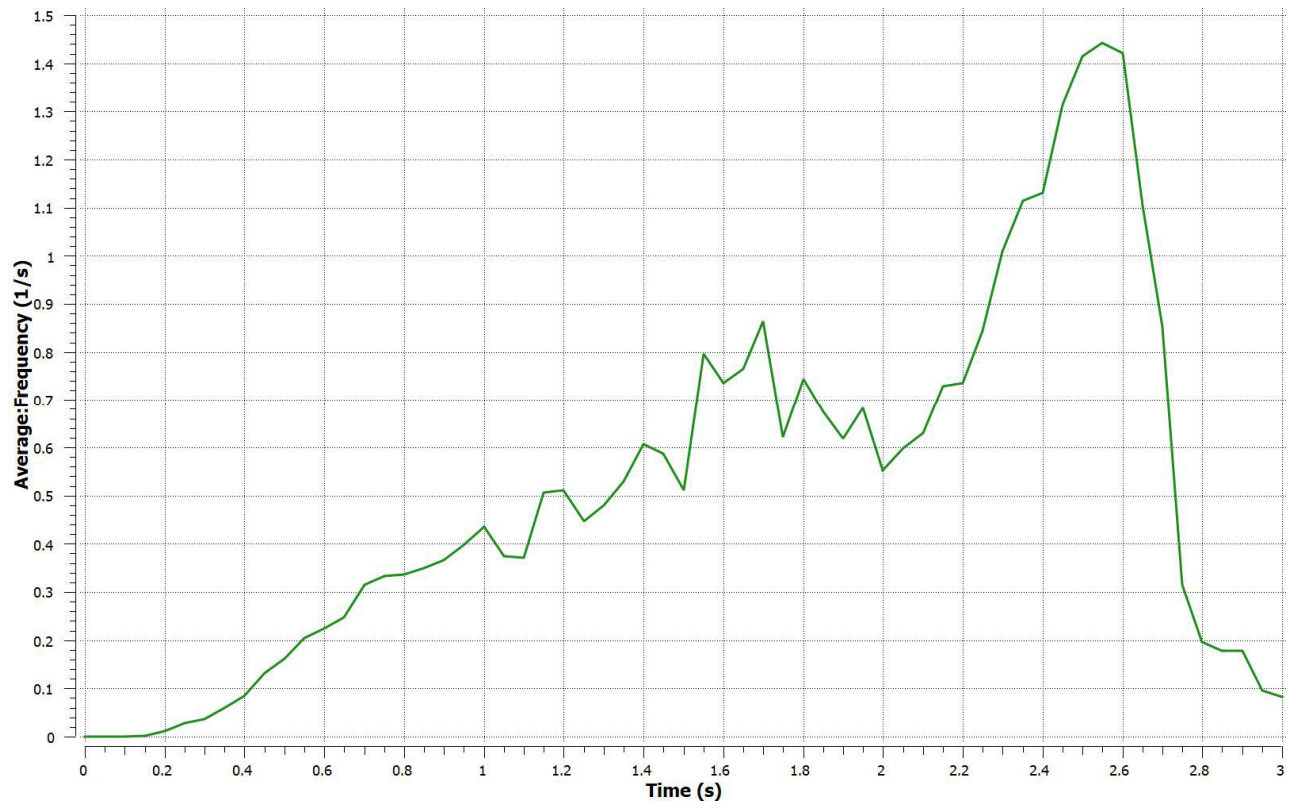


Рис. 3.23. Середня частота коливань

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Безпека праці при експлуатації досліджуваної машини

4.1.1. Забезпечення безпеки праці при експлуатації сільськогосподарських машин

Особливістю конструкцій і умов експлуатації більшості сільськогосподарських машин є неможливість застосування огорожень для їх робочих органів. У більшості випадків сільськогосподарські машини працюють під відкритим небом, технологічні операції виконують у запиленому повітрі або при високій температурі, обслуговуючий персонал зазнає впливу вібрації і напрузі при виконанні робіт, що негативно впливає на здоров'я працівників. Тому при конструюванні сільськогосподарських машин велику увагу приділяють питанням зручності їх обслуговування, зменшення затрат енергії обслуговуючого персоналу і навантаженості роботи, впровадження здорових умов праці.

Зручність обслуговування машини забезпечується визначеним розміщенням вузлів і механізмів, вільним доступом до них при їх ремонті і експлуатації; швидкознімними та відкидними огорожуючими пристроями, які підлягають частому огляду. У машинах необхідним є облаштування відповідного робочого місця обслуговуючого персоналу для забезпечення нешкідливих і комфортних умов роботи; у машинах із складною системою управління у відповідних місцях наносять надписи і встановлюють таблички.

Полегшення фізичної праці при управлінні машиною досягається застосуванням гідравліки у найбільш трудомістких і часто застосовуваних механізмах регулювання, що сприяє зменшенню необхідного зусилля на важіль регулювання.

Зменшення напруження при роботі досягається застосуванням автоматичних вимикачів або сигналізаторів, що контролюють правильність

функціонування робочих органів і механізмів, які попереджують про перевантаження або про не функціонування деяких робочих органів. Сигналізаторами оснащуються робочі органи, які найбільш часто перестають функціонувати - шнеки, транспортери, бітери. Застосовуються також копії рельєфу поля, які забезпечують постійне положення робочих органів машини відносно поля, а також інші автоматично діючі пристрої для регулювання робочих процесів і водіння агрегату сільськогосподарської машини.

Безпека обслуговування сільськогосподарських машин досягається надійним закріпленням і огороженням передаточних механізмів, карданних, ланцюгових, пасових і зубчастих передач, з якими може контактувати обслуговуючий персонал під час роботи.

На машинах, у місцях, доступних для огляду, наносять надписи і таблички із основними вимогами техніки безпеки, виробничої санітарії і пожежної безпеки.

Габарити сільськогосподарських машин у транспортному положенні вибирають із умов забезпечення безпечного і зручного проїзду дорогами, під лініями електропередач і дорожніми спорудами.

Керівництво і відповідальність за організацію роботи з охорони праці в області технічного обслуговування машинно-тракторного парку покладається в господарствах на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування, і ділянках на безпосередніх керівників цими підрозділами.

Особи, відповідальні за техніку безпеки в області організації технічного обслуговування (інженери по експлуатації, механік, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, електрогазозварювальних, ковальських й інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;

- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огорожень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідному ділянці роботи;
- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи;
- вимагати дотримання колгоспниками (робітниками) і обличчями, що працюють за трудовим договором чи угоді, правил і інструкцій з техніки безпеки, строго стежити за застосуванням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів;

Усі робітники, що надходять на роботу, повинні пройти вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електрогазозварювальні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Велику роль у зниженні виробничого травматизму грає пропаганда безпечних методів ведення робіт. Тому керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок з техніки безпеки.

Куточок по техніці безпеки організується в спеціальному чи приміщенні безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянка куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинний відповідати вимогам естетики. Його необхідно постачити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів і інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті

сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, що виконуються на пункті технічного обслуговування.

4.1.2. Техніка безпеки при експлуатації картоплезбирального комбайна КПБ-1

До роботи з технічного обслуговування, транспортуванні, обкатці і використанні машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

При експлуатації картоплезбирального комбайна необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених ГОСТ 1221 - 80. Для безпечної роботи з цією машиною слід керуватися такими правилами [11]:

- не допускати до роботи осіб без прав тракториста-машиніста, осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис у журналі;
- стороннім особам категорично забороняється знаходитися поблизу працюючої машини;
- забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час роботи;
- всі види регулювань і технічного огляду виконувати тільки після зупинки машини і при виключеному двигуну трактора;
- забороняється проводити будь-які роботи при відчепленій машині, якщо під її колеса не поставлені противідкочувальні башмаки;
- забороняється робота на агрегаті у незаправленому одязі;
- перед початком роботи слід переконатися у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплень всіх захисних щитків і кожухів; не розпочинати роботу при знятих кожухах;
- про початок руху агрегату необхідно попередити сигналом людей, які стоять поблизу;

- не можна торкатися руками робочих органів машини під час її роботи;
- забороняється знаходитися попереду, позаду і зліва агрегату під час його роботи;
- слід остерігатися рухомих частин механізму;
- у кабіні трактора необхідно мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами;
- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки зміни швидкостей у нейтральне положення і виключити вал відбору потужностей;
- обганяти транспорт, який рухається, швидкість руху якого перевищує вказану транспортну швидкість машини забороняється;
- перевезення агрегатованої машини у нічний час, під час сильного туману забороняється;
- перегін машини дорогами загального користування необхідно проводити відповідно до "Правил дорожнього руху";
- періодично оновлювати знаки безпеки, які є на машині.

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатки і використання машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення [11].

При одночасному обслуговуванні, ремонту машини кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт).

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

Інструменти, прилади і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватись тільки за своїм призначенням, бути справними і забезпечити безпечність проведення робіт.

Стационарні пости технічного обслуговування і агрегати технічного обслуговування повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

У машин, які пройшли технічне обслуговування не повинно бути підтікання палива. Особи, які працюють на машині, а також які беруть участь у проведенні технічного обслуговування, повинні здати пожежо-технічні мінімуми [11, 16].

При щозмінному технічному обслуговуванні очищають від пилу, землі і рослинних залишків складові частини машини. Оглядають і перевіряють: надійність різьбових з'єднань, і складових частин машини; відсутність підтікання масла у з'єднаннях і ущільненнях; правильність регулювання і стан робочих органів. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність її складових частин.

При першому технічному обслуговуванні очищають від рослинних залишків машину; оглядають машину і перевіряють: надійність різьбових з'єднань складових частин, натяг ланцюгів валів. Перевіряють і при необхідності доводять до нормального тиску повітря у шинах коліс, підшипники валів і коліс машини. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність її складових частин.

При другому технічному обслуговуванні очищають від рослинних залишків і миють машину; оглядають машину і перевіряють: надійність різьбових з'єднань складових частин, натяг ланцюга приводу, кріплення і стан транспортерів-сепараторів, тиск повітря у шинах опорних коліс. Змащують: стакан редуктора, кронштейн ступиці опорних коліс, підшипники валів машини. Перевіряють і при необхідності доливають масло у редуктор. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність робочих органів.

При збереженні машини виконують вимоги ГОСТ 7751-85 "Техніка, яка використовується у сільському господарстві. Правила збереження".

Машину ставлять на зберігання: міжзмінне – перерва у використанні машини до 18 днів; довгострокове – перерва більше двох місяців.

Машини на міжзмінне збереження повинні бути поставлені безпосередньо після закінчення робіт, а на довгострокове збереження – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

Машини повинні зберігатися у закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігати на відкритих пристосованих майданах при обов'язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і знятті складових частин, що потребують складського зберігання (ланцюгів, коліс).

Для проведення профілактичних оглядів машини повинні бути розташовані із збереженням відстані між ними (не менше 0,7м). Машини підготовлені до збереження повинні бути віддані механізаторами і прийняті відповідальною особою. Місце збереження машини забезпечують протипожежними засобами.

Машини повинні встановлюватися на підставки (або підкладки) у горизонтальному положенні для уникнення перекосу і згину рам, для розвантаження коліс між шинами і опорними поверхнями повинні бути просвіти 8-10см. Стан машин повинен перевірятися у період збереження у закритих приміщеннях не рідше 1 разу у 2 місяці, а на відкритих майданчиках і під навісом – щомісячно.

Допускається збереження машини на майданчиках і пунктах міжзмінного збереження або безпосередньо на місці проведення робіт. Машини повинні бути встановлені комплектно без зняття з них складових частин.

Консервацію машин проводять відповідно до вимог ГОСТ 9.014-78. Машина підлягає частковій консервації. Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового захисту і пакування. Консервація повинна проводитися у спеціальних приміщеннях або дільницях, які дозволяють зберігати встановлений технологічний процес і вимоги безпеки. Ділянки консервації повинні розташовуватись з врахуванням обмеження або виключення проникнення агресивних газів і пилу.

Температура повітря у приміщенні повинна бути не нижче 15⁰С і відносна вологість не більше 70%. Вироби повинні поступати на консервацію

без корозійних пошкоджень металу і металічних покриттів. Вироби, які підлягають консервації, повинні мати температуру повітря приміщень.

Допускається відкрито зберігати пневматичні шини у розвантаженому стані на машинах, встановлених на підставках. Поверхні шин повинні бути покриті воском або захисним матеріалом. Тиск у шинах при закритому і відкритому збереженні повинен бути знижений до 70% від нормального.

При технічному обслуговуванні машин у період збереження повинна бути перевірена: правильність встановлення машин на підставки або прокладки (відсутність перекосів, прогинів, стійкість); комплектність (з врахуванням знятих складових частин, які зберігаються на складі); тиск повітря у шинах; стан антикорозійних покриттів (наявність захисного змащення, цілісність фарбованих покриттів, відсутність корозії).

Технічне обслуговування машин при знятті із збереження включає: зняття машин з підставок (прокладок); зняття герметизуючих пристроїв (розконсервація); встановлення знятих складових частин.

Розконсервація проводиться згідно ГОСТ 8505-80, ГОСТ 1012-72, ГОСТ 3134-78 протиранням деталей і вузлів ганчір'ям змоченим розчинником.

Всі операції з налагоджування і технічного обслуговування машини проводить тракторист-машиніст. Він забезпечує правильне ведення трактора відносно рядків картоплі, включає вал відбору потужностей на початку гону і виключає вкінці гону до підйому робочих органів у транспортне положення. У всіх випадках включення валу відбору потужностей повинно бути плавним, без ривків.

Категорично забороняється включення валу відбору потужностей при огляді машини. На початку технологічного процесу збирання, тобто при заїзді машини у рядки необхідно опустити робочі органи машини, поставити рукоятку розподільника трактора у положення "плаваюче". Чим точніше машина йтиме по рядках, тим якісніше буде виконуватися робочий процес.

4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів

4.2.1. Структура та завдання безпеки життєдіяльності

Безпека життєдіяльності (БЖД) – це наука, що вивчає теоретичні основи взаємодії людини з навколишнім середовищем і способи забезпечення безпеки її життя і діяльності в середовищі існування й умовах сучасного виробництва.

Головною задачею науки про безпеку життєдіяльності є забезпечення комфортних умов існування людини на всіх стадіях її життєвого циклу і нормативно припустимих рівнів впливу негативних факторів на людину і природне середовище. В діалектичному аспекті стан навколишнього середовища, яке включає атмосферу, літосферу та гідросферу, фауну, флору, тобто біосферу Землі (виключаючи вплив людини) повинен характеризуватися т. н. «динамічною рівновагою». Таке положення (динамічна рівновага) визначає поступовий природно логічний розвиток, логічно обумовлену еволюцію біосфери, яка диктується об'єктивними законами її розвитку.

Аналіз сумісного розвитку біосфери та людства на протязі історично значного часу показує, що ці природні об'єктивні закони розвитку біосфери підлягають впливу діяльності людини, яка прогресивно інтенсифікується.

Діяльність є необхідною умовою існування людини і людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони включають інтелектуальні, прикладні і духовні процеси, що протікають у виробничій, науковій, суспільній, культурній, у побуті, і інших сферах життя людини.

Праця – є вищою формою діяльності людини. Тому, на думку філософів, найадекватнішим визначенням людини є «людина діюча» – Homo agens.

Досвід еволюції людства свідчить, що його будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Модель процесу діяльності людини в найбільш загальному вигляді можна представити узагальненою системою, яка складається з двох взаємозалежних елементів: «людина» і «середовище її

існування» (рис. 4.1). Задачею рівноважного існування системи «людина – середовище існування» є досягнення наступних двох цілей.

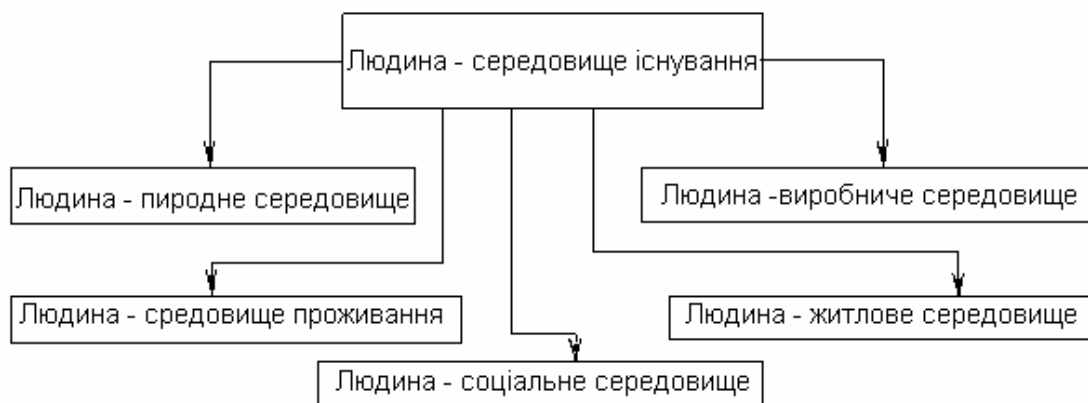


Рис. 4.1 – Структурна схема системи «людина – середовище існування»

Перша ціль полягає в забезпеченні позитивного ефекту в плані підвищення продуктивності праці і, як наслідок – комфортності життя людини.

Друга ціль полягає у виключенні небажаних наслідків діяльності людини на навколишнє середовище і здоров'я сьогоденного і майбутнього поколінь.

До основних негативних наслідків діяльності людини відносяться такі: збиток здоров'ю і життю людини, пожежі, аварії, катастрофи, тобто явища, що вносять елемент порушення в динамічну рівновагу стану системи «людина – середовище існування». Унаслідок цього негативні явища, що виникають у розглянутій системі в результаті діяльності людини чи природних процесів, що протікають у середовищі існування, називаються небезпеками.

Безпека – це стан системи «людина – середовище існування» при якому з визначеною імовірністю виключається прояв небезпек.

Забезпечення комфортних умов діяльності і відпочинку створює передумови для прояви найвищої працездатності людини. При цьому формування, вибір і визначення комфортних умов (параметрів і організації виробничого, природного, соціального середовища, середовища проживання) діяльності і відпочинку повинні ґрунтуватися на знанні закономірностей взаємозв'язків системи «людина – середовище існування», фізіології людини, його психологічного стану і функціональних можливостей. У результаті

реалізації такого підходу забезпечується зменшення травматизму і захворюваності людей, зменшення кількості небезпек чи зниження їх рівня.

Таким чином, забезпечення безпеки і нешкідливості праці, ефективного відпочинку, з дотриманням вимог екології, природних процесів розвитку біосфери буде забезпечувати збереження життя і здоров'я не тільки людини, але і біосфери Землі, а значить і людства в цілому.

Зниження ступеня небезпеки і шкідливості негативних факторів середовища існування, зменшення їхньої кількості, виконується на основі інформації, яка одержується в процесі ідентифікації (розпізнавання) цих негативних факторів і забезпечується доцільним вибором і застосуванням конкретних ефективних захисних методів і засобів.

Виходячи з цього, комплексною науковою задачею БЖД є теоретичний аналіз, розробка методів ідентифікації і кількісної оцінки негативних факторів, які генеруються складовими середовища існування.

При цьому пріоритетним напрямком є рішення задач БЖД на етапі проектування предметів праці, діяльності людини, а також прогнозування природних явищ, які можуть викликати аварії, катастрофи, надзвичайні ситуації. Наукові задачі БЖД не обмежуються перерахованими аспектами. До них відносяться також наступні напрями:

- комплексна оцінка багатфакторного впливу негативних факторів середовища існування на працездатність і здоров'я людини;
- визначення параметрів комфортних умов праці і відпочинку;
- розробка і реалізація нових методів і засобів захисту людини і навколишнього середовища від дії негативних факторів;
- моделювання надзвичайних ситуацій.

Практичні задачі БЖД полягають у розробці і створенні нових принципів захисту людини і природного середовища від впливу негативних факторів.

Виходячи з цього, об'єктом вивчення БЖД є комплекс явищ і процесів у системі «людина – середовище існування», що негативно впливають на людину і природне середовище (в глобальному масштабі – на біосферу Землі).

З метою аналізу взаємозв'язків у якості складових узагальненої системи «людина – середовище існування», виділяються наступні основні підсистеми:

«Людина – природне середовище». Причому, поняття «природне середовище» містить у собі флору і фауну, мікро- і макроорганізми, що являють собою біосферу Землі;

«Людина – виробниче середовище». У цю підсистему, у свою чергу входять такі системи як «людина – машина», «людина – робоча зона»;

«Людина – середовище проживання» («людина – міське середовище» чи «людина – сільське середовище»);

«Людина – житлове середовище» («людина – побутове середовище»);

«Людина – соціальне середовище». Ця підсистема охоплює практичні взаємозв'язки людини в усіх перерахованих вище підсистемах.

У процесі еволюції людини сформувалася також підсистема «виробниче середовище – природне середовище», яка називається техносферою. Практично ця підсистема сформувалася внаслідок предметної діяльності людини, що сполучена з виникненням нових негативних факторів різного рівня інтенсивності, які діють як на людину, так і на природне середовище – біосферу Землі. Унаслідок цього область техносфери, поширюючись на атмосферу, гідросферу і літосферу, робить свій негативний вплив як на фауну, так і на флору Землі вносить елемент порушення в динамічний рівноважний стан системи «людина – середовище існування».

Таким чином, техносфера являє собою локалізовану область біосфери, яка сформувалася в результаті діяльності людини в регіонах розміщення великих міст і промислових об'єктів. Фізико-хімічні та біологічні характеристики техносфери відрізняються від природних характеристик біосфери, наприклад, підвищеним рівнем теплових випромінювань, підвищеною запиленістю, загазованістю повітря, підвищеним рівнем енергетичних випромінювань, підвищеним рівнем шуму і вібрації, зниженою концентрацією або відсутністю природних мікроорганізмів, присутністю модифікованих або нових вірусів, бактерій і т.п.

Виходячи зі структури й існуючих взаємозв'язків системи «людина – середовище існування» впливає, що наука «Безпека життєдіяльності» вивчає негативні фактори, їхній вплив на людину і навколишнє, виробниче, побутове, міське середовище, як в умовах повсякденного життя, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження.

Реалізація цілей і рішення задач безпеки життєдіяльності включає наступні основні етапи наукової і практичної діяльності людини:

- ідентифікація негативних факторів і опис зон їх впливу на біосферу Землі. На цьому етапі досліджується комплексний вплив негативних факторів техносфери і негативний вплив її окремих складових – підприємств, машин, приладів і т.п. Ідентифікації підлягають як реальні, так і потенційні небезпеки, що повинні виявлятися на етапі проектування при аналізі технологічних і виробничих процесів промислових об'єктів;

- розробка і реалізація ефективних систем попередження і методів захисту від небезпек. Такі системи і методи повинні розроблятися і закладатися для технічної реалізації на етапі проектування об'єктів предметної діяльності людини. Вони повинні бути невід'ємною частиною процесу створення об'єкта будь-якої складності;

- розробка і реалізація, створення, підготовка і утримування у належному технічному стані засобів для ліквідації наслідків реалізації небезпек;

- організація навчання населення питанням забезпечення безпеки життєдіяльності в реальних ситуаціях;

- підготовки фахівців із забезпечення безпеки життєдіяльності.

Основними методами, що застосовуються для рішення задач у БЖД, є моделювання, спостереження, експеримент, математична статистика, аналіз, прогнозування. Завдяки такому підходу до вирішення поставлених задач забезпечується вибір оптимальних форм діяльності людини, організації праці, відпочинку, професійного добору, заснованих на медико-біологічних, технічних, ергономічних, суспільно-правових і наукових основах.

4.2.2. Запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру невпинно зростають.

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій державної влади, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

Вирішальним кроком у цьому напрямі є прийняття Закону України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” від 8 червня 2000 року, що визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру та реагування на них.

Найбільш ефективний спосіб зменшення шкоди та збитків від надзвичайних ситуацій – запобігти їх виникненню, а в разі виникнення виконувати відповідні до даної ситуації заходи.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій – це підготовка та реалізація комплексу заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу (спостережень), експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків.

Зазначені функції запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру в нашій країні покликана виконувати Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР), затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998р №98. ЄДСЗР включає в себе центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організують проведення роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат. ЄДСЗР складається з постійно діючих функціональних та територіальних підсистем і має чотири рівні : загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий. Кожен рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління.

Координуючими органами ЄДСЗР є:

- на загально державному рівні:
 - Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
 - Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення;
- на регіональному рівні – комісії обласних державних адміністрацій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
- на місцевому рівні – комісія районних державних адміністрацій і виконавчих органів рад з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;
- на об'єктовому рівні – комісії з питань надзвичайних ситуацій об'єктів.

До систем повсякденного управління ЄДСЗР входять оснащені засобами зв'язку, оповіщення, збирання, аналізу і передачі інформації:

- центри управління в надзвичайних ситуаціях, оперативно-чергові служби уповноважених органів з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення усіх рівнів;

– диспетчерські служби центральних та місцевих органів виконавчої влади, державних підприємств, установ та організацій.

До складу сил і засобів ЄДСЗР входять військові і спеціальні цивільні аварійно-рятувальні (пошуково-рятувальні) формування, які укомплектовуються з урахуванням необхідності проведення роботи в автономному режимі не менше трьох діб і перебувають у стані постійної готовності, а також недержавні (добровільні) рятувальні формування. Залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, може існувати один із таких режимів функціонування ЄДСЗР: повсякденної діяльності, підвищеної готовності, діяльності у надзвичайній ситуації, діяльності у надзвичайному стані.

З метою ліквідації наслідків надзвичайної ситуації у мирний час може поводитися цільова мобілізація.

Ефективність функціонування систем захисту населення і територій досягається через завчасну підготовку, оперативне реагування та ефективне управління під час надзвичайних ситуацій, своєчасне відновлення життєдіяльності населення в їх зоні.

Узагальнюючи питання про наявність надзвичайного ризику, підкреслюючи, що техногенна небезпека є найбільш характерною і значною за питомою вагою серед загального кола випадків, інші ризики, властиві Україні: природні, епідеміологічні, геофізичні та інші, у країні створена потужна система захисту населення і економіки від надзвичайних ситуацій.

Держава, як гарант права людини на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха створює систему цивільної оборони, яка має своєю метою захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного чи природного характеру.

ВИСНОВКИ

При удосконаленні сільськогосподарських машин найбільшу увагу необхідно приділяти зниженню опору переміщення машини, зменшенню її маси, спрощенню конструкції складних вузлів та зменшенню їх вартості.

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробітку ґрунту та ін.

Основним завданням при дослідженні системи «ґрунт-машина» є вивчення взаємодії робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору.

Традиційні аналітичні чи напіваналітичні методи, засновані на теорії пасивного тиску на землю або на класичній механіці ґрунтів, доволі громіздкі та обмежені припущеннями про фізико-механічні властивості ґрунту і характер його руйнування та простою геометрією інструменту.

Дослідження шляхом польових випробувань дозволяють відображати реальне польове середовище, але мають багато недоліків, таких як висока вартість системи приладів, значні затрати часу та робочої сили, низька відтворюваність 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.

Чисельні методи на основі цифрового моделювання дозволяють досліджувати складну геометрію інструменту та динамічні атрибути ґрунту і є альтернативою класичним методам досліджень.

Розроблені твердотільні моделі викопуючих робочих органів та створена дискретно – елементна модель ґрунтового середовища дозволили провести

імітаційне моделювання взаємодії ґрунтового середовища з комплексом викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1.

Імітаційне 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 імітаційного моделювання склала 3 с.

За результатами імітаційного моделювання взаємодії комплексу викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна КПБ-1 з ґрунтом отримали такі техніко - експлуатаційні параметри:

- нормальна сила (тягове зусилля) становить 4500Н, поперечна вертикальна (заглиблююча) сила – 2800Н і поперечна горизонтальна сила – від -10 Н до 20 Н;
- середня частота коливань навантаження становить 1,5 Гц;
- споживана потужність при роботі викопуючих органів картоплезбирального комбайна складає близько 4 кВт, а максимальна питома потужність – 18 кВт/м².

Отримані результати імітаційного моделювання взаємодії з ґрунтом викопуючих робочих органів картоплезбирального комбайна дозволяють забезпечити оптимальне налаштування вузлів комбайна, вибрати раціональну швидкість руху в залежності від урожайності та пропускної здатності викопуючих робочих органів забезпечуючи найбільш ефективну експлуатацію однорядкового причіпного картоплезбирального комбайна КПБ-1.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрейків О.Є., Лисак А.Р., Штаюра Н.С., Бабій А.В. Оцінювання залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій з короткими корозійно-втомними тріщинами // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2017, №4. С. 84-90.
2. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. – № 11.– 2018. – С. 27-34.
3. Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2014. С.112–118.
4. Бакка М.Т. Основи безпеки життєдіяльності людини. - Житомир: РВВ ЖІТІ, 1997. – 340 с.
5. Безпека життєдіяльності / За ред. Я. Бедрія. - Львів: Афіша, 1998. – 275 с.
6. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
7. Борычев С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием совершенствованных копателей, копателей-погрузчиков, и комбайнов: автореф. дисс. на соискание научн. степени д-ра техн. наук: спец. 05.20.01 - „Технологии и средства механизации сельского хозяйства” С.Н. Борычев - Рязань, 2008.
8. Булаєнко Р. Обґрунтування конструкції малогабаритного картопле-збирального комбайна / Р. Булаєнко, В. Булаєнко // Матеріали ІV студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – С. 41 – 42.
9. Булгаков В. Перспективи створення нових машин для збирання картоплі // Motorization and power industry in agriculture (MOTROL). – Lublin, 2007. – V. 9. – P.22–27.

10. Булгаков В. Сучасний стан виробництва картоплі та перспективи розробки картоплезбиральних машин // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – №11. – Т. 1 (65). – с. 103–109.
11. Верещагин Н.И., Пшеченков К.А. Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля. М.: Колос, 1977.- 326с.
12. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
13. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
14. Гринців В. Моделювання розподілу твердих добрив на кузов розкидача / В. Гринців, Р. Булаєнко // Збірник тез II Міжнародної студентської науково – технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С. 79 – 80.
15. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
16. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины (конструкция, теория, расчет): Учебник. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 707 с.
17. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины (конструкция, теория, расчёт): Учебник. – Ростов н/Д: Издательський центр ДГТУ, 2003. – 707 с.
18. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
19. Звіт про науково-дослідну роботу по розробці впровадження технологій і комплексу машин для виробництва картоплі на присадибних та фермерських ділянках. - Глеваха, 1996.

20. Исследование машин и рабочих органов для возделывания и уборки сельскохозйственных культур. – Горький, 1990. – 232 с.
21. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозйственные машины. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
22. Максимов Л. М. Новый мини-комбайн для уборки картофеля. // Тракторы и сельскохозйственные машины, 2007. - № 3.
23. Мельник І.І. Комплекси машин для виробництва картоплі / Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Шатров Р.В. // Аграрна техніка та обладнання. - №1(6). – 2009. – С. 30-33.
24. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
25. Патент № 72987 Україна, МПК А01D 33/08. Картоплезбиральний комбайн / Синій С. В., Осуховський В. М., Гевко Р. Б., Вознюк С. В.; заявник і власник Тернопільський національний економічний університет. – заявка № u201200728; заявл. 24.01.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17.
26. Патент № 72990 Україна, МПК А01D 33/08. Картоплезбиральна машина / Синій С. В., Гевко Р. Б., Вознюк С. В., Осуховський В. М.; заявник і власник Тернопільський національний економічний університет. – заявка № u201200761; заявл. 25.01.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17.
27. Петров Г.Д. Картофлеуборочные машины. – Москва: Машиностроение, 1984. – 400 с.
28. Петров Г.Д., Караев Е.Б. Самоходные картофелеуборочные комбайны КСК-4. М.: Агропромиздат, 1986.- 112с.
29. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДГУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
30. Резников Л.А., Ещенко В.Т., Дьяченко Г.Н. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1991.–543 с.

31. Рейнгарт Э. С., Сорокин А. А., Пономарев А. Г. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2006. - № 10.
32. Рибак Т.І., Підгурський М.І., Сташків М.Я. Методи визначення КІН для дефектних елементів замкнутого профілю // Механічна втома металів. Праці 13-го міжнародного колоквиуму. – Тернопіль: ТДТУ, 2006. – С. 441 – 449.
33. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
34. Синій С.В. Сучасний розвиток картоплезбиральної техніки в Україні. // Тези XXV наук.-техн. конф. проф.-викл. складу “Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва” (технічний напрямок). – Луцьк: НВВ ЛНТУ, 2010. – С. 169-170.
35. Синій, С. В. Новий малогабаритний комбайн для збирання картоплі [Текст] / С. В. Синій, Р. Б. Гевко, В. М. Осуховський // Вісник Інженерної академії України – Київ: 2012. – Вип. 3-4. – С. 72-76. – (Напрямок: Інженерні проблеми агропромислового комплексу).
36. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
37. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
38. Сташків М.Я. Методи дослідження взаємодії робочих органів картоплезбиральних машин з ґрунтом / М.Я. Сташків, І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко // Збірник тез X Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – С. 57-58.
39. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.

40. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
41. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
42. Andreikiv, O.E., Babii, A.V., Dolinska, I.Y. et al. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. *Mater Sci* 56, 112–118 (2020).
43. Andreikiv, O.E., Babii, A.V. & Dolinska, I.Y. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. *Mater Sci* 56, 166–173 (2020).
44. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
45. Leshchak, R.L., Babii, A.V., Barna, R.A. et al. Corrosion Resistance of Steel of the Frames of Boom Sprayers. *Mater Sci* 56, 425–431 (2020).
46. Lyashuk O. L., Vovk Y. Y., Sokil M. B., Klendii V. M, Ivasechko R. R, Dovbush T. A, (2019), Mathematical model of a dynamic process of transporting a bulk material by means of a tube scraping conveyor, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 21, no. 1, pp. 74-81; Fengmin Zhao/China.
47. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Lohvynenko, M., Ryndiaiev, V., Dyakonov, S., & Stashkiv, M. (2021). Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers,

which increase the quality of sowing and yield. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 4, №. 1 (112), 61–75.

48. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Lohvynenko, Sharai, K., Babiy, A., Stashkiv, M. (2019) Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters / // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - VOL 4, NO 1 (100) Engineering Technological Systems, 33 – 45.
49. Pidgurskyi I., Stashkiv M., Pidgurskyi M., Rudyak Yu., Ripetskyi Ye., Ripetskyi R., Lazaryuk V. Prediction of residual durability of structural elements with identical surface cracks taking into account the stage of their coalescence. Virtual international conference “In-service damage of materials, its diagnostics and prediction“ "VDMDP1", 2021.
50. Pidgurskyi I., Yasniy P., Pidgurskyi M., Baranovsky V., Shelestovskii B., Stashkiv M. Mathematical model for estimating SIF K_I during coalescence of two identical surface cracks. Virtual international conference “In-service damage of materials, its diagnostics and prediction“ "VDMDP1", 2021.
51. Rybak, T.I., Babii, A.V., Bortnyk, I.M. et al. Evaluation of the Service Life of the Frames of Sections of Boom Field Sprayers. Mater Sci 55, 374–380 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00312-0>
52. Stashkiv M. and Matsiuk O. nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. INFORMATION TECHNOLOGIES: THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAP-2021) The 1st International Workshop, 2021.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей
Том I

**X Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
24-25 листопада 2021 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2021

УДК 631.356.46: 519.876.5

М.Я. Сташків, к.т.н., доц.; І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ГРУНТОМ

M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.; I. Borys, R. Bulaienko, V. Bulaienko
**METHODS OF INVESTIGATION OF POTATO HARVESTING MACHINES WORKING
BODIES INTERACTION WITH SOIL**

Теоретичні та експериментальні дослідження технологій і машин (пристроїв) для збирання картоплі, їх виробничі випробування є невід'ємною частиною процесу створення картоплезбиральної техніки. Це пов'язано з вагомою часткою ресурсозатрат у механізованих процесах збирання картоплі, які складають близько 60-70 % [1].

Удосконалення технологій та машин з метою забезпечення оптимальних техніко-економічних показників відбувається постійно, тому до актуальних завдань розвитку вітчизняної картоплезбиральної техніки належить розробка та виробництво картоплезбирального комбайна, адаптованого до сучасних вітчизняних виробничих та економічних вимог [1, 2].

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробки ґрунту та ін. Тому одним із основних завдань дослідників системи «ґрунт-машина» є вивчення складних взаємодій робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору. Через просторову непостійність фізико - механічних властивостей ґрунту, його нелінійну поведінку, контактні та зсувні явища, що виникають на межі поділу «знаряддя – ґрунт», моделювання взаємодії у цій системі є складною науковою проблемою.

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 дослідженнях 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 (МСЕ або FEM – Finite Element Method) для вирішення задач механіки та гідрогазодинаміки та метод дискретних елементів (МДЕ або DEM – Discrete Element Method / Modeling) і метод гідрогазодинаміки згладжених частинок (СПН – Smoothed Particle Hydrodynamics) для дослідження поведінки систем з дискретними частинками [3].

У методі скінченних елементів (FEM) вважається, що ґрунт є неперервним середовищем, і більшість досліджень обмежуються проблемами малих переміщень через проблеми моделювання, пов'язані з викривленням сітки.

В класичній механіці ґрунтів поведінка ґрунту під навантаженням зазвичай вважається жорстко-пластичною. І хоча моделювання методом кінцевих елементів дозволяє враховувати пружно-пластичну або в'язко-пружну поведінку ґрунту, цей метод все ж таки 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 (наприклад, сили та зсуви кожної частинки ґрунту та зерна ґрунту) та його макро- характеристики, такі як сили зсуву ґрунту та подрібнення під час обробки ґрунту.

Загалом DEM дозволяє аналізувати кінематику взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (вільний рух частинок, рух частинок при їх контактній взаємодії, рух частинок по робочій поверхні, рух робочих поверхонь з ступенями вільності); динаміку взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (сили, що діють на частинки у вільному русі, при взаємодії групи частинок, зусилля на поверхнях робочих органів); поведінку багатофазових середовищ з врахуванням сил когезії та адгезії; процеси зношування робочих поверхонь знарядь та деформації (руйнування) ґрунтових об'ємів. Суттєвим обмеженням застосування DEM є необхідність використання надзвичайно великих розрахункових потужностей, що зумовлено моделюванням взаємодії великого об'єму частинок малого розміру та складної форми. Для прикладу, на рис. 1 показано DEM взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем.

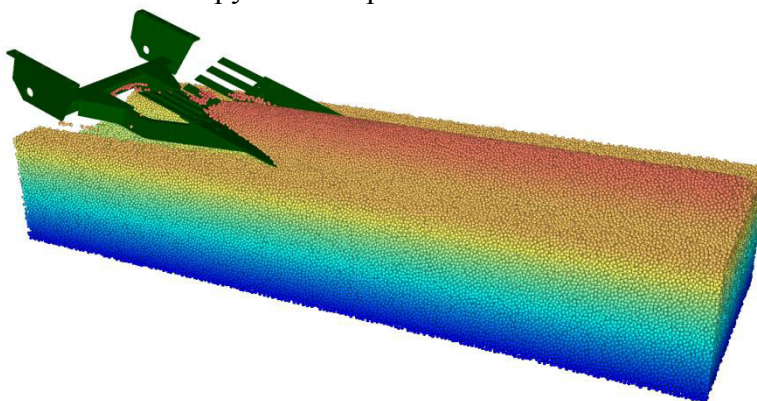


Рис.1. Моделювання взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем (тип частинки – сфера діаметром 10 мм)

Література:

1. Гевко, Р. Б. Підвищення техніко-економічних показників машин для збирання картоплі / Р. Б. Гевко, С. В. Синій, О. В. Гундзик // Український журнал прикладної економіки. – 2016. – Том 1. – № 1. – С. 39-49. – ISSN 2415-8453.
2. Булаєнко Р. Обґрунтування конструкції малогабаритного картоплезбирального комбайна / Р. Булаєнко, В. Булаєнко // Мат. IV студ. наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – С. 41 – 42.
3. Шашків М.Я. Застосування цифрової симуляції для дослідження процесів масообміну в аграрному виробництві / М.Я. Шашків, 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 Б.М. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – С. 59 - 60.

17. **Я.М.Кришталович** 48
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ
ВЕРСТАТАХ
18. **А.О. Ларочкін, А.О. Пашко, І.В. Коваль** 50
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ
19. **Н.М. Олексієнко** 51
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІД ЧАС
ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ
20. **О.М. Піняк, О.Г. Мацьків, І.В. Коваль** 53
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ
21. **Б.В. Сава, І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь** 54
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ПРИВОДАМИ КРОКУЮЧОГО ШАСІ МОБІЛЬНОГО РОБОТА
22. **Р.А.Склярів, Д.А.Приходай** 56
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НА
МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ
23. **М.Я. Сташків, І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко** 57
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ГРУНТОМ
24. **П.С. Федорів, І.П. Федорів** 59
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННОГО ЛІНІЙНОГО ПРИВОДУ ТИПУ
СТАКАН
25. **А.І. Швець** 61
ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН
26. **В. С. Якубовський** 62
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТРИМАННЯ РОЗМІРІВ ПРИ
ФРЕЗЕРУВАННІ

СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

1. **М.В. Бабій, П.І. Лачук** 63
ЕТАПИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ
2. **Н.Ю. Даньків, О.В. Боцюрко** 64
ДОТРИМАННЯ ГАБАРИТНО-ВАГОВИХ НОРМ – ЗАПОРУКА
БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ
3. **А.Б. Гупка, В.О. Грех, О.І. Мазурок, В.Ю. Колесник** 65
ЗМІНА ПРИТИЗНОШУВАЛЬНИХ ТА ПРОТИЗАДИРНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНИХ ОЛИВ ПІД ВПЛИВОМ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ
4. **Д.І. Жук, В.О. Лабенський, О.С. Храпко** 67
ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
5. **М.Г. Левкович, Л.Н. Чорній., В.В. Яцишин** 69
ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ
6. **М.Г. Левкович, М.Ю. Грат, Т.В. Гачкевич** 71
МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ
7. **І.В. Луців, В.М. Буховець, Т.М. Сілярський** 73
ЕВОЛЮЦІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ СХЕМ ТОКАРНОГО СПОРЯДЖЕННЯ
ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПІД ЧАС
ОБРОБЛЕННЯ
8. **Ю.І. Пиндус, В.П.Калушка, Р.Р. Заверуха, О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко** 75
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРУЖИННОГО ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРА
ПНЕВМОПРИВОДУ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЗМУ
ФІКСУВАННЯ ПОРШНЯ

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця
(Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



IV МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

28-29 квітня 2021 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2021

ББК 72+34 (Укр)

МЗ4

Матеріали IV Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2021 р.), 2021.- 268 с.

В збірнику друкуються матеріали IV Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (28-29 квітня 2021 р.) за наступними науковими напрямками:

математичне моделювання і механіка, машинобудування, машини та обладнання сільськогосподарського виробництва; приладобудування; матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій; електротехніка, електроніка та світлотехніка; математика; фізика; хімія, хімічна, біологічна та харчова технології; обладнання харчових виробництв; інформаційні технології, гуманітарні науки, економіка, менеджмент, фінанси, біомедична інженерія; зварювання та споріднені процеси і технології, інженерія продукції.

Редакційна колегія:

д.т.н. Петро Ясній, д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, д.т.н. Сергій Лупенко, д.т.н. Ігор Луців, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, к.ф.н. Василь Ніконенко, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Паламар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н., Микола Приймак, д.т.н. Михайло Пилипець, д.т.н. Василь Васильків, д.б.н. Володимир Юкало, д.б.н. Олег Покотило, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Андрій Кривень, д.т.н. Павло Маруцак, д.е.н. Олена Панухник, д.е.н. Ольга Павлуківська, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Чеслав Пулька, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

e-mail: snt@tntu.edu.ua

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

УДК 631.356.46

Булаєнко Р., Булаєнко В. – ст. гр. МСм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАЛОГАБАРИТНОГО КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Науковий керівник: к.т.н., доц. Сташків М.Я.

Bulaienko R., Bulaienko V.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

SUBSTANTIATION OF THE SMALL POTATO HARVESTER STRUCTURE

Supervisor: Stashkiv M., Ph.D., Assoc. Prof.

Ключові слова: картопля, збирання, малогабаритний картоплезбиральний комбайн.

Keywords: potato, harvesting potatoes, small potato harvester.

В Україні домінуючим виробником картоплі є малі фермерські та присадибні господарства, які на сьогодні забезпечують близько 95 % від загального об'єму виробництва картоплі.

Для збирання картоплі широко використовуються одно-, дво-, три- і чотирирядні комбайни, як правило напівпричіпні. Але якщо в спеціалізованих колективних господарствах на великих площах є можливість механізувати всі технологічні операції і довести затрати праці до 0,2–0,5 люд.-год/ц продукції, то на малих ділянках в кілька сотих гектара механізація процесу збирання картоплі малодоступна і малоефективна, а затрати праці складають 12–15 люд.-год/ц, тобто в приватному секторі затрати праці ще залишаються в 25–75 разів вищими.

Підвищення ефективності виробництва картоплі шляхом збільшення урожайності і зниження затрат ресурсів може бути досягнуто шляхом впровадження нових і удосконалених технологічних процесів та машин для виробництва картоплі. Для малих фермерських господарств найбільш перспективним та ефективним є застосування малогабаритного картоплезбирального комбайна.

Основними складальними одиницями малогабаритного комбайна (рис. 1) є рама 1, ходові колеса 2, опорний коток 3, пасивні копачі (два відрізні диски 4, два лемеші 5), сепаруючі робочі органи елеваторного типу (три пруткові транспортери: приймальний 6, передавальний 8, завантажувальний 10), приймальний 7 та відбійний 9 вальці, бункер 12 вантажопідйомністю 750 кг, причіпний пристрій, механізми привода та гідросистема.

Рама 1 приєднується до трактора через причіпний пристрій. Привід робочих органів (транспортерів, вальців) – від ВВП трактора (500 об/хв) через карданну передачу, редуктори, ланцюгові передачі. Комбайн має два ходових колеса 2, з яких праве по ходу руху можна переміщувати для роботи на заданій ширині міжрядь.

Опорний коток 3 має форму порожнистого циліндра-катушки, закріпленого через вісь до шарнірних стійок рами. Під час роботи він копіює поверхню гребенів, утримує на заданій глибині підкопувальний леміш. При копіюванні гребень приминається і такі вертикальні деформації дозволяють частково порушити зв'язки в структурі ґрунту гребеня ще до підкопування.

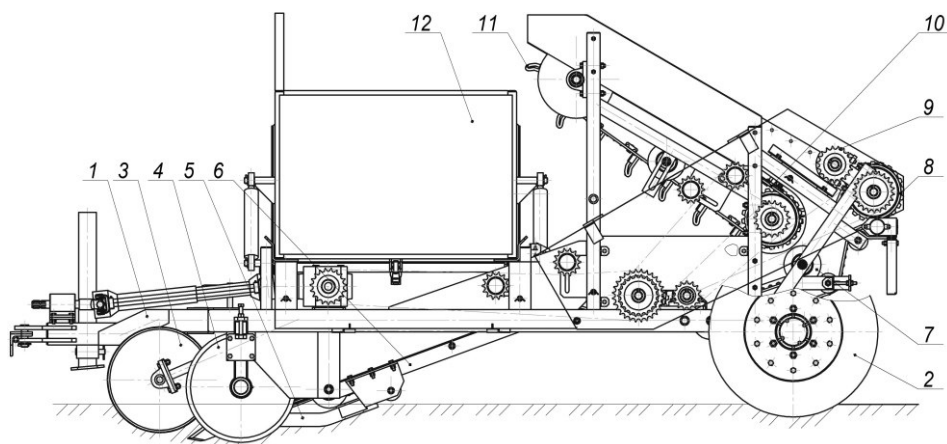


Рис. 1. Схема малогабаритного картоплезбирального комбайна:

1 – рама; 2 – ходові колеса; 3 – опорний коток; 4 – відрізнi диски; 5 – лемеші; 6 – приймальний транспортер; 7 – приймальний валець; 8 – передавальний транспортер; 9 – відбійний валець; 10 – завантажувальний транспортер; 11 – скребки завантажувального транспортера; 12 – бункер.

Два відрізнi плоскі диски 4 встановлені на осі з невеликим розхилом і кріпляться стійкою до рами. Два дзеркально-симетричні підкопувальні лемеші 5 мають трапецеподібну форму і в задній частині обладнані відкидними клапанами, які покращують просівання ґрунту та запобігають заклинюванню.

На приймальний транспортер 6 елеваторного типу припадає основна частка сепарації вороху – сепарація ґрунту та видалення бадилля. При цьому ворох переміщується вгору до приймального вальця 8 та передавального Г-подібного транспортера 7.

Приймальний валець 7 обертається назустріч полотну приймального транспортера і виконує кілька функцій – сприяє відриванню бадилля від бульб та очищенню бадилля-вловлювальних прутків; струшує і прокручує, приминає до полотна приймального транспортера складові вороху та скидає дрібні домішки на викопане поле; гасить висоту падіння вороху на передавальний транспортер.

Передавальний Г-подібний транспортер 8 елеваторного типу призначений для інтенсивної сепарації вороху і транспортування бульб з залишками домішок на скребковий завантажувальний транспортер 10.

Відбійний валець 9 обертається в тому ж напрямку, що і ведучий вал передавального транспортера 8 і призначений для виключення можливості винесення цим транспортером бульб разом з рослинними залишками на викопане поле. Відповідно регулюється відстань між вальцем і транспортером.

Завантажувальний транспортер 10 скребками 11 захоплює бульби з вигину передавального транспортера 8 та транспортує для завантаження у бункер 12.

Бункер-накопичувач 12 виконано у вигляді ящика, права стінка якого відкидається за допомогою гідроциліндра. Конструкцією комбайна передбачено бокове вивантаження зібраної в бункер картоплі по принципу роботи самоскида – гідроприсрої відкривають праву стінку та нахиляють дно. При цьому картопля вивантажується на землю в бурт або місткість для проведення додаткового перебирання, сортування. Прийнята у конструктивному рішенні компактного комбайна порівняно невелика місткість бункера (750 кг) з відкидною бічною стінкою забезпечує: малі габарити машини (а отже добру маневреність), незначне ущільнення ґрунту при роботі, бережливе висипання картоплі з малої висоти зі спрямуванням на низько розташовану поверхню.

Ніколайчук Р., Станько А. РОЗРОБКА МЕТЕОСТАНЦІЇ З ФУНКЦІЄЮ ПРОГНОЗУВАННЯ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA	23
---	-----------

Секція: Математика

Дерев'янку В. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО ПОПЕРЕЧНІ КОЛИВАННЯ СТЕРЖНЯ ЗАСОБАМИ MATHCAD	26
Колцун В. ПРО КОЛИВАННЯ ПРЯМОКУТНОЇ МЕМБРАНИ, ЗАКРІПЛЕНОЇ НА ЧАСТИНІ КОНТУРА	28
Лісовська О. ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНОЇ ФУНКЦІЇ В 3D МОДЕЛЮВАННІ	30
Пиндус О. РОЗВ'ЯЗОК ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ 4-ГО ПОРЯДКУ В ПРЯМОКУТНІЙ ОБЛАСТІ	31
Стецюк В. РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ	33
Худецький Н. МЕТОД КІНЦЕВИХ РІЗНИЦЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З ЧАСТИННИМИ ПОХІДНИМИ	35
Кліщ М. ПРО ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЙ З ПОБІТОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СУПЕРЕЧЛИВОСТІ МНОЖИНИ ДИЗ'ЮНКТИВ	36

Секція: Машина та обладнання сільського виробництва

Апостол С. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ	39
Борис І. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА	40
Булаєнко Р., Булаєнко В. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАЛОГАБАРИТНОГО КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА	41
Гринців В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО НАСОСУ	43

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет імені
Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця
(Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



II МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2019 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2019

ББК 72+34 (Укр)

МЗ4

Матеріали II Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 квітня 2019 р.), 2019.- 403 с.

В збірнику друкуються матеріали II Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (25-26 квітня 2019р.) за наступними науковими напрямками:

математичне моделювання і механіка, машинобудування, машини та обладнання сільськогосподарського виробництва; приладобудування; матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій; електротехніка, електроніка та світлотехніка; математика; фізика; хімія, хімічна, біологічна та харчова технології; обладнання харчових виробництв; інформаційні технології, гуманітарні науки, економіка, менеджмент, фінанси, біомедична інженерія; зварювання та споріднені процеси і технології, інженерія продукції.

Редакційна колегія:

д.т.н. Петро Ясній, д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.ф.-м.н. Леонід Дідух, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, д.т.н. Сергій Лупенко, д.т.н. Ігор Луців, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, к.ф.н. Василь Ніконенко, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Паламар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н., Микола Приймак, д.б.н. Володимир Юкало, д.б.н. Олег Покотило, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Андрій Кривень, д.т.н. Павло Маруцак, д.е.н. Олена Панухник, к.е.н. Ольга Білоус, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Чеслав Пулька, д.п.н. Надія Буняк, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

тел. (0352) 25-35-09, e-mail: snt@tu.edu.te.ua

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

УДК 631.326

Гринців В., Булаєнко Р. – ст. гр. МС-31

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТВЕРДИХ ДОБРИВ НА КУЗОВ РОЗКИДАЧА

Науковий керівник: ст. викл. Довбуш А.Д.

Hryntsiv V., Bulaienko R.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

MODELING THE DISTRIBUTION OF SOLID FERTILIZERS ON THE BODY OF THE SPREADER

Supervisor: Phd. Dovbush A.D.

Ключові слова: рама, навантаження, деформація

Keywords: frame, load, deformation

Розподіл ваги органічних добрив на площині кузова розкидача переважно має змінну форму, як у поперечній так і в поздовжній площинах. Функціонально описати характер впливу розподіленого навантаження на тримку здатність елементів розкидача складає важливу для інженерно-конструкторської практики задачу.

Розглянемо і систематизуємо збурюючі фактори нерівномірності навантаження на площину кузова розкидача ПРТ-9 (рис. 1).

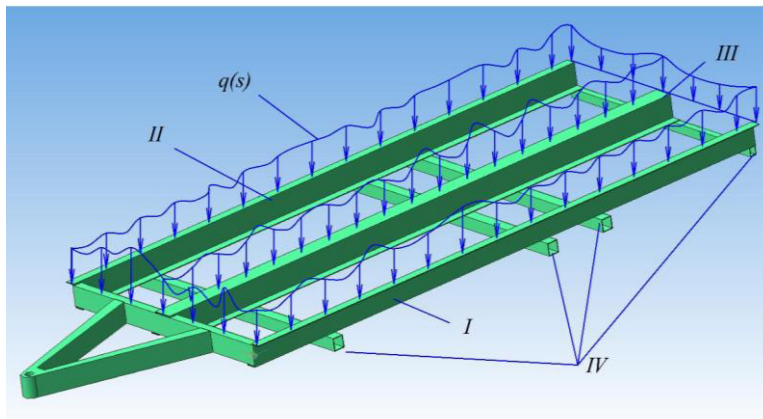


Рис. 1. Схематизація розподілу навантаженості тримкою металоконструкції розкидача добрив ПРТ-9:
 $q(s)$ – розподілене навантаження;
I, II – бокові лонжерони, Z-подібного поперечного перетину;
III – центральний лонжерон, поперечний перетин якого виготовлено з двох Z-подібних профілів;

IV – траверси (поперечини) трубчатих поперечних перетинів.

У режимі звичайної експлуатації розкидача розташування органічних добрив на кузові вважаємо симетричним відносно центральної осі причепа. Такий розподіл навантаження не викликає значних деформацій кручення в лонжеронах і траверсах конструктивної системи. При непередбачуваних умовах експлуатації, а саме, несиметричність розташування добрив відносно центральної осі, дія ударних навантажень від переїзду через перешкоди і т.п., виникають асиметричні зовнішні навантаження, які спричиняють появу значних крутних моментів в елементах несучої конструктивної системи [1].

Поздовжні лонжерони рами ПРТ-9 з поперечинами з'єднані зварними швами (див. рис. 1), що запобігає коробленню в перетинах їх з'єднання, та в перетинах з'єднання з траверсами. Однак, такий спосіб з'єднання цих елементів конструкції призводить до виникнення в них деформації стисненого кручення. Під стисненим крученням розуміють вид кручення, при якому хоч один перетин стержня не має можливості вільно

депланувати, тобто залишається плоским [2, 3]. У такому випадку депланація перетину стержня залежить від його розташування відносно перетину закріплення.

Чим більша віддаль між перетинами, тим більша депланація перетинів, тобто депланація суміжних поперечних перетинів стержнів різна. Як наслідок, відстані між окремими точками суміжних перетинів змінюються, у стержні виникають згин з крученням, тобто нормальні і дотичні напруження, а саме, виникає деформація стисненого кручення елементів конструкції.

Теорія розрахунку тонкостінних елементів з врахуванням стисненого кручення ґрунтується на допущенні, що матеріал на серединних поверхнях елементів тонкостінного профілю не зазнає деформації зсуву, і на гіпотезі, що контури поперечних перетинів стержня не деформуються [2]. Це означає, що проекція zdeформованого перетину елемента на площину перетину залишається незмінною (закон плоских перетинів).

Завантажують тверді органічні добрива на кузов причепа транспортером або навантажувачем; розподіл їх у більшості випадків є нерівномірним. На рис. 2 показана довільна схематизація розподілу зовнішніх навантажень на несучі елементи рами.

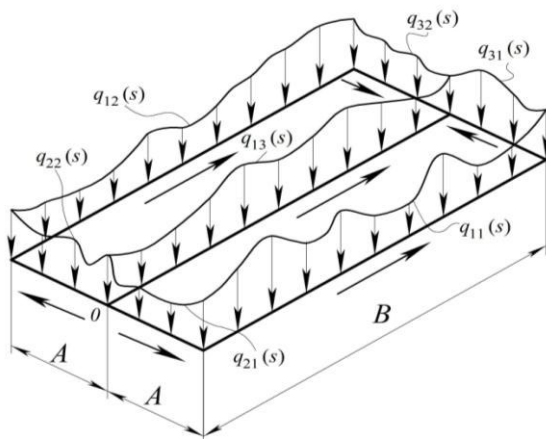


Рис. 2. Схематизація розрахункової моделі навантаженості конструкції рами розкидача

Загальне зовнішнє навантаження Q_0 , що діє на конструкцію рами розкидача, складається з ваги твердих добрив Q_D та ваги металоконструкцій з механізмами Q_M . У загальному випадку для довільної форми навантаження запишемо, що [3]:

$$Q_0 = \int_0^B q_{11}(s)ds + \int_0^A q_{21}(s)ds + \int_0^A q_{31}(s)ds + \int_0^B q_{12}(s)ds + \int_0^A q_{22}(s)ds + \int_0^B q_{31}(s)ds + \int_0^B q_{32}(s)ds + \int_0^B q_{13}(s)ds, \quad (1)$$

де $q_{11}(s)$, $q_{21}(s)$, $q_{31}(s)$, $q_{12}(s)$, $q_{22}(s)$, $q_{32}(s)$, $q_{31}(s)$, $q_{32}(s)$, $q_{13}(s)$ – функції інтенсивності навантаження, що розподіляються на несучих елементах рами, відповідно напрямків вказаних на рис. 2; A , B – параметри контакту кузова з рамою.

Література

1. Рыбак Т.И., Мачуга О.С. Расчет рам сельхозмашин методом минимума потенциальной энергии с учетом эффекта депланации //Физико-химическая механика материалов.– 1984. – №1. – С.97-101.
2. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. М.: Физматгиз, 1959, – 574 с.
3. Попович П.В., Сташків М.Я., Довбуш Т.А., Дудка Г.Б. Енергетичний спосіб розкриття статичної невизначеності несучих рамних стержневих систем мобільних сільськогосподарських машин // "Інноваційні напрямки розвитку технічного сервісу машин" Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ. – 2012. – Вип. 120, с.198-203.

Курило Д. РОЗВ'ЯЗОК ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ В ЗАДАЧІ ЗГИНУ ПЛАСТИНКИ	64
Недошитко А. АНАЛІЗ АНОМАЛІЙ РЕЗУЛЬТАТІВ ГОЛОСУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НОРМАЛЬНОГО ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ	66
Паперовська С. СИМЕТРИЧНІ ДІАФАНТОВІ РІВНЯННЯ ЧЕТВЕРТОГО СТЕПЕННЯ	68
Сеньків К., Подлеський Н. ДОВЕДЕННЯ НЕРІВНОСТЕЙ МЕТОДАМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЧИСЛЕННЯ	69
Сергієва Д., Сівіцька О. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ЗАСОБАМИ MATHCAD	71
Мацєга Р. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОНИ ЗЛИТТЯ ВІДКРИТИХ ПОТОКІВ ВОДИ	73

Секція: **Машини та обладнання сільського виробництва**

Аношкін І. УНІФІКАЦІЯ ЗАПИСУ ФУНКЦІЇ ПОТЕНЦІАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЗГИНУ	75
Біленький М., Семак С. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЕМЕША КАРТОПЛЕКОПАЧА З РОТАЦІЙНИМ СЕПАРУВАЛЬНО-ТРАНСПОРТУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ	77
Гринців В., Булаєнко Р. МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТВЕРДИХ ДОБРІВ НА КУЗОВ РОЗКИДАЧА	79
Дем'янчук Т. ЗУСИЛЛЯ В ГІДРОЦИЛІНДРАХ НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б	81
Костюк Є., Тернова І. НАЙПРОСТІШІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ	83
Ольшицький В. ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ	84
Піхоцький В., Фіялківський П. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ	85