

ISSN 2307-1699

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 39

Луцьк 2018

УДК 631.3.00

Сільськогосподарські машини: Зб.наук.ст. – Вип. 39. – Луцьк,- 2018.– 177 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 11 від 22.06.2018 р.

У даний збірник включено статті, які висвітлюють питання конструювання та використання сільськогосподарської техніки. Наведено дослідження машин і процесів для посіву, збирання, сушіння та транспортування сільськогосподарських культур. Розглянуто і багато інших питань.

Збірник розрахований на наукових працівників.

The journal contains articles of construction and using agricultural machinery. The machines and processes of planting and harvesting of crops, drying and transportation of agricultural materials as well as other tasks are investigated.

The journal is designed for researchers.

Редакційна колегія: д.т.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки, акад. ІАУ Г.А. Хайліс (відповід. ред.), Луцький НТУ; д.т.н., проф. В.Ф. Дідух (заст. відповід. ред.), Луцький НТУ; д.т.н., проф. П.П. Савчук, Луцький НТУ; Ph. D. Eng., В. Владут; д.т.н., проф., акад. ІАУ Б.М. Гевко; к.т.н., доц. Р.В. Кірчук; д.т.н., проф. В.П. Ковбаса; д.т.н., проф. Є. Красовський; д.т.н. проф. Р.Д. Кузьмінський; д.т.н., проф. О.О. Налобіна; д.т.н., проф. С.І. Пустюльга, Луцький НТУ; д.т.н. Є.Й. Ріпещький; д.т.н., проф. Р.М. Рогатинський; д.т.н., проф. В.М. Сало; к.т.н., доц. М.М. Толстушко; д.т.н., проф. В.І. Шваб'юк, Луцький НТУ; д.с-г.н., проф. М.Й. Шевчук; к.т.н., доц. І.Є. Цизь; к.т.н., доц. С.Ф. Юхимчук.

© Луцький національний технічний університет,
2018 (Свідоцтво про держреєстрацію КВ №15902–
4374 ПР від 13.11.2009 р.)

УДК 681.513

© Броварець О.О., к.т.н.

Київський кооперативний інститут бізнесу і права

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПАРАМЕТРІВ ТА ТИПУ ПІДВІСКИ Ї РОБОЧИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Побудована математична модель для визначення оптимальних робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів. Дана модель дає можливість оптимізувати робочі параметри та режими функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів, а відповідно і забезпечення максимальної продуктивності таких систем при отриманні достовірних даних із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища.

**РОБОЧІ ЕЛЕКТРОДИ, ЯКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
ОПЕРАЦІЇ, ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ҐРУНТОВОГО
СЕРЕДОВИЩА, ТЕХНІЧНА СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО
МОНІТОРИНГУ, АГРОБІОЛОГІЧНИЙ СТАН,
МОНІТОРИНГ.**

Постановка проблеми. Сучасні інформаційно-технічні системи локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь дають можливість забезпечити належну якість керування виконанням технологічних операцій з використанням сучасних мехатронних та робототехнічних систем керування, пов'язаних з датчиками контролю якості виконання технологічних операцій, які у сучасному контексті їх розвитку отримали назву «розумних» або «смарт» машин (Smart machinery) [1-3].

Такі «розумні» машини з датчиками оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь можуть широко використовуватися на всіх стадіях виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва: основного

обробітку, сівби (садіння), на етапі догляду за посівами у період вегетації та при збиранні врожаю. Це дає можливість забезпечити належну якість виконання технологічних операцій при оптимізації витрат на їх виробництво. «Розумні» машини «адаптуються» до агробіологічного стану ґрунтового середовища на основі інформації з датчиків про агробіологічний стан ґрунтового середовища.

Огляд сучасних літературних джерел та наукових розробок [1] показує, що останніми роками відбувається процес інтеграції натурального (органічного, або біологічного), біодинамічного, екстенсивного, інтенсивного (промислового) та no-till землеробства з новітніми технологіями, зокрема з інформаційно-технічними системами локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. При цьому останній напрям є найбільш актуальним та перспективним для умов України.

Важливою задачею оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь є так звані «management units» - територіальних одиниць з подібними параметрами просторової неоднорідності, де повинні використовуватися однотипні технології обробітку сільськогосподарських культур. Ці технології є основою роботи системи прийняття рішень «decision-making systems», яка дозволяє прийняти ефективні оперативні рішення на основі оперативних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища.

Неоднорідність ґрунту можна представити як ієрархічну підпорядкованість явищ. Питання про шкалу вимірювання неоднорідності. Звичайно, неоднорідність порівняно просто вираховується, коли порівнюються об'єкти вимірюються кількісно і при цьому використовуються кількісні критерії. Неоднорідність вважають фактором, відповідальним за біорізноманіття, тому що завдяки їй формується екологічна складова і забезпечується багатогранність організмів ґрунту [2]. У цьому аспекті важливу роль відіграє визначення ґрунтової електричної провідності для визначення величини прибутку на основі даних просторової мінливості та вмісту поживних речовин у ґрунті. Знання певної структура варіабельності ґрунтового покриття дозволяє прийняти ефективні рішення для управління агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь [1].

Втілення сучасних технологій землеробства дозволяє планувати витрати насінневого матеріалу, добрив, пестицидів та інших технологічних матеріалів, у тому числі палива, визначати загальну стратегію управління агробіологічним потенціалом поля тощо. Проте, на сьогодні при реалізації даних технологій бракує

ефективних систем збору та реєстрації (моніторингу) місцевизначеної інформації (агробіологічної та фітосанітарної) про стан сільськогосподарських угідь у технологіях точного землеробства. Існуючі способи і засоби реалізації цього процесу недосконалі [2, 3, 4].

У цьому сенсі набуває актуальності розробка та використання принципово нового класу сільськогосподарських машин – інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Слід відмітити, що важливість та доцільність використання інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежить від виду технологічної операції, площі обробітку. Так доцільність використання зазначених машинно-тракторних агрегатів особливо висока на етапі сівби (садіння), оскільки дана технологічна операція фактично є «фундаментом» майбутнього врожаю [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що традиційні фактори підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва за рахунок оптимізації механіко-конструктивних матеріалів, використання новітніх машинобудівних матеріалів (надміцного пластику, сплавів металу тощо) на сучасному етапі розвитку техніки, не дають суттєвого підвищення ефективності.

Крупні агрохолдинги зробили ставку на використання стандартних рішень задач планування на основі використання так званих «коробочних продуктів» (1С, Парус, Oracle EBS та ін.) [5]. Але, на жаль, типові рішення не забезпечують реалізації принципу взаємозв'язку перспективного, поточного і оперативного планування та ефективного керування агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь.

За межами типової системи інформаційного забезпечення процесів планування залишаються задачі, пов'язані з вибором оптимальних рішень, оцінки альтернативних варіантів розвитку і т. д.

У більшості сільськогосподарських підприємств, що використовують для автоматизації функцій планування системи операційного управління (розроблених на основі як типових, так і індивідуальних проектів) не можуть уникнути головного недоліку даного типу інформаційних систем: зміщення акцентів у бік поточного планування [4].

Така ситуація виникає через об'єктивні причини, пов'язані з використанням обчислювальних процесів у контексті опису поточного розвитку системи в рамках одного виробничого циклу [1]. При такому підході практично відсутнє середовище автоматизації процесів довгострокового і середньострокового планування, а методика планування, що реалізується, не дозволяє інтегрувати в інформаційну систему методи ефективного коректування відхилень з метою виходу на плановий рівень, що базуються на використанні оптимізаційних математичних моделей.

Одним з перспективних напрямів є забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів за рахунок одержання більш високого (у порівнянні з фізіологічними можливостями людини) рівня інформації та оперативного керування робочими процесами машин і на основі цього перехід до нових прогресивних технологій з використанням «розумних» сільськогосподарських машин. Тому виникає необхідність у розробці та використанні принципово нового класу сільськогосподарських машин підтримки виробництва продукції рослинництва - інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

Очевидно, що за таких умов виникає необхідність у принципово нових підходах до ведення агропромислового виробництва, що полягає у забезпеченні належної якості виконання технологічних операцій. Якість виконання технологічних операцій є інтегральним показником ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в межах агробіологічного поля. Необхідна якість виконання основних технологічних процесів у рослинництві забезпечується за рахунок інтегрованих інформаційно-технічних систем оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [13-15].

Структура ґрунту змінюється в значних межах на багатьох сільськогосподарських полях. Фізичні властивості ґрунту, як наприклад ґрунтова структура, мають прямий ефект на водомісткість, ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунтах, використовуються рослиною і їх вміст у ґрунті зменшуються. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунтів є вміст азоту, наявність якого у ґрунті значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності, широко використовується як ефективний засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [5].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь – важливий компонент для зональних методів управління [6].

Існує проблема організації спеціальних систем спостережень, контролю і оцінки стану природного середовища (моніторингу) як в місцях інтенсивної антропогенної дії, так і в глобальному масштабі [3]. Важливе місце на сучасному етапі займає реєстрації електромагнітних характеристик ґрунту. Електромагнітні характеристики ґрунту об'єднують багато властивостей ґрунту, що впливають на врожайності сільськогосподарських культур. До них відносяться вміст ґрунтової вологи, гранулометричний склад ґрунту, ЄКО, засоленість, вміст обмінних катіонів кальцію (Ca) і магнію (Mg) та ін. Електромагнітні характеристики ґрунту не дозволяють безпосередньо виміряти вміст поживних речовин, але показують варіативність важливих характеристик, таких як структура ґрунту і вміст обмінних катіонів. Ця варіативність занадто важлива, щоб її ігнорувати, і повинна враховуватися при відборі проб (рис. 1).

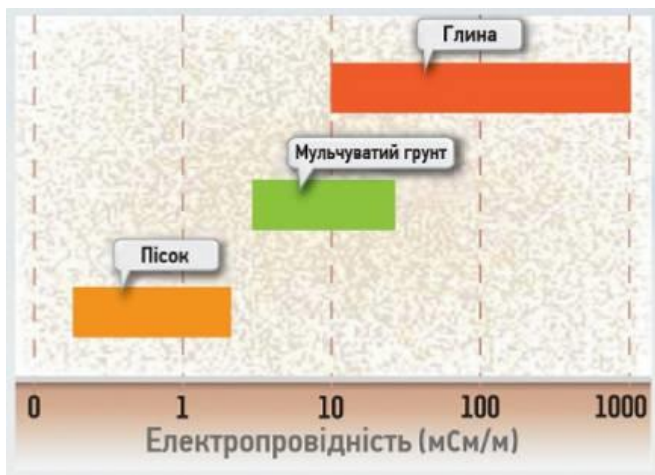


Рис. 1 – Електропровідність різних типів ґрунтів

Очевидно, що для правильної організації управління якістю навколишнього природного середовища абсолютно необхідною умовою є організація системи ефективного моніторингу. Для оцінки стану навколишнього середовища важлива об'єктивна оперативна інформація про критичні чинники антропогенної дії, про фактичний стан біосфери і прогнози її майбутнього стану.

Відомий аналог (<http://www.veristech.com>), основним робочим органом якого є система електродів, в якості яких використано плоскі диски з горизонтальною віссю обертання на стояку, який жорстко закріплений до рами вимірювального пристрою таким чином, що опорні колеса пристрою визначають глибину ходу дисків-електродів у ґрунті.

Недоліком аналога є значна похибка при визначенні, яка обумовлена тим, що під час виконання робочого процесу порушується стабільність контакту диска-електрода з ґрунтом, що викликано поперечними відхиленнями вимірювального пристрою відносно прямолінійного напрямку руху обумовлено конструкцією диска. При цьому змінюється площа контакту диска-електрода з ґрунтом, оскільки при поперечних коливаннях плоскі диски-електроди однією стороною можуть взагалі не контактувати із ґрунтом.

При використанні суцільних дисків у якості електродів без підвіски для визначення електропровідних характеристик тиск ґрунту виникає значна похибка, яка обумовлена конструкцією дисків та відсутністю підвіски для стабілізації при зануренні їх у ґрунт.

Метою дослідження є побудова математичної моделі для визначення робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів.

Результати дослідження. Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції виконують: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції (сівба, внесення мінеральних добрив тощо); протягом вегетації та після збирання врожаю.

Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням таких «розумних» сільськогосподарських машин.

На рис. 2 зображено принципову схему розміщення інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь.

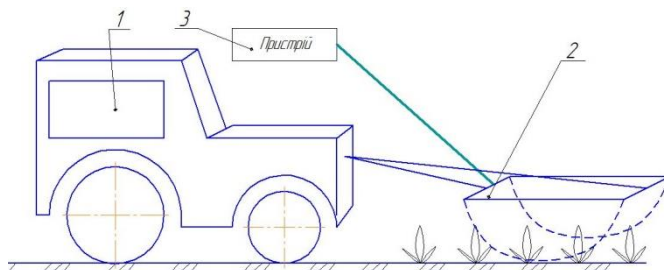


Рис. 2 – Принципова схема розміщення обладнання інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

Завдання підвищення ефективності моніторингу стану сільськогосподарських угідь досягається шляхом розміщення робочих електродів виконаних попереду рухомого транспортного засобу при виконанні відповідної технологічної операції, що дозволяє проводити безперервний моніторинг на поверхні сільськогосподарських угідь (рис. 2).

Пристрій для моніторингу стану сільськогосподарських угідь складається з транспортного засобу 1, робочих електродів 2, які розміщуються по переду транспортного засобу 1, що виконує відповідну технологічну операцію, та пристрою 3, що здійснює реєстрацію зміни щільності струму на електродних парах.

Пристрій працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу 1 по поверхні поля за допомогою електродних пар виконаних 2, які розміщуються попереду рухомого транспортного засобу здійснюється визначення щільності струму.

Важливим елементом інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь є робочі електроди 2, вибір форми яких залежить від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Пристрій для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця дає можливість оперативно визначити параметри агробіологічного стану ґрунтового середовища, забезпечити «індивідуальний» підхід до кожної елементарної ділянки поля (рис. 2), при цьому за рахунок використання пружної підвіски робочих електродів 2

забезпечується стабілізацію робочих електродів при русі по нерівностям поверхні поля та копіювання нерівностей поверхні поля. Таким чином можна отримати достовірні дані електропровідності ґрунті, які можна використовувати для забезпечення належної якості виконання технологічної операції.

Також, інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь при розміщенні на машинно-тракторному агрегаті дає можливість забезпечити локально-стрічкове диференційованого внесення технологічного матеріалу (насіння, добрив) за допомогою спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення технологічного матеріалу (насіння, добрива), на основі даних отриманих шляхом вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами), які розміщується попереду транспортного засобу на підвісці під час виконання технологічної операції, що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від таки систем (рис. 3).

Дана задача вирішується шляхом використання машини для локально-стрічкового диференційованого внесення технологічного матеріалу з спеціальним пристроєм індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив та пристроями для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля, на основі даних отриманих шляхом вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами), який розміщуються спереду на транспортному засобі під час виконання технологічної операції. Сигнал від даних інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь потрапляє на контролер, що керує роботою спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив, при цьому можливий запис даних у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм від пристрою для моніторингу стану ґрунту та рослинності (картограма завдання) та реалізація локально-стрічкового диференційованого внесення технологічного матеріалу (насіння, добрив) (картограма реалізація), що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від двох систем моніторингу (рис. 3).

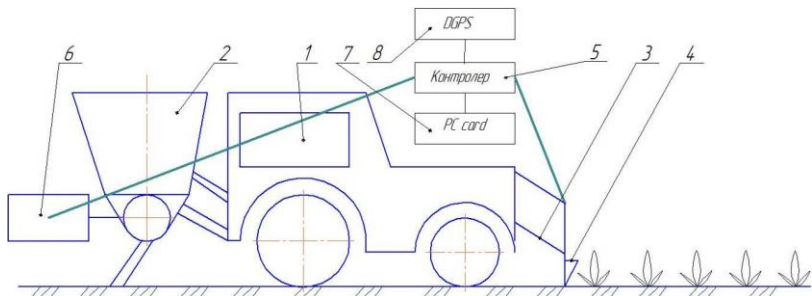


Рис. 3 – Зображено загальний вигляд машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля

На рис. 3 зображено загальний вигляд машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля.

Пристрій складається з транспортного засобу 1, машини для внесення технологічного матеріалу 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, пристрою для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля - інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь 4, яка розміщена на підвісці 3, і розміщуються спереду на транспортному засобу 1, контролера 5, спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення технологічного матеріалу 6, PC card з магнітним носієм 7, приймача сигналів супутникової навігаційної системи DGPS 8.

Пристрій працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу 1 з машиною для внесення технологічного матеріалу (насіння, добрива) 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, інформаційно-технічна система локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь проводить вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті (ресстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) робочими електродами 4, які розміщуються на підвісці 3, і

розміщуються спереду транспортного засобу, що забезпечує проведення оперативного локального моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Контролер 5 отримує дані від пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля та керує спеціальним пристроєм індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив 6. Дані отримані від пристроїв для моніторингу записуються у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм 7 з прив'язкою до координат місцезнаходження за допомогою системи DGPS 8. На PC card з магнітним носієм електронної карти 7 можливий запис даних від пристроїв для моніторингу (картограма завдання) та реалізації змінних норм внесення мінеральних добрив (технологічного матеріалу) – електронна карта (картограма реалізація).

Важливим елементом запропонованої інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь є підвіска 3, яка забезпечує стабілізацію робочих електродів 4 та копіювання нерівностей поверхні поля (рис. 3).

Тому наступним важливим етапом є визначення робочих параметрів робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів (рис. 4).

Розглянемо зусилля, які діють у стержнях інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища та її динамічну модель для з'ясування оптимальних механіко-конструктивних параметрів системи та динамічних характеристик агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.

Задано: точки A , B , C , D , E - точки розміщення елементів підвіски:

a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , a_7 - конструктивні лінійних розмірів;

α_1 , α_2 , α_3 , α_4 - кути розміщення відповідних робочих елементів підвіски;

F_{np1} , F_{np2} – пружні реакції сили пружних елементів підвіски;

F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 - реакції опор у вигляді статичних сил (у рамних елементах конструкції);

Геометричні співвідношення:

$$a_6 \cdot \cos \alpha_1 + a_3 = a_1 + a_4 \cdot \cos \alpha_2 + a_3. \quad (1)$$

Звідси маємо:

$$a_6 \cdot \cos \alpha_1 = a_1 + a_4 \cdot \cos \alpha_2. \quad (2)$$

Тому кут α_1 можна взяти як вільний параметр, а кут α_2 визначити з умови:

$$\cos \alpha_2 = \frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 - a_1}{a_4}; \Leftrightarrow \alpha_2 = \arccos \left(\frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 - a_1}{a_4} \right). \quad (3)$$

$$a_1 + a_2 + a_7 \cdot \cos \alpha_4 + a_3 = a_6 \cdot \cos \alpha_1 + a_3. \quad (4)$$

Звідси маємо:

$$a_1 + a_2 + a_7 \cdot \cos \alpha_4 + a_3 = a_6 \cdot \cos \alpha_1. \quad (5)$$

Тоді для α_4 маємо:

$$\cos \alpha_4 = \frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 - a_1 - a_2}{a_7}; \Leftrightarrow \alpha_4 = \arccos \left(\frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 - a_1 - a_2}{a_7} \right). \quad (6)$$

$$a_6 \cdot \cos \alpha_1 + a_3 = a_1 + a_2 + a_5 \cdot \cos \alpha_3. \quad (7)$$

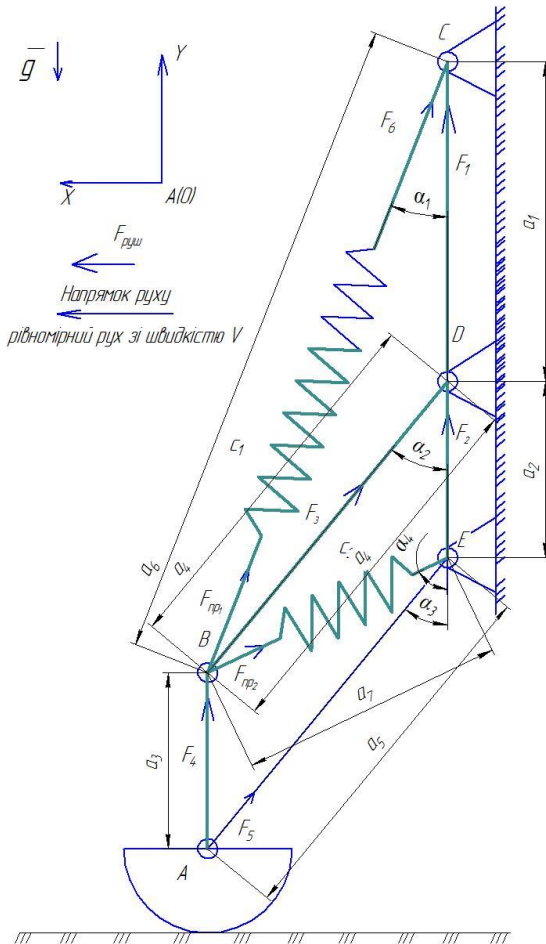


Рис.4 – Розрахункова схема підвіски та розміщення робочих електродів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь

Звідси маємо:

$$\cos \alpha_3 = \frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 + a_3 - a_1 - a_2}{a_5}; \Leftrightarrow \alpha_3 = \arccos \left(\frac{a_6 \cdot \cos \alpha_1 + a_3 - a_1 - a_2}{a_5} \right). \quad (8)$$

Таким чином, всі кути α_2 , α_3 , α_4 , введені на рис. 1, можна звести до кута α_1 . У подальших розрахунках ми будемо користуватись цими кутами α_2 , α_3 , α_4 , як параметрами, що виражаються через α_1 .

Знайдемо дані проекції всіх сил на вісь OX (точка А ототожнюється з точкою О).

Проекція на вісь OX :

$$\begin{aligned} F_{np_{1x}} &= -F_{np_1} \cdot \sin \alpha_1 = -c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \sin \alpha_1, \\ F_{np_{2x}} &= -F_{np_2} \cdot \sin \alpha_4 = -c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \sin \alpha_4, \\ F_{1x} &\equiv 0; F_{2x} \equiv 0; F_{3x} = -F_3 \cdot \sin \alpha_2; F_{4x} \equiv 0; F_{5x} = -F_5 \cdot \sin \alpha_3. \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{уш-сила}}_{\text{на-вісь-OX}} &= F_{\text{руш-сила-сит}} + F_{\text{пп}_{1x}} + F_{\text{пп}_{2x}} + F_{3x} + F_{5x} \quad (10) \\ \sum \text{результуюча-сила}_{\text{-на-вісь-ox}} &= F_{\text{руш}} + F_{np_{1x}} + F_{np_{2x}} + F_{3x} + F_{5x}. \end{aligned}$$

де Δx_1 - деформація пружини c_1 (розтяг./стиск.).

$$\Delta \ell_1 \equiv [\Delta x_1] = M; [c_1] = H/M;$$

Δx_2 - деформація (розтяг чи стиснення первісної довжини) пружини C_2 ;

$$\Delta \ell_2 \equiv [\Delta x_2] = M; [c_2] = H/M;$$

отже, для вісі OX маємо:

$$F_{\text{руш}} - c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \sin \alpha_4 - F_3 \cdot \sin \alpha_2 - F_5 \cdot \sin \alpha_3 = M \cdot a_x. \quad (11)$$

$a_x \equiv 0$, якщо рух рівномірний системи зі швидкістю V . Тоді маємо остаточно при рівномірному русу технічної системи вздовж вісі OX :

$$F_{руш} - c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \sin \alpha_4 - F_3 \cdot \sin \alpha_2 - F_5 \cdot \sin \alpha_3 = 0. \quad (12)$$

Знайдемо тепер проекції всіх сил на вісь OY :

$$F_{np1y} = F_{np1} \cdot \cos \alpha_1; F_{np2y} = F_{np2} \cdot \cos \alpha_4; \text{— а́бо —} F_{np1y} = c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \cos \alpha_1;$$

$$F_{np2y} = c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \cos \alpha_4; \quad (13)$$

$$F_{1y} = F_1; F_{2y} = F_2; F_{3y} = F_3 \cdot \cos \alpha_2; F_{4y} = F_4; F_{5y} = F_5 \cdot \cos \alpha_3.$$

$$\sum \text{результующа_сила}_{на_вісь OY} = F_{np1y} + F_{np2y} + F_1 + F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + F_4 + F_5 \cdot \cos \alpha_3. \quad (14)$$

Отже, для вісі OY маємо:

$$c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \cos \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \cos \alpha_4 + F_1 + F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + F_4 + F_5 \cdot \cos \alpha_3 = M \cdot a_y. \quad (15)$$

Якщо вважати, що прискоренням машини вздовж вертикальної вісі можна знехтувати, тобто: $a_y \rightarrow 0$, (залишається лише вага — $-M \cdot g$), тоді остаточно маємо вздовж вісі OY :

$$c_1 \cdot \Delta x_1 \cdot \cos \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta x_2 \cdot \cos \alpha_4 + F_1 + F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + F_4 + F_5 \cdot \cos \alpha_3 = 0. \quad (16)$$

У подальшому $\Delta x_1 \equiv \Delta l_1$; $\Delta x_2 \equiv \Delta l_2$.

Тому для умов рівномірного руху інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища вздовж вісі OX маємо:

$$\begin{cases} F_{руш} - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4 - F_3 \cdot \sin \alpha_2 - F_5 \cdot \sin \alpha_3 = 0; \\ c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos \alpha_4 + F_1 + F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + F_4 + F_5 \cdot \cos \alpha_3 = 0. \end{cases} \quad (17)$$

Систему (17), для того, щоб інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища була у рівновазі при русі вздовж OX зі швидкістю $V = const$, треба доповнити рівнянням для моментів обертання всіх задіяних в цій системі сил (навколо точки A).

Спочатку розглянемо сумарний момент обертання за годинниковою стрілкою ($M\downarrow$).

Маємо:

$$M\downarrow = M_{F_{nn1}} + M_{F_{nn2}} + M_{F_1} + M_{F_2} + M_{F_3} + M_{F_4} + M_{F_5}. \quad (18)$$

$M_{F_4} = M_{F_5} \equiv 0$, оскільки плече для кожної з сил F_4 й F_5 дорівнює нулю (вони – ці сили виходять з точки А).

$$M_{F_{nn1}} = a_3 \cdot F_{np1} \cdot \sin \alpha_1; \quad M_{F_{nn2}} = a_3 \cdot F_{np2} \cdot \sin \alpha_4, \quad (19)$$

де M_{F_1} за годинниковою стрілкою = 0, бо F_1 обертає систему у зворотному напрямку.

M_{F_2} - так само, як і M_{F_1} .

$$M_{F_3} = a_3 \cdot F_3 \cdot \sin \alpha_2. \quad (20)$$

Отже, для $M\downarrow$ сумарного маємо:

$$M\downarrow = a_3 \cdot F_{np1} \cdot \sin \alpha_1 + a_3 \cdot F_{np2} \cdot \sin \alpha_4 + 0 + 0 + a_3 \cdot F_3 \cdot \sin \alpha_2 + 0 + 0. \quad (21)$$

Сумарний момент обертання проти годинникової стрілки ($M\uparrow$) знайдемо зі співвідношення:

$$M\uparrow = M_{F_1} + M_{F_1} = F_1 \cdot a_6 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot a_6 \cdot \sin \alpha_1. \quad (22)$$

Умова рівноваги при обертанні системи навколо точки А має вид:

$$M\downarrow = M\uparrow. \quad (23)$$

Тоді маємо:

$$a_3 \cdot (F_{np1} \cdot \sin \alpha_1 + F_{np2} \cdot \sin \alpha_4 + F_3 \cdot \sin \alpha_2) = a_6 \cdot (F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_1). \quad (24)$$

Остаточно, для рівномірного руху інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного

стану ґрунтового середовища вповодж вісі OX зі швидкістю V маємо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} F_{\text{пуш}} - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4 - F_3 \cdot \sin \alpha_2 - F_5 \cdot \sin \alpha_3 = 0; \\ c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos \alpha_4 + F_1 + F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + \\ + F_4 + F_5 \cdot \cos \alpha_3 = -M \cdot g; \\ a_3 \cdot (c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4 + F_3 \cdot \sin \alpha_2) = a_6 \cdot \sin \alpha_1 \cdot (F_1 + F_2). \end{cases} \quad (25)$$

Якщо з системи (5) виключити (F_1+F_2) суму, тоді остаточно маємо таку систему рівнянь для рівноваги інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища у цілому:

$$\begin{cases} F_{\text{пуш}} - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4 - F_3 \cdot \sin \alpha_2 - F_5 \cdot \sin \alpha_3 = 0; \\ c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos \alpha_4 + F_3 \cdot \cos \alpha_2 + F_5 \cdot \cos \alpha_3 + a_3 \cdot (c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 + c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4 + F_3 \cdot \sin \alpha_2) = \\ = \frac{a_6 \cdot \sin \alpha_1}{a_6 \cdot \sin \alpha_1} (-M \cdot g - F_4). \end{cases} \quad (26)$$

Запишемо систему (26) у наступному вигляді:

$$\begin{cases} F_3 \cdot \sin \alpha_2 + F_5 \cdot \sin \alpha_3 = F_{\text{пуш}} - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4; \\ F_3 \cdot \left(\cos \alpha_2 + \frac{a_3}{a_6} \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} \right) + F_5 \cdot \cos \alpha_3 = -M \cdot g - F_4 - \\ - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \left(\cos \alpha_1 + \frac{a_3}{a_6} \right) - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \left(\cos \alpha_4 + \frac{a_3 \cdot \sin \alpha_4}{a_6 \cdot \sin \alpha_1} \right). \end{cases} \quad (27)$$

Цю систему запишемо у вигляді у вигляді:

$$\begin{cases} F_3 \cdot A_{11} + F_5 \cdot A_{12} = B_1 \\ F_3 \cdot A_{21} + F_5 \cdot A_{22} = B_2 \end{cases}, \quad (28)$$

де $A_{11} = \sin \alpha_2$; $A_{12} = \sin \alpha_3$;

$$B_1 = F_{pyu} - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_4; \quad A_{21} = \left\{ \cos \alpha_2 + \frac{a_3}{a_6} \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} \right\};$$

$$A_{22} = \cos \alpha_3; \quad B_2 = -M \cdot g - F_4 - c_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \left(\cos \alpha_1 + \frac{a_3}{a_6} \right) - c_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \left(\cos \alpha_4 + \frac{a_3 \cdot \sin \alpha_4}{a_6 \cdot \sin \alpha_1} \right).$$

Система (28) має розв'язок (за правилом Крамера):

$$F_3 = \frac{\Delta F_3}{\Delta}; \quad F_5 = \frac{\Delta F_5}{\Delta}. \quad (29)$$

У рівняння (29) введені позначення:

$$\Delta = A_{11} \cdot A_{22} - A_{21} \cdot A_{12}; \quad \Delta F_3 = B_1 \cdot A_{22} - B_2 \cdot A_{12}; \\ \Delta F_5 = A_{11} \cdot B_2 - A_{21} \cdot B_1. \quad (30)$$

У якості критерій оптимального вибору жорсткостей C_1 й C_2 інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану ґрунтового середовища можна визначити, наприклад, такий:

$$\left(F_3^2 + F_5^2 \right) \rightarrow \min, \quad (31)$$

тобто \min навантаження стійок BD та AE .

Висновки. Запропонована математична модель для визначення робочих параметрів та режимів функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу варіабельності агробіологічного стану ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь залежно від механіко-конструктивних параметрів та типу підвіски її робочих електродів дозволить підвищити продуктивність та ефективність моніторингу стану сільськогосподарських угідь шляхом безперервної реєстрації щільності струму на робочих електродах пристрою, які розміщуються попереду рухомого транспортного засобу та дозволяють проводити безперервний моніторинг на поверхні сільськогосподарських угідь та дозволяє зекономити 10-25% посівного матеріалу і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10-20 ц/га.

Література

1. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. "A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production," Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. - 1993. - P. 218-231.
2. В.В. Медведев. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть I. Введение в проблему. Харьков Изд. «Изд 13 типография», 2007, 296 с.
3. Иванов Ю.П., Синяков А.Н., Филатов И.В. Комплексирование информационно-измерительных устройств ЛА. 1984.-207 с.
4. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства / Броварець О.// Техніка і технології АПК. – 2016. – № 10 (85). – С. 28 - 30.
5. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип..86. – С. 20-32.
6. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.
7. Ормаджи К.С. Контроль качества полевых работ. М.: Росагропромиздат. - 1991. - 191с.
8. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: «Наука», 1983, - 392 с.
9. Бурачек В.Г. Геоінформаційний аналіз просторових даних/ Бурачек В.Г., Железняк О.О., Зацерковний В.І. // Монографія. – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2011. – 440с.
10. Масло І.П. Автоматизована система локально-дозованого внесення добрив і хімічних засобів захисту рослин. / Масло І.П., Мироненко В.Г. // УААН: Розробки-виробництву. К.: Аграрна наука, 1999. –С.348–349.

УДК 6 31.35:633.521

© О.П Герасимчук, к.т.н., Р. В. Ковальчук
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ПАЛЬЦІВ ДЛЯ ЗАТИСНЕННЯ СТЕБЕЛ КОНОПЕЛЬ

*Проаналізовано сучасні методи збирання конопель.
Досліджено вплив розташування пальців на пасах пристрою для
збирання стебел конопель.*

ТЕХНІЧНІ КОНОПЛІ, ПАЛЬЦІ, СТЕБЛО, ЗЛАМ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ

Постановка проблеми. Технічні коноплі – це перспективна та унікальна культура, яка може стати провідною в умовах України [1].

Коноплі дають великі перспективи та є дуже вигідними у вирощуванні, оскільки не потребують значних вкладів за їхнім доглядом. Проте вирощувати їх береться дуже мала кількість аграріїв. Причина — «зіпсована репутація» культури як наркотичної рослини (хоча йдеться про вирощування саме безнаркотичних конопель, проте відрізнити сорти мало кому вдається), а також відсутність спеціалізованих засобів для збирання та переробки технічних конопель. Крім того, дуже мало виробників в Україні хочуть займатись переробкою, а саме перероблений продукт користується найбільшим попитом та приносить найбільші прибутки.

Для підвищення зацікавленості аграріїв для посіву технічної коноплі необхідна розробка нових механічних засобів для її збирання або їх модернізація.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомий спосіб збирання стебел конопель, який містить операції зламування стебел ґрунтообробними котками, згрібання стебел у валок роторними граблями та формування рулонів з валка прес-підбирачем [2]. Даний спосіб дозволяє зібрати стебла конопель без застосування спеціальних збиральних машин, проте для кожної операції необхідний окремий агрегат.

Також застосовується спосіб збирання стебел конопель, який передбачає зламування стебел під час їх згрібання роторними граблями з горизонтальним брусом та формування рулонів з валка прес-підбирачем [3].

У роботі [4] проаналізовано застосування та особливості сучасної зернозбиральної техніки на збиранні насінневих посівів технічних конопель особливості.

Зокрема М. К. Лінник, В. І. Макаєв, А. О. Примаков, І. О. Маринченко [5] дослідили напрями збирання конопель на довге волокно з використанням спеціальних коноплезбиральних машин та розробили концепцію збирання прядивної культури конопель спеціальними коноплезбиральними машинами та з використанням сільськогосподарських машин загального призначення. Запропонували перспективні технології збирання насінневих посівів конопель для отримання короткого волокна.

Недоліками даних способів є нерівномірність утвореного валка та хаотичність розміщення стебел у ньому, що ускладнює формування рулонів з валка прес-підбирачем та переробку стебел на волокно.

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження параметрів експериментальної установки для збирання стебел конопель при різних розташуваннях пальців на пасах для обґрунтування напрямків подальшого теоретичного дослідження даного пристрою та визначення оптимальних параметрів його роботи.

Результати дослідження. Дослідження проводилися в лабораторних умовах. Для дослідів використовувалися стебла урожаю 2017 року зібрані на полях ТОВ «Фаворит-Агро», які знаходяться в м. Корець Рівненської області.

З метою лабораторних досліджень виготовлено експериментальну установку (рис.1), яка складається з двигуна 1, пасової передачі 2, вмикача 3, шківів та пасу 4, привід 5 затискного пристрою 8, пальців 6, направляючих 7.

Стебла фіксувалися в затискному пристрої 8 і за допомогою приводу 5 переміщалися по направляючих 7 в сторону рухомого пасу 4 з пальцями 6, які приводилися в дію від двигуна 1 через пасову передачу 2. При контакті стебел коноплі із пальцями 6 відбувався злам стебел в місці їх фіксації з одночасним переміщенням в сторону.



Рис. 1 – Експериментальна установка для дослідження збирання стебел конопель

Дослідження проводилися при різному розташуванні пальців (рис. 2).

При використанні різних схем розміщення пальців спостерігався різний результат, так при шахматному порядку розміщення в експериментальній установці, стебла зламувалися і частково транспортувалися на сторону. За паралельного розміщення пальців стебла зламувалися і всі транспортувалися на сторону (рис. 3). Також при укладанні на сторону зберігалася паралельність стебел.

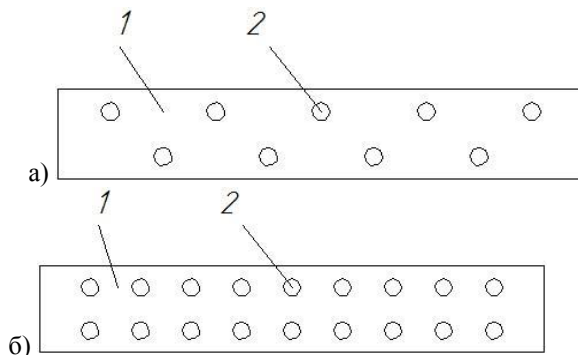


Рис. 2 – Схеми розміщення пальців на пасі (а – шахматний порядок; 2 – паралельний порядок): 1 – пас; 2 – пальці

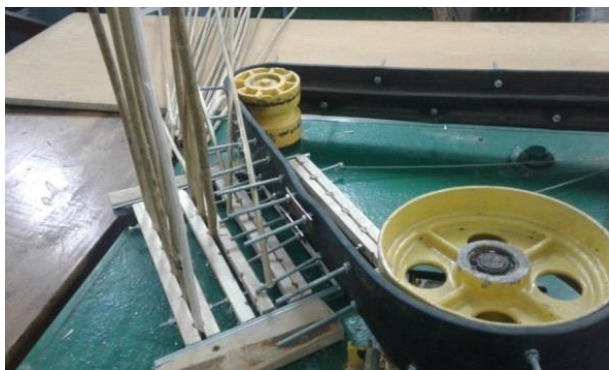


Рис. 3 – Злам і транспортування стебел при шахматному розташуванні пальців

Висновки. В результаті проведення дослідження зламу стебел конопель експериментальною установкою при різних схемах розташування на пальцях встановлено, що найбільш раціональним є паралельне розташування пальців, оскільки збільшується густина розташування пальців і покращується фіксація стебел між ними, що забезпечує краще транспортування стебел на сторону.

Література

1. Головний сайт агрономів, «Одна з найперспективніших культур для України — технічні коноплі» [електронний ресурс]:

<https://superagronom.com/news/1148-odna-z-naiperspektivnishih-kultur-dlya-ukrainy--tehnichni-konopli>

2. Патент 47837 UA A01D 91/00 Спосіб збирання стебел конопель після збирання насіння зернозбиральним комбайном. П.А. Голобородько, Р.Н. Гілязетдінов, О.П. Рябченко, П.В. Лук'яненко, В.І. Макаєв, О.А. Примаков, № u200909179; Заяв. 07.09.2009; Опубл. 25.02.2010. Бюл. № 4.

3. Пат. № 68628 Україна, МПК A01D91/04 Спосіб збирання стебел конопель / Макаєв В.І., Примаков О.А., Коропченко С.П., Довгополий О.М., Мозоль С.П.; заявник і патентовласник ДСЛК ІСПС НААН. - № u2011 02906; Заявл. 12.03.2011; Опубл. 10.04.2012; Бюл. № 7

4. Примаков О. Сучасна техніка як фактор розвитку технологій збирання технічних конопель / О. Примаков, І. Маринченко // Техніка і технології АПК. - 2013. - № 8. - С. 19-22. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titark_2013_8_9.

5. Лінник М. К. Нові способи збирання конопель / М.К. Лінник, В. І. Макаєв, О. А. Примаков, І. О. Маринченко // Вісник аграрної науки. - 2010. - № 5. - С. 48-51. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2010_5_10.

УДК 631.365

©З.О. Гошко, к.т.н., Я.В. Семен, к.т.н., М.І. Магац, к.т.н.,
О.В. Гошко
Львівський національний аграрний університет

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СОЇ, ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ

Наведено методика та результати виконаних експериментальних досліджень з визначення фізико-механічних властивостей сої. Встановлено основні закономірності розподілу вказаних показників і проведено їх аналіз.

**РОЗМІРНО-МАСОВІ ПОКАЗНИКИ, БІБ, МАСА, СОРТ,
ЗБИРАННЯ.**

Постановка проблеми. У загальному комплексі робіт з вирощування сої найбільш складним і трудомістким процесом є

збирання врожаю. Зумовлюється це біологічними та сортовими особливостями рослин у період дозрівання. Жнива на соєвій плантації розпочинають за настання повної стиглості насіння (вологість 14-15%), основними ознаками якої є опадання листя, побуріння бобів, відставання насіння від стулук.

Збирання сої, на перший погляд, нічим не відрізняється від збирання інших видів зернових культур. Збирають сою, переважно, прямим комбайнуванням. Строки мають бути максимально короткими, оскільки від цього залежить кількість і якість урожаю.

Особливу увагу під час збирання врожаю приділяють висоті зрізання рослин. За даними досліджень, на висоті 5 см від поверхні ґрунту на стеблах сої міститься до 2 % урожаю, на висоті 9 см – 10 %. Тому рослини слід зрізати на висоті 4-6 см. Для цього під час підготовки вітчизняних зернозбиральних комбайнів до роботи, жатку дообладнують пристосуванням для зменшення висоти зрізу (до 4-6см). Дослідження показують, що із загальної кількості усіх можливих втрат понад 90% припадають на втрати за жаткою. Один соєвий біб, залишений на кожній стернині, за врожайності в 20 ц/га, - це від 1,4 до 3 ц/га прямих втрат. Тому цілком актуальним є питання вибору жатки, адаптованої до технологічних особливостей вказаної сільсько-господарської культури [8].

Проте, як засвідчили жнива сої 2017 року, в більшості господарств, особливо у західних регіонах, зернозбиральні комбайни не налаштували на цю культуру, а збирали її з тими самими параметрами робочих органів, що й зернові. При цьому не дотримувались оптимальної швидкості руху комбайна (4,5 - 5,6км/год.), і працювали на швидкості 8-9 км/год. із втратами до 40-50% врожаю.

Аналіз якості роботи жаток комбайнів свідчить, що втрати зерна, які підпадають під нормативну категорію «незрізані боби, що залишилися нижче лінії зрізу», становлять мінімум 7 %. Це пояснюється тим, що зрізати та підібрати усі соєві боби жаткою досить складно, адже висота закладання найнижчого ярусу бобів на стеблі зазвичай сягає 10 см.

Причиною цих втрат є фізико-механічні властивості сортів сої (висота розташування першого бобу) і нерівності поля: природні (рельєф поля), та штучні (утворені гризунами) (див. рис.1).

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що якісне проектування та розрахунок обладнання для збирання сої неможливе без знання властивостей оброблюваного матеріалу та умов його вирощування.



Рис.1 – Ховрашині нори

Зокрема висота кріплення першого бобу впливає на встановлення висоти зрізу різального апарату. Кількість втрачених бобів та маса зерен в них, дають змогу оцінити середні втрати зерна від загальної маси врожаю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізіологія та біологічні особливості сої дають змогу збирати врожай комбайновим способом. Ультраранні, ранньостиглі та середньостиглі сорти сої характеризуються дружним, майже одночасним, досяганням бобів, стійкістю до посухи, вилягання та осипання зерна з бобів, не потребують десикації. Короткий період вегетації сприяє проведенню збиральних робіт в оптимальні строки, у кінці серпня або на початку вересня, коли ще зазвичай триває суха та тепла літня погода (див. рис.2).

Урожайність зерна сої сягає 26–49 ц/га. Генетичний потенціал урожайності зерна може становити 48–55 ц/га на полях навіть без зрошення. Відношення маси зерна сої до маси соломи, як правило, становить 1:1 [7].

Досвід вирощування сої свідчить, що боби на рослині розташовані рівномірно і визрівають дружно по всій довжині стебла. Результати досліджень підтверджують, що під час комбайнового збирання в режимі прямого комбайнування в Україні в зонах Степу та Лісостепу повна стиглість бобів сої досягає 99 %, воскова - 1%. Вологість зерна під час збирання (а це зазвичай остання декада серпня - перша декада вересня) становить 12–14 %, незернової частини врожаю - 12 %. Висота розташування нижніх бобів сої, як правило, - 10 см. Висота рослин сої досягає 100–130 см. Такі умови дають змогу, застосовуючи традиційну зернову жатку комбайна, задовільно виконувати технологічний процес за швидкості руху 5 км/год.



Рис.2 – Посіви сої в стадії стиглості

Більшість селекційно-насіневих фірм декларують висоту закладання найнижчого ярусу бобів на стеблі на висоті 20 см і вище (сорти Аннушка, Ворскла, Діона, Медея, Валюта). Їхнє збирання проводять у режимі прямого комбайнування традиційними зерновими комбайновими жатками.

Основними факторами, на які слід звернути увагу при виборі жатки, є конструкція пальцевого бруса, можливість налаштування кута різання та ширина захвату. Конструкція пальцевого бруса визначає його ріжучі властивості, здатність до самоочищення, максимальний прогин, який, до речі, має бути не меншим за 100 мм, та мінімальну висоту різання. У даному випадку можна зазначити, що використання на жатці роздільних пальців дозволяє досягти мінімальної висоти зрізу 3–6 см, якісних показників з самоочищення різального апарата і, відповідно, подовженого терміну служби сегментів. Втрати зерна за такого комбайнування не перевищують допустимих 0,5 % [6].

Але якщо збирати врожай високостеблових сортів сої можна з мінімальними втратами, то залишається відкритим питання пристосованості до комбайнового збирання сортів сої Ментор, Ворскла, Устя, Легенда Супра, нижні боби яких на стеблах розташовані на висоті 10-15 см і нижче.

Використання серійних комбайнових жаток, які оснащені традиційною гідравлічною системою копіювання поверхні поля, дає змогу отримати висоту зрізання стебел на рівні 15–20 см. У такому разі на стеблі нижче вказаної висоти залишаються незрізані боби. А це - прямі втрати. Аналіз якості роботи таких жаток свідчить, що втрати зерна за категорією «незрізані боби нижче лінії зрізу» становлять 7 % і більше (див. рис.3).



Рис.3 – Втрати бобів сої на полі і одній рослині

Можна сказати «на рівному місці», на заключному етапі виробництва сої, коли цінне зерно вже вирощено і залишається лише його зібрати і покласти в комору, господарства зазнають нічим не виправданих втрат. Залишені на полі боби сої та незібране зерно призводять до втрати частини прибутку [5].

Мета дослідження – визначення фізико-механічних властивостей стебла та насіння сої, як об'єкту збирання, з метою обґрунтування конструктивних параметрів збиральних механізмів для мінімізації втрат насіння. Побудова основних закономірностей розподілу досліджуваних показників (висоти стеблостою, висоти розташування першого бобу, середньої кількості та маси насінин на одній рослині, зусилля висмикування стебла з ґрунту).

Результати дослідження. Для вирішення поставлених завдань була розроблена програма експериментальних досліджень, що передбачала визначення фізико-механічних властивостей стебла та насіння сої в польових умовах у період збирання:

- висоту стеблостою, H ;
- висоту розташування першого бобу, h ;
- середню кількість насінин на одній рослині, n ;
- середню масу насінин на одній рослині, m ;
- зусилля терєблення стебла з ґрунту, P .

Для визначення зусилля терелення стебла сої використовували ручний динамометр, нижню частину якого кріпили до стебла, а до його верхньої частини прикладали зусилля (рис. 4, а). Загальну масу насінин з однієї рослини визначали зважуванням їх на електронних вагах (рис. 4, б), помістивши попередньо в одну посудину.



Рис. 4 – Дослідження зусиль терелення стебла сої з ґрунту та визначення масових показників насіння

На основі отриманих результатів були побудовані гістограми розподілу досліджуваних параметрів (рис.5-9).

Аналізуючи отримані дані та побудовані гістограми, можна зробити наступні висновки: середня висота стебла $H_{cp}=79$ см, висота розташування першого бобу на стеблі від поверхні поля $h_{cp}=17$ см, середня кількість насінин з рослини в бобах $n=80$ штук, їх маса $m_{cp}=20$ г.

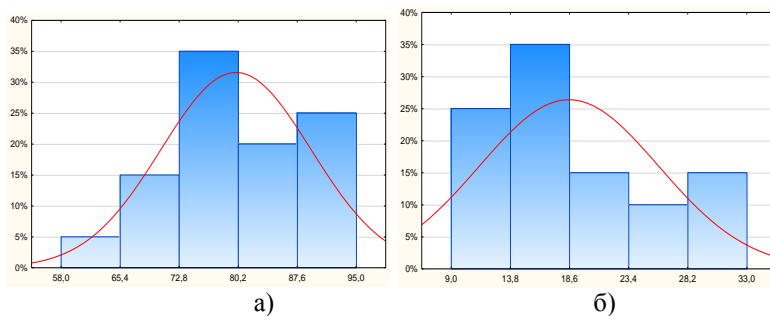


Рис. 5 – Гістограми розподілу за висотою: а) - стебла H , см; б) - першого бобу h , см

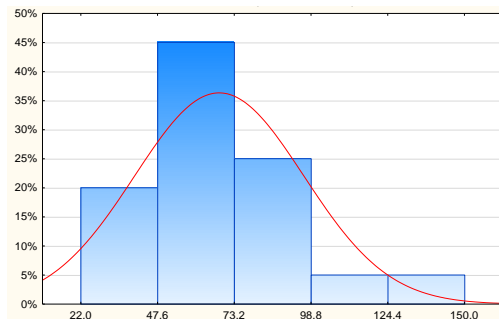


Рис. 6 – Гістограма розподілу зусилля висмикування стебел з ґрунту P, H

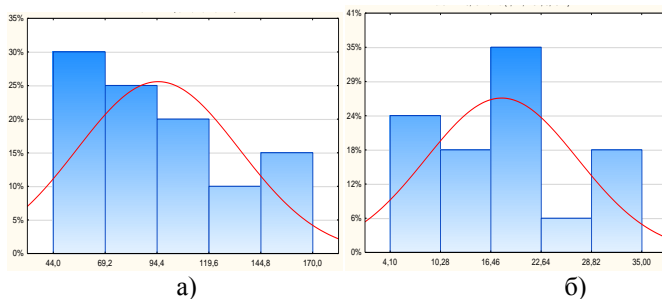


Рис. 7 – Гістограми розподілу: а) - кількість насінин з однієї рослини n , шт, б) - маса насінин з однієї рослини m , г

Зокрема для досліджуваних сортів висота розташування першого бобу знаходиться на висоті: Ментор 12,5-13,0 *см*, Устя 10,0-11,0 *см*, Легенда 9,0-11,0 *см*.

Отримані результати свідчать, що великий відсоток бобів залишається незібраним через значну висоту зрізу. Це пояснюється тим, що під час підготовки до збиральних робіт комбайн потрібно агрегатувати зі спеціальною жаткою для збирання сої. Якщо такої можливості немає, то звичайну жатку (із жорстким пальцевим брусом) потрібно дообладнати спеціальним пристосуванням для зменшення висоти зрізування (до 4-6 *см*). Адже основні втрати під час збирання сої (до 80 %) виникають саме через неправильно налаштовану на роботу жатку. Один соевий біб, залишений на кожній стернині - це мінус 1-2 *ц/га*.

Виходячи з отриманих результатів досліджень, варто застосовувати два основних способи зменшення втрат сої: перший – це агротехнічний; другий – механіко-технологічний.

Агротехнічний полягає у зміні норми висіву насіння та ширині міжрядь посівів. Так, збільшена норма висіву насіння відображається на висоті кріплення нижнього боба – вони ростуть вище, а отже спрощуються умови збирання сої і зменшуються втрати при збиранні. Але даний спосіб має і свій недолік, тонкі і слабкі стебла будуть нестійкі до вилягання. При несприятливих погодних умовах полегли стебла є причиною збільшення втрат врожаю через висипання зерен із пошкоджених ножами жатки бобів, що залишилися нижче зрізу на стеблі, на полеглих рослинах.

З іншої сторони, низька норма висіву відображається на висоті кріплення нижнього боба – вони ростуть нижче, стебло розгалужується з великою кількістю відростків, що погано зрізаються жаткою.

Зміна ширини міжрядь посівів впливає на врожайність наступним чином: вузькі міжряддя знижують втрати. Це пояснюється тим, що поверхня ґрунту між вузькими рядами більш рівна, а нижні боби ростуть вище над землею і соя дозріває однаково та одночасно.

Механіко-технологічний спосіб полягає у використанні різного типу збиральних апаратів. Найкращими у даному випадку будуть спеціальні жатки для збирання сої, або ж іншими словами – жатки з гнучким пальцевим брусом. Використання жатки із гнучким пальцевим брусом варто застосовувати тільки за умови великих площ низькозбираних культур (соя, горох тощо), адже низьке зрізання зумовлює роботу відповідного механізму в агресивних умовах (контакт робочого органа з ґрунтом, можливе попадання каміння і т. д.), що пришвидшує його спрацювання. Якщо такої можливості немає, то за невеликих посівних площ альтернативою можуть слугувати спеціальні гнучкі пристосування до звичайних жаток.

Ще один з шляхів підвищення ефективності збирання сої – використання теребильних (бральних) апаратів висмикувального типу, що унеможливить втрати бобів, а це в свою чергу дозволить значно зменшити втрати зерна.

Очевидно, що незалежно від жатки та типу комбайна, ефективність їх роботи, в першу чергу, залежить від правильних налаштувань.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що фізико-механічні властивості окремих сортів сої є важливими для вибору оптимальних режимів роботи зернозбирального комбайна.

Щоб втрати були мінімальними, слід забезпечити такі налаштування елементів комбайна:

- висота зрізу стебла має бути на мінімально можливому рівні (нижче рівня розташування першого бобу);

- кінематичний показник мотовила повинен знаходитись у межах 1,2-1,3;

- виліт мотовила має бути на 15–30 см попереду пальцевого бруса різального апарату;

- зазор між приймальним шнеком та робочим столом жатки регулюють у межах 15 ± 2 мм, залежно від врожайності сої;

- налаштування обертів молотильного барабана або ротора слід починати з найменшого рекомендованого в інструкції значення, оскільки пошкодження зерна росте у квадратичній залежності від зростання обертів;

- розпочати збирання щойно вміст вологи в зерні досягне 12%. Причому, при низькій вологості (<10 %) значно зростає пошкодження зерна, а при високій вологості (>14 %) окрім пошкодження зростає і рівень втрат за комбайном;

- за нормальних умов збирання рівень втрат за комбайном має знаходитись у межах 1–1,5 %.

Таким чином, застосуванням ефективних технічних засобів, якими є спеціалізовані жатки та приставки для збирання сої, можна, завдяки ефективному збиранню без втрат, збільшити врожайність сої на 200–300 кг/га, забезпечивши цим додатковий прибуток господарству.

Література

1. Цизь К.Є. Дослідження фізико-механічних властивостей насіння сої / К.Є. Цизь, Р.В. Кірчук, А.В. Ришко // Сільськогосподарські машини - Луцьк, 2017. - №27. - С. 130-138.

2. Хайліс Г.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів./ Г.А. Хайліс, А.Ю. Горбовий, З.О. Гошко // Навч. посіб. - Луцьк.: Ковельська міська друкарня. 1998. - 267с.

3. Руднев С.Д. Фізико-механічні властивості сировини і продукції. Навчальний посібник / С.Д. Руднев. – Кемерово: Кемеровський технологічний інститут харчової промисловості, 2004. -117 с.

4. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. –448 с.

5. Каленська С.М. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування сої на чорноземах типових / С.М. Каленська, Н.В. Новицька, Д.В. Андрієць // Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця, 2011. – Вип. 69. – С. 74-78.

6. Колісник С.І. Технологічні аспекти вирощування насіння сої / С.І. Колісник // Насінництво. – К., 2008. – № 6. – С. 5-9.

7. Шевніков М.Я. Наукові основи вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України : монографія / М.Я. Шевніков. – Полтава : ПП Крюков, 2007. – 208 с.

8. Занько М. Особливості збирання сої [Електронний ресурс]: журнал: Техніка та обладнання / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Електрон. текст, 2013. <http://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-zbirannya-soyi> (дата звернення: 07.10.2017).

УДК 677.11.021

© В.Ф. Дідух, д.т.н., Ю.М. Онюх

Луцький національний технічний університет

І.З. Дуць

Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Проаналізовано морфологічні особливості стеблостою льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся, як об'єкта переробки з метою отримання продукції різного цільового призначення. Представлено конструкційні особливості пристрою для подрібнення стебел для забезпечення волокнистому матеріалу властивостей, які є визначальними у подальшому його

використанні та максимального відокремлення костри та сміттєвих домішок.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, СТЕБЛО, ВОЛОКНО, РУЙНУВАННЯ, ПОДРІБНЮЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

Постановка проблеми. Зміна природно – кліматичних умов через підвищення середньодобових температурних показників з одночасним зменшенням кількості опадів зумовила поширення територій сприятливих для вирощування льону олійного за рахунок Північних регіонів. Дослідження науковців та досвід агрофірм показали що можливість отримати врожай насіння в межах 19 – 21 ц/га та соломи близько 40 ц/га є реальною.

Оскільки висота стеблостою льону олійного в даній природно – кліматичній зоні може сягати 80см і більше, аграрії зіткнулися з проблемою переробки та утилізації стеблової частини рослин після збирання врожаю насіння. Стримуючим фактором для введення культури у сівозміни агровиробниками є також особливості будови стебел льону олійного, яке часто характеризується розгалуженням та має високі пружні властивості в період збирання. Як наслідок, після обробки посівів десикантами та збирання врожаю насіння зернозбиральним комбайном, на полі залишаються валки сплутаної соломистої маси значних розмірів. В результаті їх вилежування в полі і перетворення в тресту методом росяного мочіння спостерігається нерівномірність дозрівання трести, ушкодження нижніх шарів цвіллю і, як наслідок, зниження споживчих властивостей короткого неорієнтованого волокна, отриманого зі стебел льону олійного.

Утилізації соломи після збирання її у рулони та вивезення з місця вирощування шляхом спалювання тягне за собою додаткові затрати на транспортні засоби і приносить шкоду навколишньому середовищу.

У зв'язку з цим, дослідження та впровадження нових технологічних прийомів переробки стеблової частини врожаю льону олійного, пов'язаних з подрібненням соломистої маси з врахуванням її якості, стадії стиглості та цільового призначення, є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження морфологічних властивостей льону олійного, вирощеного у різних природно - кліматичних умовах показує, що він має такі ж високі показники врожайності насіння, як і льон - довгунець і при цьому майже не поступається висотою стебла. Проте окремі сорти характеризуються розгалуженістю стебла, яке містить в собі від 21 до 29% короткого неорієнтованого волокна [1,3, 10].

Сучасні зернозбиральні комбайни забезпечують збирання насіння льону олійного у фазі ранньої жовтої стиглості після обробки посівів десикантами. Проте, після комбайна на полі у валках залишається сплутана соломиста маса, для якої відсутні умови перетворення соломи у тресту. Науковцями проведено безліч досліджень щодо можливості застосування різних методів прискорення процесу вилежування трести та підвищення її якості.[4,6]. Зокрема, в умовах Півдня України проводились дослідження з обробки валків з соломи льону олійного різними хімічними реактивами, які перешкоджають утворенню шкідливих гнилісних бактерій та грибків, але сприяють руйнуванню пектинових зв'язків стеблах. Проте на сьогодні відсутні дослідження отримання якісної трести методом росяного мочіння.

Одним із шляхів оптимізації процесу вилежування трести є зниження пружних властивостей стебел льону олійного у валках шляхом їх руйнування в процесі збирання зернозбиральним комбайном. Відтак, механічний вплив на стебла трести на стадії переробки, також забезпечує максимальне виділення короткого неорієнтованого волокна. Дослідження руйнування листостеблових сільськогосподарських матеріалів [7, 8] вказують на перспективність руйнування стеблової частини сільськогосподарських культур механізованими засобами з обертовими барабанами [9].

Забезпечення переробки стеблової частини льону олійного одночасно зі збиранням врожаю насіння дозволить отримати хорошу волокнисту сировину для текстильної промисловості. У випадку втрати якості волокна під впливом природно – кліматичних умов можна отримати матеріал придатний для виготовлення палива, геотекстилю, будівельного матеріалу та ін.

Мета дослідження – запропонувати технологію переробки стеблової частини врожаю, отриману в умовах Західного Полісся

Результати досліджень. Дослідження, проведені на виробничих полях агрофірми «Лугове» у 2016-2017 роках дозволили зробити ряд висновків, які стали рушіями подальших досліджень:

1. Природно – кліматичні умови вегетаційного періоду мають визначальний вплив на якість кінцевого продукту – короткого неорієнтованого волокна.
2. Сплутана соломиста маса, яка залишається на полі у валках має високі пружні властивості та значні розміри, тому її перетворення в тресту відбувається неоднорідно та за довготривалий проміжок часу.

3. Великі площі вирощування культури унеможливають збирання валків з готовою трестю в оптимальні строки, тому волокно втрачає споживчі властивості і виникає необхідність у пошуку нових методів його переробки або утилізації.

Прийнявши до уваги вищенаведене, було запропоновано технологію збирання врожаю, адаптовану до погодних умов конкретного вегетаційного періоду(рис.1).

Згідно представленої схеми, отримання однотипного волокнистого матеріалу з льону олійного здійснюється шляхом механічної обробки стебел. При цьому стеблову частину льону зрізують чи беруть залежно від фази стиглості стеблостою, відділяють насінневу частину та руйнують стебла шляхом механічної обробки, видаляють кострицю, після чого зрілий волокнистий матеріал формують у рулони і транспортують до місця отримання однотипного волокна, а зруйновані стебла у фазі ранньої стиглості вкладають у валки для вилежування, після вилежування та дозрівання їх волокнистого матеріалу до фази повної стиглості додатковими технічними засобами здійснюють формування рулонів з наступним транспортуванням їх до місця отримання однотипного волокна.

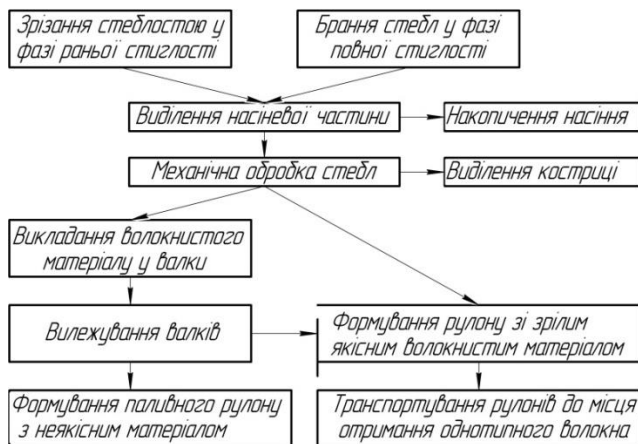


Рис. 1 – Структурна схема технологічного процесу використання стеблової частини льону олійного

З метою зменшення пружних властивостей соломистої маси у валках для прискорення вилежування трести пропонується

зернозбиральний комбайн обладнувати пристроєм для руйнування стебел та камерою формування рулонів(рис. 2)

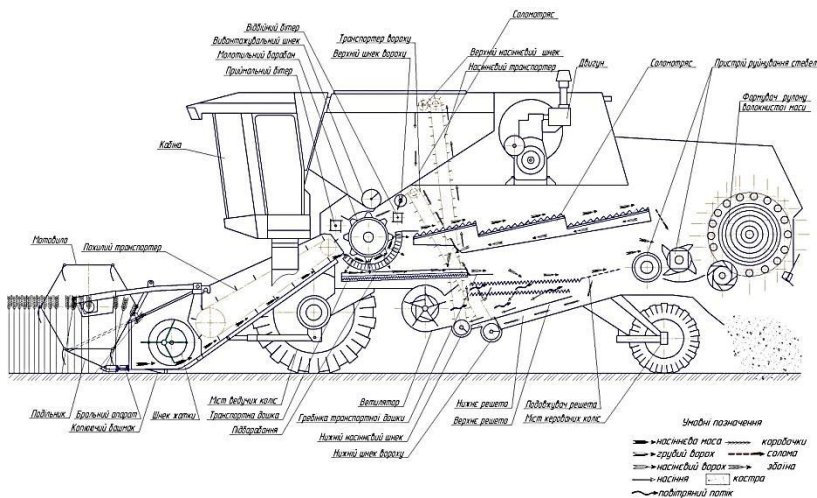


Рис.2 – Функціональна схема зернозбирального комбайна для збирання льону олійного

Запропонований пристрій для руйнування стебел має бути універсальним вузлом як у зернозбиральному комбайні так і лінії переробки трести льону олійного на стаціонарі. Пристрій ударно – різального типу для руйнування стебел льону олійного містить шароформував та ротор з ножами різального або молоткового типу (рис. 3). При використанні ножі молоткового типу (рис.3, б) стебла будуть лише руйнуватись з видаленням певного відсотку деревинистої структури стебла, що дозволить зменшити пружні властивості валка та сприятиме рівномірному дозріванню трести. У свою чергу, якщо на такий пристрій встановити ножі різального типу (рис. 3, а), то це дозволить отримати сировину для видалення максимальної кількості короткого неорієнтованого волокна.

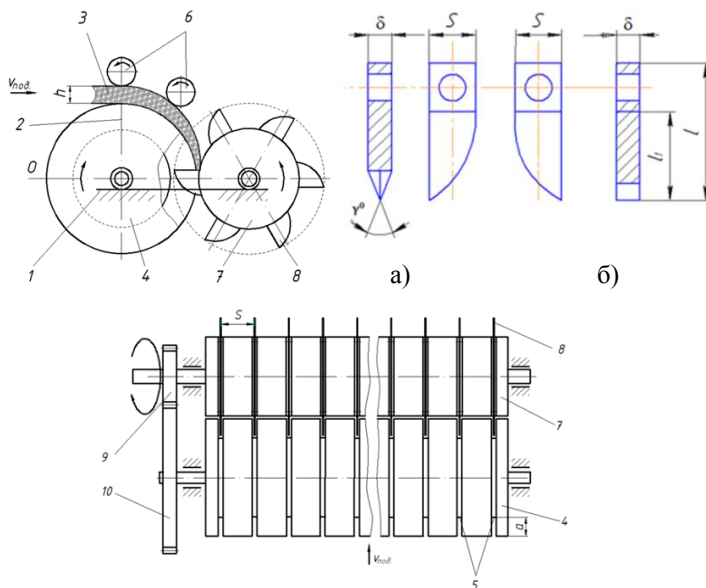


Рис. 3 – Схема пристрою для руйнування стебел льону олійного: 1 – корпус; 2 – шароформував; 3 – шар стебел; 4 – подавальний барабан; 5 – щілини – протирізи; 6 – притискні вальці; 7 – ротор; 8 – ножі(а) різального; б) молоткового типу); 9 – ведуча шестерня; 10 – зубчасте колесо

Для забезпечення ефективного подрібнення стеблової маси стебел льону олійного важливо обґрунтувати параметри його визначальних елементів, яким є ротор, який складається з вставок 1 та набору втулок 2 кріплення ножів (рис.4). Залежно від їх кількості (рекомендовано 2...6) необхідно обґрунтувати об'єм комірки, за допомогою яких видалятиметься костриця за межі функціонування машини.

Забезпечення умови руйнування стебла залежить від діаметра ротора D_p , та своєчасного звільнення волокнисто – стеблової маси від костриці. Таким чином на вставках 1 важливо передбачити комірки у яких під час руйнування стебел накопичуватиметься костриця.

Визначимо об'єм комірок для забезпечення видалення за межі пристрою для руйнування стебел льону олійного дрібною

фракції (костриці). Серед параметрів розмірів відповідно до рис. 4, головними є: D_p – діаметр втулки ротора, S_p – її ширина та радіус R_k – радіус комірки. Площа комірки обмежена двома дугами R_p та R_k .

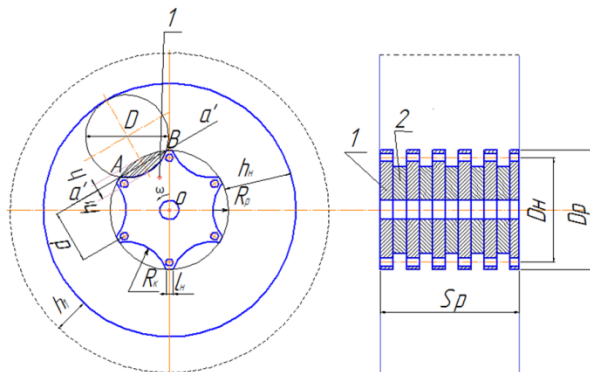


Рис. 4 – Конструктивні параметри вставки ротора:
1 – вставка; 2 – втулка ротора

Довжина дуги вільного простору комірки визначатиметься за формулою:

$$L_k = \frac{L_p}{6} - l_n = \frac{\pi D_p}{6} - l_n, \quad (1)$$

де L_p – довжина кола вставки ротора, м;

l_n – довжина дуги кріплення ножа

Значення довжини хорди при цьому становить:

$$C_{AB} = 2\sqrt{h \cdot (2R_p - h)}. \quad (2)$$

З іншої сторони

$$C_{AB} = 2\sqrt{h_1 \cdot (2R_k - h_1)}. \quad (3)$$

Прирівнявши, визначимо D_k :

$$h \cdot (2R_p - h) = h_1 \cdot (2R_k - h_1), \quad (4)$$

$$D_k = \frac{h \cdot (2R_p - h) + h_1}{4h_1}. \quad (5)$$

Відповідно об'єм однієї комірки, яка бере участь у накопиченні часток костриці та видаленні їх за межі механізму руйнування стебел льону олійного дорівнює:

$$V = S \cdot L_p = (S_k + S_p) \cdot L_p, \quad (6)$$

де S_o , S_k , S_p – площі відповідно загальної комірки та за рахунок виступу кріплення ножів на ротор.

$$V_0 = (R_k^2 \cdot \arcsin\left(\frac{C_{AB}}{2R_k}\right) - \frac{C_{AB}}{4} \sqrt{4R_k - C_{AB}^2} + \\ + R_p^2 \cdot \arcsin\left(\frac{C_{AB}}{2R_p}\right) - \frac{C_{AB}}{4} \sqrt{4R_p - C_{AB}^2}) \cdot L_p \quad (7)$$

Кількість подрібнених часток, які можна одночасно видалити однією коміркою визначатиметься його питомою густиною:

$$\rho = \frac{dm}{dv}, \text{ кг/м}^3. \quad (8)$$

Таким чином, чим більше будуть подрібнені частинки, тим ефективніше працюватиме пристрій для подрібнення. З іншої сторони важливим параметром, який забезпечує подрібнення матеріалу, є довжина вставки ротора $L_{p \min}$, яка визначається експериментально.

Висновки. Виробництво льону олійного є перспективною галуззю народного господарства. Водночас відсутні технології збирання та переробки його стеблової частини врожаю на територіях Західного Полісся. Для вирішення поставленої проблеми рекомендована технологія збирання рослин, адаптована до умов вирощування. Крім того, запропоновано використання подрібнюючого пристрою для зменшення об'ємів валка та для виділення максимальної кількості костри з короткого неорієнтованого волокна. Впровадження запропонованої технології дозволить аграріям полегшити процес збирання врожаю, а використання подрібнюючого пристрою сприятиме отриманню короткого неорієнтованого волокна з високими споживчими властивостями.

Література

1. Эксперты отмечают преимущества выращивания масличного льна - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4089979.html>.
2. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид.відділ Луцького НТУ, 2013. – 108 с.
3. Сай В.А. Удосконалення технології збирання і первинної переробки стеблової частини льону олійного: дис. канд.техн. наук: 05.18.01/Сай Володимир Анатолійович. – Луцьк, 2011. – 194с.
4. Чурсіна Л.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с..

5. Использование физиологических растения льна масличного в селекции: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 44 с.

6. Г.А. Тіхосова, О.В. Князев, Т.М. Надєсва. Теоретичні передумови створення інноваційної технології переробки стебел льону олійного. Легка промисловість. 2010. №2, с.27-28.

7. Завірюха М.В. Теоретичні дослідження роботи інтегрованого різального апарату / Завірюха М.В. // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Львів: Видавництво ЛНАУ, 2012. – 341 с.

8. Труш М.М. Визначення характеристик подрібнювача рослинних решток в лабораторних умовах / Труш М.М., Солових Є.К., Аулін В.В. // Вісник ХДТУСГ. – Харків : Вид-во ХДТУСГ. – 2004. – Вип. 23. – С. 68 - 71.

9. Патент на корисну модель №121747, МПК D01B1/00. Пристрій для розмотування та подрібнення луб'яної сировини. / Дідух В.Ф., Кірчук Р.В., Онюх Ю.М., Ягелюк С.В.; заявник і власник Луцький НТУ. – u201707177; заяв. 11.12.2017; опуб.11.12.2017р., Бюл. № 23.

10. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф., Онюх Ю.М. Оцінка якості волокна зі стебел льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся Товарознавчий вісник. Збірник наукових праць. Випуск 11. - Луцьк. ЛНТУ, 2018. стор. 167-173

УДК 631.358:633.521

© І.М. Дударев, д.т.н.

Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ШИРИНИ ЗАХВАТУ БРАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ КОНІЧНО-ДИСКОВОГО ЛЬОНОБРАЛЬНОГО АПАРАТА

У статті запропоновано конструкції конічно-дискових льонобральних апаратів. Представлено результати теоретичних досліджень із визначення ширини захвату льонобральної секції конічно-дискового льонобрального апарата.

ЛЬОНОБРАЛЬНИЙ АПАРАТ, КОНІЧНІ ДИСКИ, ШИРИНА ЗАХВАТУ, РОЗРАХУНОК.

Постановка проблеми. Широкого поширення набуває технологія збирання льону олійного та льону-довгунця, що не передбачає забезпечення паралельності стебел льону під час технологічних операцій, оскільки стеблову частину врожаю переробляють з метою одержання короткого або однотипного волокна. У цій технології використовують зернозбиральний комбайн, який зрізує стеблостій льону, відокремлює насіннєву частину врожаю та формує валок з хаотично розташованими стеблами. Наявність волокна у прикореневій частині стебел льону ускладнює роботу різального апарата зернозбирального комбайна та зумовлює часті його поломки. Крім того, внаслідок зрізування стеблостою мають місце втрати стеблової частини врожаю, яка містить волокно, у вигляді стерні. Для усунення зазначених недоліків необхідно оснащувати зернозбиральний комбайн льонобральним апаратом замість різального апарата. Відомі конструкції льонобральних апаратів є громіздкими зі складним приводом, тому розробка нового льонобрального апарата, яким можна було б оснащувати зернозбиральний комбайн є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробкою та обґрунтуванням конструкцій льонобральних апаратів займаються науковці різних країн, серед них необхідно відзначити професора Г.А. Хайліса та представників його наукової школи, які мають вагомі наукові здобутки в галузі механізації льонарства [1 – 9]. Разом з тим, подальший розвиток технологій вимагає розробки та обґрунтування нових конструкцій технічних засобів для їх реалізації. Нові технічні рішення мають забезпечувати якісне виконання технологічних операцій, повинні мати зручну в експлуатації і надійну конструкцію та привод. Критичний аналіз результатів відомих наукових досліджень вітчизняних та закордонних науковців дозволив запропонувати конструкцію конічно-дискового льонобрального апарата. Відповідно, розробка нової конструкції потребує обґрунтування її параметрів.

Мета дослідження – обґрунтувати ширину захвату бральної секції конічно-дискового льонобрального апарата.

Результати дослідження. У технології збирання льону, що передбачає одержання короткого або однотипного волокна, пропонується використовувати льонобралку чи зернозбиральний комбайн, які оснащені конічно-дисковим льонобральним апаратом.

Конічно-дисковий льонобральний апарат може бути виконаний у двох варіантах.

Перший варіант. Льонобральний апарат містить збірну раму і бральний вузол (рис. 1) [10]. Бральний вузол містить приводний вал, на якому закріплені бральні секції, між якими встановлені втулки. Кожна бральна секція утворена парою однакових конічних дисків із прогумованою поверхнею, які приєднані один до другого основами меншого діаметра. Під бральними секціями передбачено перегородку, до якої прикріплено подільники стеблостою. Позаду бральних секцій на збірній рамі встановлено очисну планку із зубцями, кінці яких відтворюють форму зазору між конічними дисками бральної секції. Зубці очисної планки входять у зазори між конічними дисками бральних секцій. Позаду бральних секцій передбачено поперечний транспортер, у кінці якого встановлено розстилочний щиток. Перед бральним вузлом над подільниками стеблостою встановлено похилий стрічково-планчастий транспортер.

Під час руху льонозбирального агрегата полем подільники стеблостою розділяють стеблостій льону на смужки і спрямовують його до бральних секцій. Одночасно з цим за допомогою похилого стрічково-планчастого транспортера стебла льону нахилиються в сторону льонобрального вузла та відокремлюються від решти стеблостою льону. Принцип роботи усіх бральних секцій однаковий, тому далі розглянемо принцип роботи однієї бральної секції. Стебла льону (пучок стебел), які опинилися в зазорі, що звужується, між конічними дисками бральної секції защемляються між конічними дисками та внаслідок їх обертання із приводним валом витягуються із ґрунту. Защемлені стебла льону після витягування із ґрунту обертаються разом із конічними дисками до моменту контакту стебел із зубцями очисної планки, якими стебла виштовхуються із зазору між конічними дисками та спрямовуються на поперечний транспортер. Під час руху стрічки поперечного транспортера вздовж бральних секцій на ній формується валок стебел льону, що виходять з кожної бральної секції. У кінці поперечного транспортера сформований валок стебел льону за допомогою розстилочного щитка розстилається на полі.

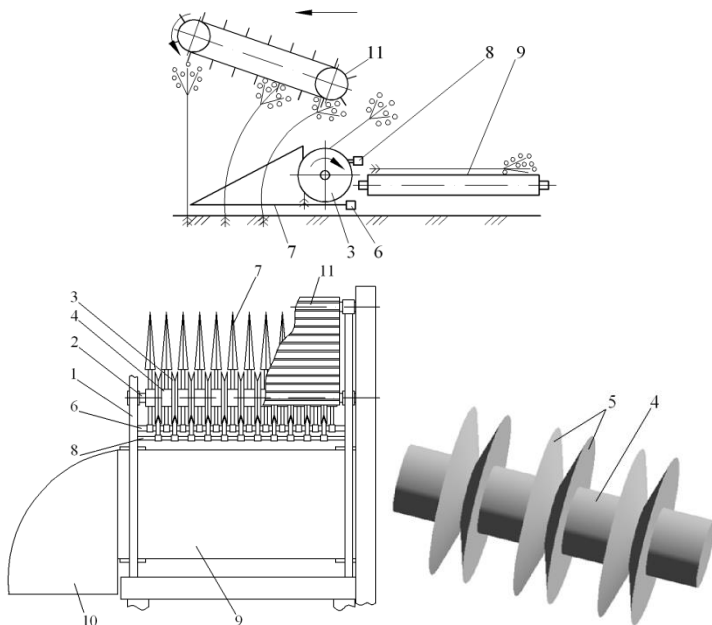


Рис. 1 – Льонозбиральний агрегат оснащений конічно-дисківим льонобральним апаратом: 1 – збірна рама; 2 – приводний вал; 3 – бральні секції; 4 – втулки; 5 – конічні диски; 6 – перегородка; 7 – подільники стеблостою; 8 – очисна планка; 9 – поперечний транспортер; 10 – розстилочний щиток; 11 – похилий стрічково-планчастий транспортер

Другий варіант. Зернозбиральний комбайна замість різального апарата оснащується конічно-дисківим льонобральним апаратом (рис.2) [11], який встановлюється на платформі жатки. Льонобральний апарат обладнаний приводним валом зі шліцями. На приводному валу закріплені однакові конічні диски, конічна поверхня яких покрита фрикційним матеріалом. Конічні диски розташовані вздовж приводного вала таким чином, що основу меншого діаметра одного конічного диска приєднано до основи меншого діаметра другого конічного диска, а основу більшого діаметра одного конічного диска приєднано до основи більшого діаметра другого конічного диска, окрім крайніх конічних дисків. Очисна планка із зубцями, кінці яких відтворюють форму зазору між конічними дисками, розташована на платформі паралельно

приводному валу. Зубці очисної планки входять у зазори між сусідніми конічними дисками.

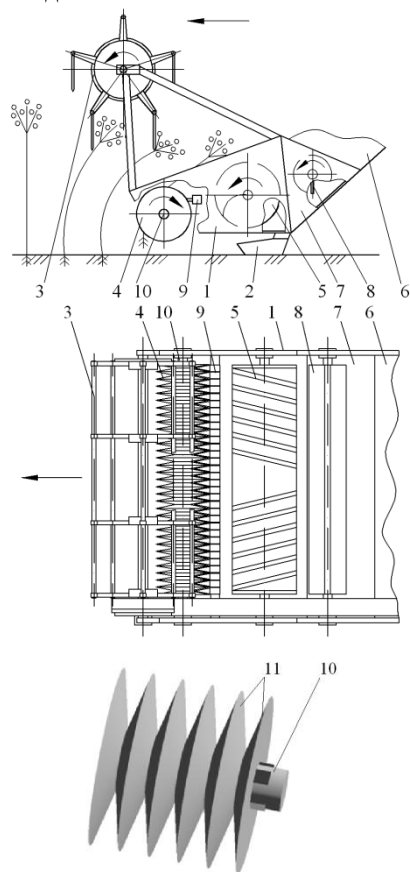


Рис. 2 – Зернозбиральний комбайн оснащений конічно-дисковим льонобральним апаратом: 1 – платформа; 2 – копіювальний пристрій; 3 – мотовило; 4 – бральний апарат; 5 – збірний шнек; 6 – похила камера; 7 – приставка; 8 – бітер; 9 – очисна планка; 10 – приводний вал зі шліцями; 11 – конічні диски

Визначимо найбільшу допустиму ширину захвату секції конічно-дискового льонобрального апарата. Ширина захвату $b_{захв.}$ бральної секції – це подвоєна відстань від вертикальної площини П

контакту кінчних дисків до рядка стебел льону, що паралельний цій площині Π , але не розташований у ній (рис. 3). Найбільша ширина захвату матиме місце, коли стебло льону защемлене у початковий момент на рівні початку розгалуження супліддя і при цьому знаходиться у рядку, що на відстані $b_{захв.}$ від вертикальної площини Π контакту дисків.

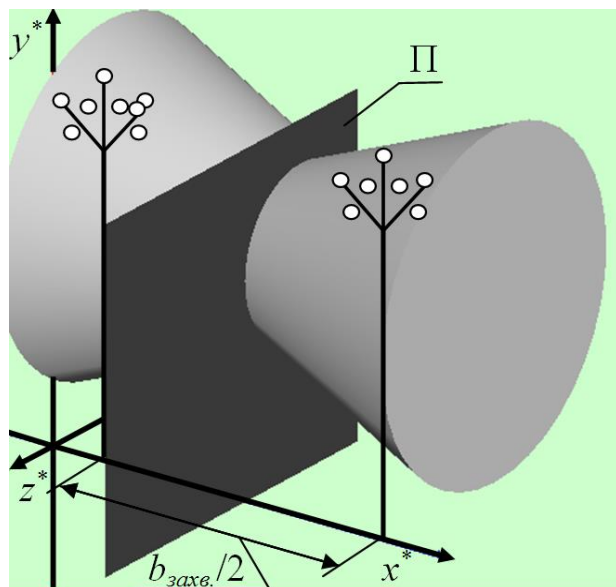


Рис. 3 – Схема до визначення ширини захвату бральної секції

Розглянемо один із горизонтально розташованих кінчних дисків (вісь диска горизонтальна). Перетнемо кінчний диск вертикальною площиною Π_1 , яка паралельна осі конуса, таким чином, що точка A контакту стебла з кінчним диском у початковий момент брання знаходиться у цій площині (рис. 4, а). Кінчний диск льонобрального апарата являє собою зрізаний конус. Добудуємо зрізану частину конуса та перетнемо конус вертикальною площиною Π_2 , що проходить через його вісь (рис. 4, б). У січenni конуса площиною Π_2 матимемо трикутник, а у січenni цієї ж площиною кінчного диска – рівнобедрену трапецію. Знайдемо проєкції січень конуса та кінчного диска площиною Π_2 на

паралельну їй площину Π_1 (рис. 5, а). Відстань між площинами Π_1 та Π_2 складатиме r (рис. 4, а). Розташуємо у проєкції вершини конуса на площину Π_1 початок координат системи координат xOy (рис. 5, а). Лінія перетину площини Π_1 із конусом являтиме собою гілку гіперболи, рівняння якої у канонічній формі:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (1)$$

де a , b – відповідно, дійсна та уявна півосі гіперболи.

Ділянка AM гіперболи є лінією контакту стебла льону із конічним диском.

Центром симетрії гіперболи буде початок координат системи xOy . Визначимо значення дійсної півосі гіперболи з прямокутного трикутника $\triangle OAB$:

$$a = OA = AB \cdot \operatorname{tg} \alpha = r \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

де α – кут між твірною та основою конуса (конічного диска), рад.

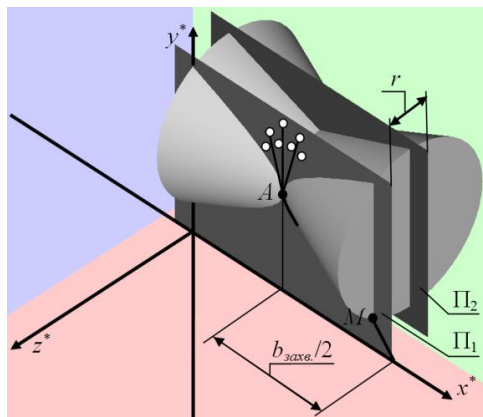
Із рівняння гіперболи (1) визначимо значення уявної півосі гіперболи:

$$b^2 = \frac{y^2 a^2}{x^2 - a^2}. \quad (3)$$

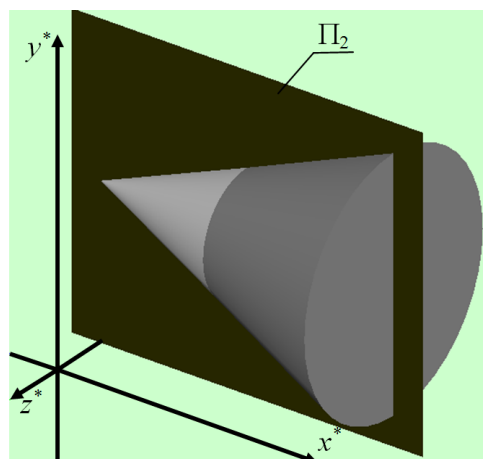
Визначимо координати точки M , що належить гіперболі. Координата точки M по осі x рівна висоті конуса і може бути визначена наступним чином:

$$x_M = R \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

де R – радіус основи конуса (більшої основи конічного диска), м.



а



б

Рис. 4 – Схеми до пояснення розташування січних площин Π_1 та Π_2 конічних дисків

Для знаходження координати точки M по осі y , спроектуємо площину Π_1 на днище конуса (конічного диска) радіусом R (рис. 5, б). Оскільки площина Π_1 перпендикулярна днищу конуса, тоді її проекцією на днище буде пряма, що розташована на відстані r від вертикальної осі днища конуса. Точку M буде розташована на перетині проекції площини Π_1 на

днище конуса і кола радіусом R , що описує днище конуса. Із рис. 5 (б) очевидно, що відрізок AM рівний по модулю $|y_M|$, тому із прямокутного трикутника $\triangle OAM$ матимемо:

$$|y_M| = AM = \sqrt{OM^2 - OA^2} = \sqrt{R^2 - r^2}. \quad (5)$$

Підставляючи вирази (2), (4) та (5) у залежність (3), отримаємо:

$$b^2 = \frac{y_M^2 a^2}{x_M^2 - a^2} = \frac{(R^2 - r^2)r^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{R^2 \operatorname{tg}^2 \alpha - r^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} = r^2. \quad (6)$$

Таким чином, рівняння гіперболи, частина дуги якої описує лінію контакту стебла льону із конічним диском, буде:

$$y = \pm \sqrt{\frac{x^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} - r^2}. \quad (7)$$

Знайдемо довжину дуги AM гіперболи, тобто довжину стебла льону, що контактує із конічним диском (рис. 5, в).

Довжина дуги гіперболи між точками $(a,0)$ та $(a \operatorname{ch} \tau_0, b \operatorname{sh} \tau_0)$ визначається через елементарні функції та еліптичні інтеграли першого і другого роду:

$$L = \sqrt{a^2 + b^2} \left(\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \tau_0} \operatorname{tg} \tau_0 - E(\tau_0, k) + (1 - k^2) F(\tau_0, k) \right), \quad (8)$$

де $E(\tau_0, k)$ – еліптичний інтеграл другого роду;

$F(\tau_0, k)$ – еліптичний інтеграл першого роду;

$$\tau_0 = \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{a^2 + b^2} \operatorname{sh} \tau_0}{b} \right) \quad \text{та} \quad k^2 = \frac{a^2}{a^2 + b^2}.$$

дуги AM шляхом її розбиття на ділянки

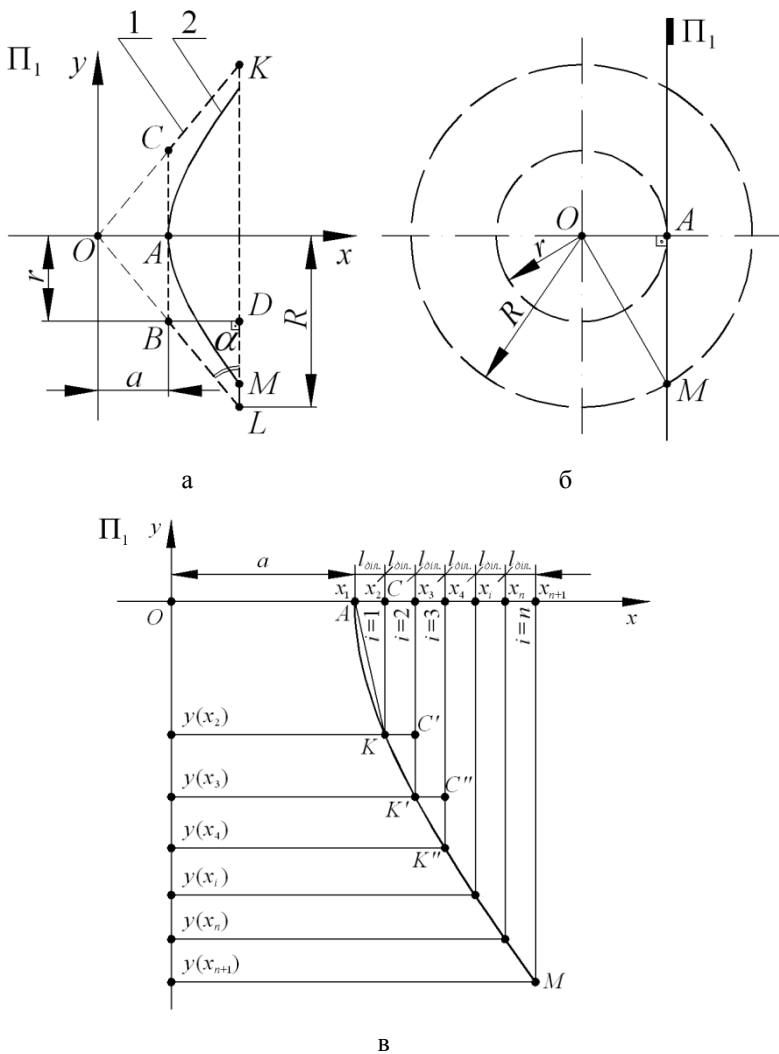


Рис. 5 – Схеми до визначення довжини ділянка AM гіперболи, що є лінією контакту стебла льону із конічним диском (1 – проекція конуса та диска на площину Π_1 ; 2 – гілка гіперболи, що одержана перетином площиною Π_1 конуса): а – січення конуса площиною Π_1 ; б – проекція площини Π_1 на основу конуса діаметром R ; в – схема до визначення довжини

Точне значення еліптичних інтегралів знайти неможливо, оскільки первісні не виражаються через елементарні функції.

Тому наближене значення довжини дуги AM гіперболи шукатимемо наступним чином. Розіб'ємо дугу AM гіперболи на n ділянок однакової довжини вздовж осі x (рис. 5, в). Довжина кожної з n ділянок складе:

$$l_{\text{дiл.}} = \frac{x_M - x_A}{n}, \quad (9)$$

де x_M , x_A – відповідно, координати точок M та A по осі x ($x_A = a$).

Чим більше число ділянок n , тим більша точність розрахунків. Визначимо наближене значення довжини дуги на кожній ділянці нижньої гілки гіперболи (рис. 5, в).

На першій ділянці вздовж осі x ($i = 1$, де i – номер ділянки починаючи від початку координат), межі якої позначимо точками A та C , з'єднаємо кінці дуги на цій ділянці, тобто точки A та K . Таким чином, одержимо прямокутний трикутник ΔACK , де $AC = x_2 - x_1 = l_{\text{дiл.}}$ та $CK = |y(x_2)|$. Тоді наближене значення довжини дуги AK гіперболи (на першій ділянці):

$$L_1 \approx AK = \sqrt{AC^2 + CK^2} = \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + y^2(x_2)} = \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + y^2(a + l_{\text{дiл.}})}, \quad (10)$$

де $y(x_2) = y(a + l_{\text{дiл.}})$ – значення функції y в точці $x_2 = a + l_{\text{дiл.}}$ вздовж осі x .

Наближене значення довжини дуги KK' гіперболи (на другій ділянці ($i = 2$)):

$$\begin{aligned} L_2 \approx KK' &= \sqrt{KC'^2 + C'K'^2} = \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + [y(x_3) - y(x_2)]^2} = \\ &= \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + [y(a + 2l_{\text{дiл.}}) - y(a + l_{\text{дiл.}})]^2}, \end{aligned} \quad (11)$$

де $y(x_3) = y(a + 2l_{\text{дiл.}})$ – значення функції y в точці $x_3 = a + 2l_{\text{дiл.}}$ вздовж осі x .

Наближене значення довжини дуги $K'K''$ гіперболи (на третій ділянці ($i = 3$)):

$$\begin{aligned} L_3 \approx K'K'' &= \sqrt{K'C''^2 + C''K''^2} = \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + [y(x_4) - y(x_3)]^2} = \\ &= \sqrt{l_{\text{дiл.}}^2 + [y(a + 3l_{\text{дiл.}}) - y(a + 2l_{\text{дiл.}})]^2}, \end{aligned} \quad (12)$$

де $y(x_4) = y(a + 3l_{\text{дiл.}})$ – значення функції y в точці $x_4 = a + 3l_{\text{дiл.}}$ вздовж осі x .

Наближене значення довжини дуги гіперболи (нижньої гілки) на i -й ділянці:

$$L_i \approx \sqrt{l_{\text{дн.}}^2 + [y(x_{i+1}) - y(x_i)]^2} = \sqrt{l_{\text{дн.}}^2 + [y(a + il_{\text{дн.}}) - y(a + (i-1)l_{\text{дн.}})]^2}. \quad (13)$$

Наближене значення довжини дуги AM гіперболи (довжина стебла льону, що контактує з конічним диском):

$$L \approx \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n \sqrt{l_{\text{дн.}}^2 + [y(a + il_{\text{дн.}}) - y(a + (i-1)l_{\text{дн.}})]^2}. \quad (14)$$

Розглянемо прямокутний трикутник ΔMTD (рис. 6), де MD – це довжина частини стебла льону поза конічним диском. Нагадаємо, що розглядається випадок, коли у початковий момент стебло защемлене на рівні початку розгалуження супліддя (якщо стебло буде защемлене вище, тоді будуть мати місце втрати та пошкодження насінневої частини урожаю). Саме у цьому випадку матимемо найбільшу допустиму ширину захвату $b_{\text{захв.}}$ льонобральної секції. Враховуючи зазначене, можна записати $MD = l_{\text{мех.}} - L$ (де $l_{\text{мех.}}$ – технічна довжина стебла льону, тобто від окоренка до розгалуження супліддя, м). Також матимемо:

$$MT = h - |y(x_M)| = h - \sqrt{R^2 - r^2}. \quad (15)$$

Із прямокутного трикутника ΔMTD отримаємо:

$$TD = \sqrt{MD^2 - MT^2} = \sqrt{(l_{\text{мех.}} - L)^2 - (h - \sqrt{R^2 - r^2})^2}. \quad (16)$$

Із рис. 6 очевидно, що $b_{\text{захв.}}/2 = (R-r)\text{tg}\alpha + TD$, тоді найбільша допустима ширина захвату конічно-дискового льонобрального апарату:

$$b_{\text{захв.}} = 2 \left[(R-r)\text{tg}\alpha + \sqrt{(l_{\text{мех.}} - L)^2 - (h - \sqrt{R^2 - r^2})^2} \right]. \quad (17)$$

Радіус R більшої основи конічних дисків залежить від кута α , радіуса r меншої основи дисків та ширини $b_{\text{секц.}}$ бральної секції, яка для забезпечення надходження одного рядка стебел у міждисківий простір має бути рівною ширині міжрядь. Оскільки $b_{\text{секц.}} = 2(R-r)\text{tg}\alpha$, тоді радіус більшої основи конічних дисків:

$$R = \frac{b_{\text{секц.}}}{2\text{tg}\alpha} + r. \quad (18)$$

Застосовуючи наведені залежності розрахуємо найбільша допустима ширина захвату конічно-дискового льонобрального апарату при: $r = 0,03$ м; $b_{секц.} = 0,075$ м; $\alpha = 10$ град.; $n = 5$; $h = 0,3$ м; $l_{тех.} = 0,4$ м. У результаті розрахунків одержимо: $R = 0,243$ м; $x_M = 0,043$ м; $x_A = a = 5,3 \cdot 10^{-3}$ м; $y_M = 0,241$ м; $l_{отп.} = 7,5 \cdot 10^{-3}$ м; $L = 0,244$ м; $b_{захв.} = 0,364$ м.

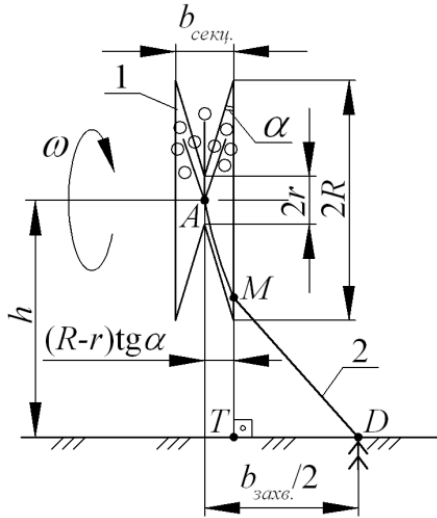


Рис. 6 – Схема до визначення найбільшої допустимої ширини захвату $b_{захв.}$ бральної секції: 1 – конічні диски; 2 – стебло льону

Висновки. У результаті теоретичних досліджень обґрунтовано найбільшу допустиму ширину захвату бральної секції конічно-дискових льонобральних апаратів запропонованих конструкцій. Обґрунтування ширини захвату бральної секції здійснено із врахуванням параметрів стеблостою, зокрема технічної довжини стебел льону, що дозволить під час брання льону уникнути втрат та пошкодження насінневої частини урожаю.

Література

1. Хайлис Г.А. Исследование теревильного аппарата с криволинейным ленточно-роликовым ручьем и одним ведущим

ремнем / Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, М.М. Ковалев // Тракторы и сельхозмашины. – №9. – 1982. – С. 22 – 24.

2. Хайлис Г.А. Льноуборочные машины / [Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, В.Н. Бухарин и др.] – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

3. Юхимчук С.Ф. Обґрунтування параметрів і дослідження роботи льнобральних апаратів з поперечними рівчачками: дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Юхимчук Сергій Федорович; Луцький держ. техн. ун-т. – Луцьк, 1998. – 199 с.

4. Хайлис Г.А. Теория льнотеребилных аппаратов с поперечными ручьями / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – К.: УААН, 1999. – 90 с.

5. Дацюк Л.М. Обґрунтування параметрів змінних брального і підбирально-повертального апаратів льнозбиральної машини: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Дацюк Леонід Миколайович; Луцький держ. техн. ун-т. – Луцьк, 2005. – 180 с.

6. Шейченко В.О. Обґрунтування параметрів та режиму роботи льнобрального апарата з поперечними рівчачками: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Шейченко Віктор Олександрович; Український НДІ випробування та прогнозування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого (УКРНДПВТ ім. Л.Погорілого). – Дослідницьке, 2006. – 173 с.

7. Налобіна О.О. Механіко-технологічні основи процесів взаємодії робочих органів льнозбирального комбайна з рослинним матеріалом: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11 / Налобіна Олена Олександрівна; Луцький держ. техн. ун-т. – Луцьк, 2008. – 476 с.

8. Пат. № 115374 Україна, МПК А01D45/06, А01D41/14. Жатка для збирання льону олійного / В.Ф. Дідух, І.В. Тараймович, Ю.М. Онюх, В.В. Буснюк; Заяв. 18.11.2016; опубл. 10.04.2017; Бюл. №7.

9. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2015. – 268 с.

10. Заявка на корисну модель № u201800791 від 29.01.2018. Конічно-дисковий льнобральний апарат / І.М. Дударев.

11. Заявка на корисну модель № u201800804 від 29.01.2018. Льнобралка конічно-дискова / І.М. Дударев.

УДК 621.929:664

© І.М. Дударев, д.т.н., Л.Ю. Забродоцька, к.т.н., Б.В. Ліщук
Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГРАВІТАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті запропоновано конструкцію гравітаційного змішувача сипких матеріалів, що не потребує енергозатрат на процес змішування. Обґрунтовано процес змішування двох, трьох та чотирьох сипких матеріалів у розробленому гравітаційному змішувачі.

ГРАВІТАЦІЙНИЙ ЗМІШУВАЧ, КОНСТРУКЦІЯ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, ПРОЦЕС ЗМІШУВАННЯ.

Постановка проблеми. Процес змішування сипких матеріалів широко поширений у агропромисловому виробництві, зокрема, під час виробництва кормів для тварин. Для змішування сипких матеріалів використовують змішувачі різного конструктивного виконання [1 – 3]. Найбільшого розповсюдження набули змішувачі, в яких змішування компонентів відбувається в результаті механічного впливу на них різних за конструкцією і конфігурацією робочих органів [3]. Серед таких змішувачів можна виокремити конструкції з одновальними робочими органами гвинтового (шнекового), лопатевого та комбінованого типів. Основними недоліками таких змішувачів є значні енергозатрати на привод робочих органів та пошкодження компонентів внаслідок дії на них робочих органів. Найменшу енергоємність технологічного процесу змішування та незначне пошкодження компонентів забезпечують гравітаційні змішувачі, зокрема, лоткового та спірального типу [4 – 8]. Таким чином, актуальним завданням є розробка гравітаційного змішувача сипких матеріалів, процес змішування у якому б відбувався без пошкодження компонентів суміші та енергозатрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Винахідниками запропоновано різноманітні конструкції змішувачів сипких матеріалів [1 – 7]. Більшість конструкцій змішувачів мають активні робочі органи, складний привод та значну металомісткість. Разом з тим, подальший розвиток науки і техніки зумовлює розробку нових конструкцій змішувачів. Нові конструкції змішувачів мають забезпечувати якісне виконання технологічного процесу змішування декількох сипких компонентів із мінімальними

енерговитратами та повинні бути зручними в експлуатації. Критичний аналіз відомих конструкцій змішувачів дозволив запропонувати конструкцію гравітаційного змішувача, що потребує обґрунтування процесу змішування різної кількості компонентів у ньому.

Мета дослідження – розробити конструкцію гравітаційного змішувача для сипких матеріалів та обґрунтувати процес змішування у ньому різної кількості компонентів.

Результати дослідження. На основі аналізу змішувачів сипких матеріалів пропонується конструкція гравітаційний змішувач (рис. 1, а), що містить вертикальну колону, яка встановлена на опорах. Вертикальну колону утворено закріпленими одна над одною секціями (рис. 1, б), які повернуті одна відносно одної на кут 90 градусів у горизонтальній площині. Кожна секція вертикальної колони утворена корпусом кубічної форми, що відкритий зверху та знизу. Всередині корпусу закріплені дві вертикальні перегородки, що розмежовують секцію на три частини, причому частина між вертикальними перегородками – неробоча, а частини між вертикальними перегородками і корпусом – робочі. Зі сторони робочих частин секції до кожної вертикальної перегородки зверху прикріплено об'єднувач, а знизу прикріплено розділювач, що призначені відповідно для об'єднування потоків компонентів та розділення потоку компонентів. Кожен об'єднувач утворений двома спрямовувачами і має V-подібну форму зі звуженням донизу. Кожен розділювач утворений двома спрямовувачами і має V-подібну форму з розширенням донизу. Над верхньою секцією вертикальної колони передбачено чотири завантажувачі. Під нижньою секцією вертикальної колони встановлено ємкість для готової суміші. Гравітаційний змішувач призначений для змішування двох, трьох або чотирьох компонентів (сипких матеріалів).

Розглянемо спочатку змішування чотирьох компонентів. Завантажувачі подають чотири компоненти на чотири спрямовувачі двох об'єднувачів верхньої секції вертикальної колони (рис. 2, а). Причому кожен завантажувач подає один компонент на один спрямовувач одного об'єднувача верхньої секції. Позначимо компоненти *A*, *B*, *C* та *D*. Безперервна подача компонентів завантажувачами відбувається із врахуванням необхідної пропорції компонентів у готовій суміші. У верхній секції компоненти змішуються попарно, тобто компонент *A* змішується із компонентом *D*, а компонент *B* змішується із компонентом *C*. Процес змішування компонентів у верхній секції відбувається

однаково як для компонентів A і D , так і для компонентів B і C . Тому розглянемо змішування компонентів A і D у верхній секції. Компоненти A і D під власною вагою окремими потоками рухаються спрямовувачами об'єднувача. Об'єднання потоків компонентів A і D відбувається внаслідок звужування простору між спрямовувачами об'єднувача. У результаті об'єднання потоків компоненти A і D змішуються і утворюють один потік, який проходить через зазор між спрямовувачами об'єднувача та спрямовується до розділювача. Спрямовувачами розділювача потік суміші компонентів A і D розділяється на два потоки, які рухаються вздовж спрямовувачів розділювача та, пройшовши зазор між спрямовувачами розділювача і корпусом верхньої секції, надходять двома окремими потоками суміші компонентів A і D у простір між спрямовувачами об'єднувачів наступної секції, де об'єднуються з потоками суміші компонентів B і C , що одержані у верхній секції в аналогічний спосіб. Об'єднання потоків суміші компонентів A і D та потоків суміші компонентів B і C , що одержані під час змішування у верхній секції, на об'єднувачах другої зверху секції відбувається, оскільки друга зверху секція повернута на 90 градусів у горизонтальній площині відносно верхньої секції. Об'єднані потоки суміші усіх чотирьох компонентів надходять на розділювачі другої зверху секції, якими розділяються на окремі потоки суміші чотирьох компонентів та спрямовуються до об'єднувачів третьої зверху секції. Далі процес об'єднання в один потік суміші чотирьох компонентів та її розділення на потоки проходить багаторазово аналогічно до описаного вище у кожній наступній секції вертикальної колони. Внаслідок цього відбувається змішування компонентів. Із розділювачів нижньої секції суміш усіх компонентів чотирма потоками спрямовується у ємкість.

Процес змішування трьох компонентів відбувається аналогічно до процесу змішування чотирьох компонентів із тією лише різницею, що один із компонентів подається двома завантажувачами (на рис. 2, б – компонент позначений A). У цьому випадку з однієї сторони верхньої секції вертикальної колони на сусідні спрямовувачі двох об'єднувачів завантажувачі подають різні компоненти (на рис. 2, б – компоненти позначені A та B) і з другої сторони верхньої секції на сусідні спрямовувачі двох об'єднувачів завантажувачі подають різні компоненти (на рис. 2, б – компоненти позначені A та C). Крім того, на спрямовувачі одного об'єднувача також подають різні компоненти. При цьому забезпечується така подача компонентів завантажувачами, що

дозволяє одержати вміст кожного компонента в готовій суміші у необхідній пропорції.

Процес змішування двох компонентів також відбувається аналогічно до процесу змішування чотирьох компонентів із тією лише різницею, що кожен із двох компонентів подається двома завантажувачами (на рис. 2, в – компоненти позначені *A* та *B*). У цьому випадку на сусідні спрямовувачі двох об'єднувачів верхньої секції вертикальної колони завантажувачі подають різні компоненти. Крім того, на спрямовувачі одного об'єднувача також подають різні компоненти. При цьому також забезпечується така подача компонентів завантажувачами, що дозволяє одержати вміст кожного компонента в готовій суміші у необхідній пропорції.

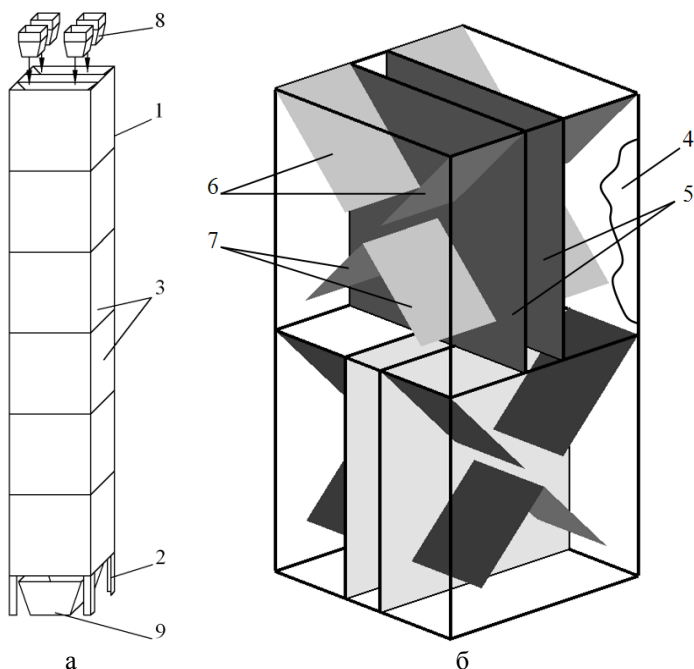


Рис. 1 – Гравітаційний змішувач сипких матеріалів (1 – вертикальна колона; 2 – опори; 3 – секція; 4 – корпус секції; 5 – перегородка; 6 – об'єднувач; 7 – розділювач; 8 – завантажувач; 9 – ємкість для готової суміші): а – загальний вигляд змішувача; б – внутрішня будова двох секцій вертикальної колони змішувача

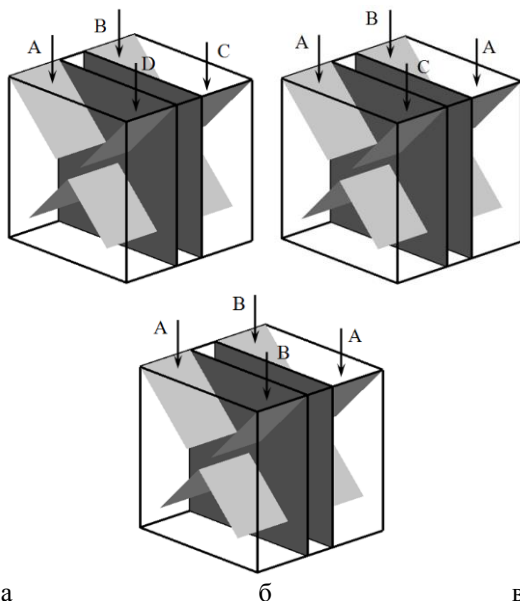


Рис. 2 – Схеми завантаження компонентів у гравітаційний змішувач: а – завантаження чотирьох компонентів *A, B, C* та *D*; б – завантаження трьох компонентів *A, B* та *C*; в – завантаження двох компонентів *A* та *B*

Висновки. Розроблена конструкція гравітаційного змішувача сипких матеріалів дозволяє змішувати два, три або чотири компоненти, при цьому процес змішування не потребує затрат електроенергії. Крім того, запропонована конструкція змішувача зручна в експлуатації та не містить активних робочих органів.

Література

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф. Першин, В.Г. Однолько, С.В. Першина. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
3. Городняк Р.В. Обґрунтування параметрів дозатора-змішувача компонентів комбікормів: дис. ...канд. техн. наук:

05.05.11 / Городняк Роман Васильович; Львівський національний аграрний університет. – Львів, 2017. – 199 с.

4. Шацький В.В. Змішувач сипких матеріалів гравітаційного типу / В.В. Шацький, О.С. Гаврильченко, Л.О. Кіряцев, Ю.О. Різоль // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – Вип. 157. – С. 89 – 97.

5. Багринцев И.И. Исследование процесса смешения сыпучих материалов в гравитационно-решетчатом смесителе с пневмо-циркуляцией / И.И. Багринцев, А.И. Барвин, В.Б. Модестов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №7 (154), ч. 2. – Луганськ, 2010.

6. Верлока И.И. Современные гравитационные устройства непрерывного действия для смешивания сыпучих компонентов / И.И. Верлока, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев // Электронный научный журнал “Инженерный вестник Дона”, №4 (2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2599>

7. Дударев І.М. Розрахунок машин зі спіральними робочими поверхнями: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2017. – 228 с.

8. Пат. №124591 Україна, МПК В01F3/18, В01B13/00. Гравітаційний змішувач сипких матеріалів / Дударев І.М.; Заяв. 08.12.2017; опубл. 10.04.2018; Бюл. № 7.

УДК 621.928:167

© І.М. Дударев, д.т.н., В.В. Тарасюк, к.т.н., В.А. Гусєв
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВОКСЕЛЬНОЇ МОДЕЛІ ШАРУ МАТЕРІАЛУ

У статті представлені результати експериментальних досліджень із визначення фракційного складу перцю духмяного горошку. Здійснено порівняння результатів сепарування перцю духмяного горошку на коливному решеті із результатами

моделювання процесу з використанням воксельної моделі шару матеріалу.

СЕПАРУВАННЯ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, МОДЕЛЮВАННЯ, ВОКСЕЛЬНА МОДЕЛЬ МАТЕРІАЛУ, ПЕРЕЦЬ.

Постановка проблеми. В агропромисловому комплексі, переробній та харчовій промисловості для розділення сипких матеріалів на фракції та відокремлення різних домішок широко використовується процес сепарування. У більшості випадків для сепарування сипких матеріалів використовують сепаратори з решітчастими робочими поверхнями, які можуть бути різної форми [1,2]: плоскі, циліндричні, конічні, гвинтові та спіральні. Для інтенсифікації процесу сепарування у конструкціях сепараторів передбачено забезпечення коливного руху робочих поверхонь. Опис процесу сепарування у таких сепараторах ускладнений, оскільки необхідно враховувати велику кількість факторів, що впливають на процес. До таких факторів відносяться [3,4]: спосіб сепарування; особливості конструкції сепаратора; нерівномірність розподілу частинок різного розміру матеріалу або його складових за об'ємом матеріалу, що носить випадковий характер; широкий діапазон зміни розмірів та маси частинок сипкого матеріалу або суміші матеріалів; різні фізико-механічні властивості складових матеріалу; зміна інтенсивності сепарування в залежності від параметрів шару сипкого матеріалу та інші. Таким чином, дослідження, які спрямовані на подальше удосконалення математичних моделей процесу сепарування, є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У більшості випадків для опису процесу сепарування використовують емпіричні або емпірико-теоретичні залежності [5,6]. Ці залежності не є універсальними і придатні для опису процесу сепарування певного сипкого матеріалу чи суміші, що здійснюється у певний спосіб на визначеній конструкції сепаратора. Важливим для опису процесу сепарування є моделювання шару сипкого матеріалу із врахуванням його фракційного складу та властивостей [7]. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на створення моделі шару сипкого матеріалу, яка б дозволила описати процес його сепарування на коливному решеті.

Мета дослідження – змоделювати процес сепарування перцю духмяного горошку на плоскому коливному решеті із використанням воксельної моделі шару матеріалу.

Результати дослідження. У роботі [7] запропонована воксельна модель шару сипкого матеріалу, що містить дві фракції: частинки матеріалу меншого розміру – *A* та частинки матеріалу

більшого розміру – B . Через отвори перфорованої робочої поверхні можуть пройти лише частинки матеріалу A . Згідно припущень для даної моделі матеріалу у кожному елементарному шарі моделі міститься частинок A – a [%], а частинок B – b [%]. Крім того, співвідношення частинок A та B у кожному елементарному шарі моделі матеріалу є сталим, тобто $a_i / b_i = \text{const}$ (де i – номер елементарного шару моделі матеріалу, $i = \overline{1, n}$; n – кількість елементарних шарів моделі матеріалу). Кожен елементарний шар моделі матеріалу утворений із розташованих вздовж нього однакових елементарних комірок (вокселей (*voxel* – від англійського *volume* – об’єм)), які мають кубічну форму із розмірами: довжина l , ширина l та висота l (рис. 1).

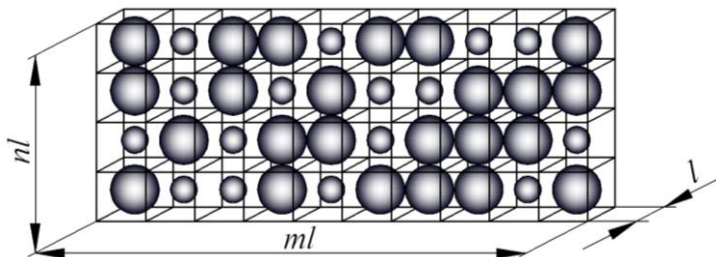


Рис. 1 – Воксельна модель шару сипкого матеріалу

У воксельній моделі шару матеріалу в межах елементарних комірок розміщені дискретні частинки матеріалу A та B . Причому в одній елементарній комірці розміщена лише одна частинка матеріалу: або A , або B . Розташування частинок матеріалу A та B в елементарних комірках у межах кожного елементарного шару моделі носить випадковий характер, але їх співвідношення $a_i / b_i = \text{const}$ зберігається для всіх елементарних шарів моделі.

У запропонованій воксельній моделі шару сипкого матеріалу сепарування можливе, якщо під елементарною коміркою, яка містить частинку матеріалу A , розміщена порожня елементарна комірка або декілька порожніх елементарних комірок за висотою шару. Внаслідок цього з порожніх елементарних комірок утворюється уявний “канал”, яким частинка A може переміститися на рівень або декілька рівнів нижче, тобто в елементарні шари матеріалу, що нижче і ближче до перфорованої робочої поверхні. У нерухомому шарі матеріалу цього не відбувається (утворення уявних “каналів”), оскільки усі елементарні комірки кожного

елементарного шару матеріалу зайняті частинками *A* та *B*. Тому для утворення уявних “каналів” (звільнення елементарних комірок) необхідно надати матеріалу руху, зокрема коливного, в результаті якого елементарні шари матеріалу будуть зміщуватися один відносно одного, тобто розшаровуватися (рис. 2). Відповідно, частинки матеріалу меншого розміру будуть рухатися зверху вниз елементарними шарами до робочої поверхні і проходити через отвори її перфорації, таким чином звільняючи елементарні комірки та утворюючи уявні “канали” для проходження інших частинок матеріалу меншого розміру з вищих елементарних шарів до перфорованої поверхні.

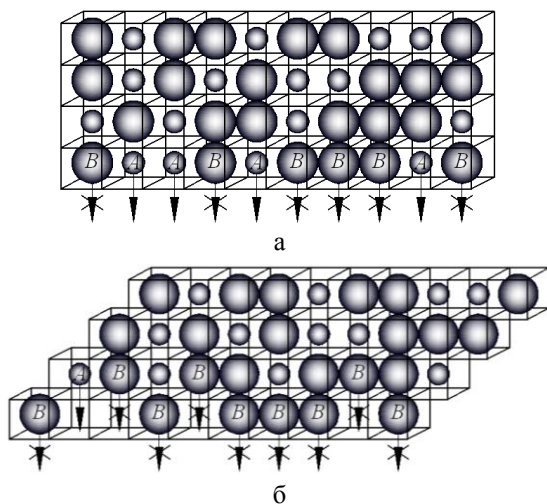


Рис. 2 – Схеми до пояснення процесу сепарування у воксельній моделі шару матеріалу: а – елементарні шари в початковому положенні; б – елементарні шари матеріалу зміщені один відносно другого на величину однієї елементарної комірки, тобто l

Перетворення воксельної моделі матеріалу припиняється (зміщення елементарних шарів один відносно одного), якщо усі частинки матеріалу *A* відокремлені з нього або залишилися такі частинки матеріалу *A*, які неможливо відокремити. На останньому етапі перетворень підраховують кількість відокремлених частинок сипкого матеріалу *A* із воксельної моделі матеріалу (ця кількість буде рівною кількості порожніх елементарних комірок) та кількість

частинок матеріалу A , які залишилися невідокремленими. Після цього розраховують ефективність роботи сепаратора шляхом визначення теоретичного значення коефіцієнта ефективності роботи сепаратора:

$$K_S^{теор.} = n_A^{зали.} / n_A^{поч.}, \quad (1)$$

де $n_A^{зали.}$ – кількість частинок матеріалу A , що залишилися невідокремленими у воксельній моделі шару матеріалу після його сепарування, шт.;

$n_A^{поч.}$ – кількість частинок матеріалу A у воксельній моделі шару матеріалу до сепарування, шт.

Щоб одержати більш точне теоретичне значення коефіцієнта ефективності роботи сепаратора, доцільно проводити багаторазове моделювання процесу сепарування із використанням воксельної моделі шару матеріалу. Якщо здійснити моделювання k разів, тоді середнє теоретичне значення коефіцієнта ефективності роботи сепаратора:

$$K_S^{теор.ср.} = \frac{\sum_{j=1}^k K_{Sj}^{теор.}}{k}, \quad (2)$$

де k – кількість моделювань процесу сепарування.

Необхідність багаторазового моделювання зумовлена тим, що розміщення частинок матеріалу різного розміру в об'ємі сипкого матеріалу має випадковий характер. Багаторазове моделювання процесу, коли кожного разу у воксельній моделі змінюється послідовність розміщення частинок матеріалу в її елементарних комірках, дозволяє врахувати цю особливість матеріалу та забезпечити більшу точність отриманого значення коефіцієнта $K_S^{теор.}$, що характеризує процес сепарування.

Застосуємо воксельну модель шару матеріалу для опису процесу сепарування перцю духмяного горошку, що має кулясту форму, на плоскому коливному решеті. Діаметр d горошин перцю, який використовується під час приготування їжі та харчових продуктів, має бути $d < 7$ мм. Усі горошини перцю з діаметром $d \geq 7$ мм доцільно переробляти на мелений перець. Результати експериментальних досліджень із визначення діаметра d горошин перцю (фракційного складу) представлені на рис. 3. Аналіз результатів досліджень показує, що більше 36% (ймовірність $p = 0,36$) горошин мають діаметр $d \geq 7$ мм. Відповідно ці горошини перцю необхідно відокремити шляхом сепарування.

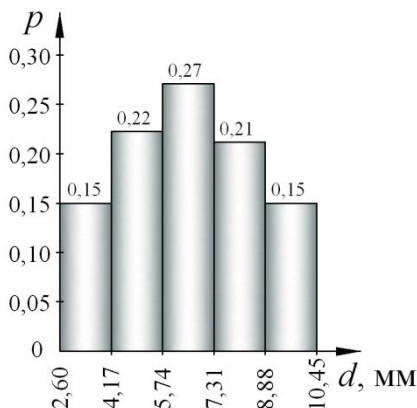


Рис. 3 – Гістограма розподілу значень діаметра d горошин перцю духмяного

Експериментальні дослідження процесу сепарування перцю духмяного горошку на коливному решеті (віброрешітчаста машина РА5-М-540) з отворами круглої форми діаметром 7 мм дозволили встановити (рис. 4), що під час сепарування відокремлюється 98..99% горошин діаметром $d < 7$ мм від початкового їх вмісту в шарі матеріалу. Тобто експериментальне значення коефіцієнта ефективності роботи сепаратора знаходиться в межах $K_s^{експ.} = 0,01...0,02$.

Багаторазове моделювання процесу сепарування перцю духмяного горошку із використанням воксельної моделі шару матеріалу (параметри воксельної моделі: кількість елементарних шарів моделі $n = 5$ шт.; кількість комірок у кожному елементарному шарі моделі $m = 10$ шт.; кількість частинок матеріалу A у кожному елементарному шарі моделі – 6 шт.; кількість частинок матеріалу B у кожному елементарному шарі моделі – 4 шт.) дозволило визначити середнє теоретичне значення коефіцієнта ефективності роботи сепаратора $K_s^{теор.ср.} = 0,015$.

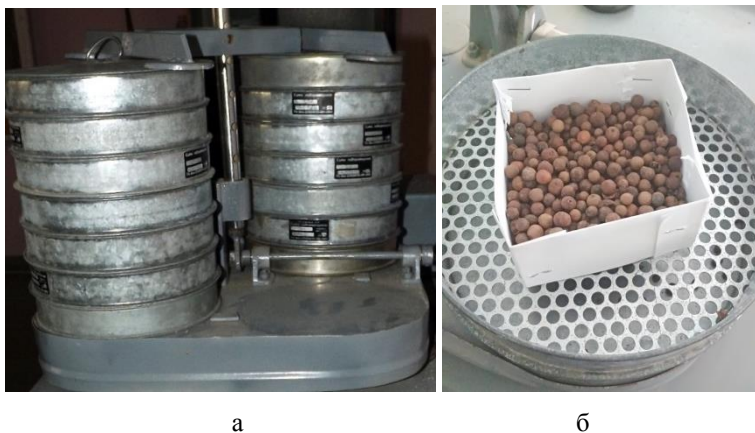


Рис. 4 – Лабораторна установка для дослідження процесу сепарування перцю (а) та сформований шар перцю на решеті (б)

Висновки. Порівнюючи результати експериментальних досліджень із результатами моделювання процесу сепарування перцю духмяного горошку із використанням воксельної моделі шару матеріалу, можна прийти до висновку, що воксельна модель придатна для опису процесу сепарування сипких матеріалів кулястої форми на плоскому коливному решеті.

Література

1. Богомолів О.В. Наукове обґрунтування енергозберігаючих процесів та обладнання для сепарації харчової сипкої сировини: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 / Богомолів Олексій Васильович; Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків, 2006. – 34 с.
2. Єрмак В.П. Класифікація засобів сепарації та конструкцій машин для відбору насіння з високими посівними властивостями / В.П. Єрмак, С.В. Богданов, А.А. Ільченко // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. – № 35. – Серія (Технічні науки). – Луганськ: ЛНАУ. – 2012. – С. 127 – 132.
3. Заика П.М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / П.М. Заика, Г.Е. Мазнев. – М.: Колос, 1978. – 287 с.

4. Карташевич С.М. Механико-технологические основы повышения эффективности механизированных комплексов для послеуборочной обработки зерна и семян (теория, расчет, результаты проектирования и испытания технологических комплексов): монография / С.М. Карташевич. – Минск: РУП “БелНИИагроэнерго”, 2001. – 288 с.

5. Чуринов Ю.Г. Теория сепарации сыпучих материалов и ее применение при проектировании и эксплуатации промышленных сепараторов вибрационного типа: монография / Ю.Г. Чуринов. – Кострома: КГСХА, 2010. – 98 с.

6. Фалько О.Л. Наукове обґрунтування процесу фракціонування рослинної сировини: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 / Фалько Олександр Леонідович; Національний університет харчових технологій. – Київ, 2014. – 46 с.

7. Дударев І.М. Розрахунок машин зі спіральними робочими поверхнями: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2017. – 228 с.

УДК 629.366:662.76(066)

© М.І. Захарчук, С.Я. Кухарук

Луцький національний технічний університет

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИРОДНИМ ГАЗОМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Наведено результати досліджень найбільш економічно доцільних способів заправки сільськогосподарської техніки з газобалонним обладнанням, яка буде працювати на транспортних роботах, природним газом.

**ГАЗОБАЛОННИЙ ТРАКТОР, ПРИРОДНИЙ ГАЗ,
ПЕРЕСУВНИЙ АВТОМОБІЛЬНИЙ ГАЗОВИЙ ЗАПРАВНИК,
АВТОМОБІЛЬНА ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНА КОМПРЕ-
СОРНА СТАНЦІЯ, ПРОЦЕС ЗАПРАВКИ.**

Постановка проблеми. Відомо, що собівартість продукції аграрного сектору значною мірою залежить від витрат на моторне паливо для сільськогосподарської техніки. В якості двигунів на такій техніці використовуються, переважно, дизелі. В той час, коли ціни на нафтові палива безперервно зростають, ціна природного

газу (ПГ) залишається приблизно в два рази меншою за ціну рідких моторних палив. Тому пропонується переведення мобільної техніки сільськогосподарських підприємств на моторне паливо з хорошими показниками, яким є ПГ.

При експлуатації сільськогосподарської техніки, оснащеної газобалонним обладнанням, однією з суттєвих проблем є недостатня кількість газозаправного обладнання, включаючи автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження способів заправки техніки сільськогосподарського призначення здійснювалось в багатьох роботах. Так в роботі [1] проведені дослідження системи «автомобільна газонаповнювальна компресорна станція (АГНКС)-пересувний автомобільний газовий заправник (ПАГЗ)» і зроблений висновок, що ця система найкраще вирішує проблему переведення сільськогосподарської техніки на використання ПГ в якості моторного палива. Також, рекомендовано, що на відстані до 20 км від АГНКС доцільна заправка техніки безпосередньо на заправці, на більших відстанях необхідно використовувати ПАГЗ.

В роботі [2] досліджено процеси заправки аграрної техніки за допомогою ПАГЗ, газозаправних модулів та модульних автогазозаправників. Модульний автогазозаправник – це спеціально розроблений транспортно-заправний засіб, який сформований з окремих модулів з газовими балонами, зв'язаних технологічно між собою і експлуатується разом з автотранспортним засобом підвищеної прохідності.

В роботі [3] зроблений висновок, що для потужних фермерських господарств економічно вигідно будівництво власних АГНКС, ніж придбання декількох ПАГЗ.

В роботі [4] встановлено, що на даний час мережа АГНКС розвинута дуже слабо і виникає можлива проблема заправки ПГ сільськогосподарської техніки з газобалонним обладнанням. При значній віддаленості господарств від АГНКС витрати на заправку можуть значно знизити економію від застосування ПГ, так як додатково затрачаються кошти на переміщення техніки та покупку додаткового обладнання. Також, було проаналізовано можливі способи заправки колісного трактора МТЗ-80 з газобалонним обладнанням і встановлено, що вибір найкращого способу безпосередньо буде залежати від віддаленості господарства від АГНКС.

Проводились дослідження по використанню метанових «мікрозаправок». І зроблені висновки, що автопарк з десяти

автомобілів «ГАЗель» з добовим пробігом 300 км може ефективно експлуатуватись з окупністю капітальних вкладень через 2,1 роки [5].

В роботі [6] проводились дослідження використання міні-АГНКС для використання в невеликих парках транспортних засобів. Зроблено висновок, що за рахунок значно дешевшої ціни на газове паливо, яка приблизно на 60 % менша ніж на АГНКС, термін окупності таких станцій може складати 5-8 місяців [6].

У виконаних раніше роботах не було досліджено і встановлено способи заправки газобалонних тракторів ПГ в умовах малої наявності АГНКС.

Метою дослідження є визначення найбільш економічно доцільного способу заправки газобалонного трактора ПГ в залежності від віддаленості сільськогосподарського підприємства від АГНКС.

Результати дослідження. Сільськогосподарську техніку можна заправляти наступними способами: заправкою ПАГЗ, на АГНКС і доставкою ПГ на місце роботи газобалонних тракторів; заправкою змінних касет з газовими балонами і транспортуванням ПГ до кінцевих споживачів; заправкою газобалонних тракторів на АГНКС самоходом; використанням індивідуальних газонаповнювальних станцій, які живляться від централізованої газоподачі. Технологічний процес заправки газобалонних тракторів показаний на рис. 1 [4].

Для обґрунтування найбільш оптимального способу заправки ПГ необхідно визначити собівартість 1 м³ ПГ для кожного способу заправки.

Для транспортування, зберігання та заправки ПГ вибрано ПАГЗ 2800-32 з сидельним тягачем КамАЗ-54115. Для транспортування змінних касет вибрано вантажний автомобіль ГАЗ-3309 з вантажним краном-маніпулятором Fassi F22A. Всю техніку для транспортування ПГ технічно можливо переобладнати для роботи на цьому ж паливі. Також буде розглядати переміщення газобалонного трактора до АГНКС самоходом.

Собівартість 1 м³ ПГ при його транспортуванні до споживачів можна визначити за формулою:

$$C = \frac{C_{зп} + C_{пал} + C_{то+р} + C_A + C_{ш}}{V_{ПГ}},$$

де $C_{зп}$ – витрати на заробітну плату водіям, які транспортують ПГ, грн;

$C_{пал}$ – витрати на паливо при транспортуванні ПГ, грн;

$C_{ТО+р}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт транспортних засобів, грн;

C_A – витрати на амортизацію, грн;

$C_{ш}$ – витрати на покупку і ремонт шин, грн.

$V_{ПГ}$ – об'єм ПГ, який перевозиться за одну їзду, м³.

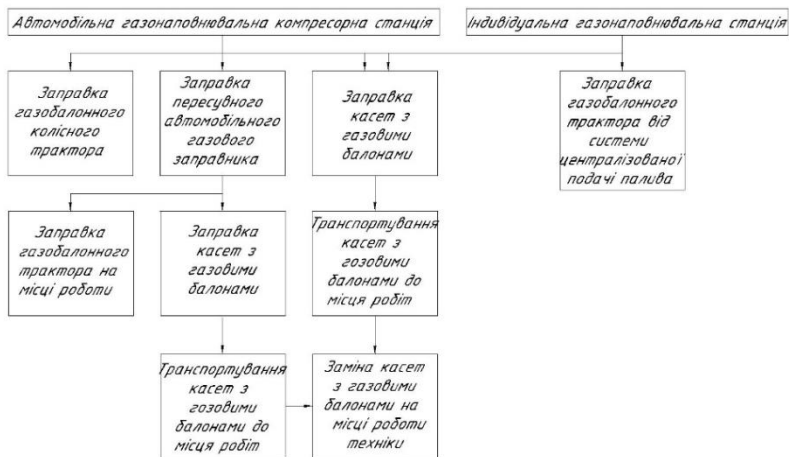


Рис. 1 – Схема заправки сільськогосподарської техніки, яка працює на ПГ

Витрати на заробітну плату водіїв, які транспортують ПГ:

$$C_{зп} = \tau \cdot T_{ізд},$$

де τ – годинна тарифна ставка водія, грн;

$T_{ізд}$ – час, який затрачається на одну їзду, год.

Час їздки визначається за формулою:
- при використанні ПАГЗ:

$$T_{\text{ізд}} = \frac{2 \cdot l}{V_{\text{ср}}} + T_{\text{запр}} + \frac{T_{\text{уз}} \cdot K_0}{V_{\text{уз}}};$$

- при транспортуванні касетних модулів:

$$T_{\text{ізд}} = \frac{2 \cdot l}{V_{\text{ср}}} + n \cdot T_{\text{запр}};$$

- при заправці газобалонного трактора на АГНКС:

$$T_{\text{ізд}} = \frac{2 \cdot l}{V_{\text{ср}}} + T_{\text{запр}};$$

де l – відстань до АГНКС, км;

$V_{\text{ср}}$ – середня швидкість руху, км/год;

$T_{\text{запр}}$ – час заправки, год;

$T_{\text{уз}}$ – час умовної заправки від заправної техніки, год;

K_0 – коефіцієнт опорожнення заправної техніки;

$V_{\text{уз}}$ – об'єм заправки, м³;

n – кількість касетних модулів, які транспортуються на АГНКС, штук.

Витрати на паливо:

$$C_{\text{пал}} = \frac{2 \cdot Q_{\text{п}} \cdot l \cdot \rho_{\text{п}} \cdot K_{\text{зм.м}}}{100},$$

де $Q_{\text{п}}$ – витрата палива, л/100 км;

$\rho_{\text{п}}$ – ціна палива, грн/л;

$\rho_{\text{п}}$ – густина палива, кг/м³;

$K_{\text{зм.м}}$ – коефіцієнт який враховує вартість змащувальних матеріалів.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт:

$$C_{\text{ТО+Р}} = 0,001 \cdot 2 \cdot l \cdot (H_{\text{р}} + H_{\text{то}}),$$

де $H_{\text{р}} + H_{\text{то}}$ – норми відрахувань на 1000 км пробігу на ремонт і технічне обслуговування, грн.

Витрати на амортизацію:

$$C_{\text{А}} = 0,00001 \cdot B \cdot 2 \cdot l \cdot (H_{\text{в}} + H_{\text{к}}),$$

де B – вартість транспортного засобу, грн;
 $H_B + H_K$ – норми відрахувань на повне відновлення та капітальний ремонт на 1000 км, %.

Витрати на покупку та ремонт шин:

$$C_{ш} = \frac{2 \cdot n_{ш} \cdot C_{ш} \cdot H_{ш}}{10^5},$$

де $n_{ш}$ – кількість коліс у транспортного засобу, штук;

$C_{ш}$ – вартість однієї шини, грн;

$H_{ш}$ – норма відрахування на 1000 км пробігу, %.

Результати розрахунку затрат на заправку газобалонних тракторів ПГ показані на рис. 2.

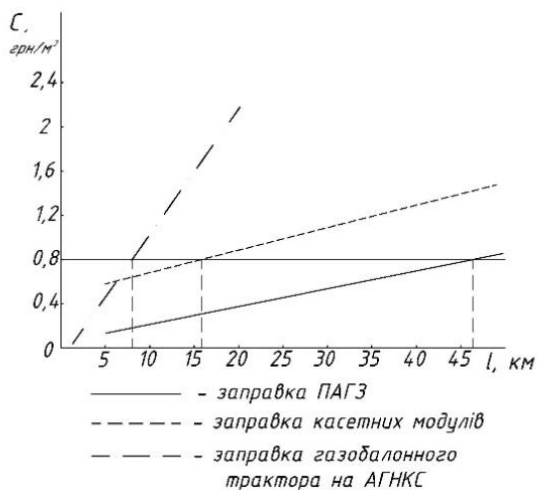


Рис. 2 – Затрати на заправку газобалонних тракторів ПГ

Порівняння можливих способів заправки проводилось виходячи із максимальних затрат на заправку газобалонних тракторів ПГ, які повинні не перевищувати 20 % економії від експлуатації техніки з ГБО. Встановлено, що ці затрати повинні становити не більше 0,8 грн на транспортування 1 м³ ПГ.

Висновки. З рис. 2 можна зробити висновок, що заправка газобалонних тракторів на АГНКС самоходом доцільна тоді коли відстань до заправки складає до 8 км. При відстані до АГНКС до 16 км доцільно застосовувати заправку касетних модулів. І найбільш економічно доцільним є використання ПАГЗ, при умові високого рівня завантаження даної техніки, так як затрати на перевезення 1 м³ газу є найнижчі. Доцільна відстань використання ПАГЗ до 46 км.

Література

1. Коклин И.М. Развитие региональных систем газоснабжения для обеспечения потребителей газомоторным топливом: автореф. дис. на соискание степени докт. техн. наук / И.М. Коклин. – Москва, 2012. – 37 с.
2. Коваленко В.П. Перспективы использования сжатого природного газа при эксплуатации сельскохозяйственной техники / В.П. Коваленко, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, А.В. Тодорив // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2014. – С. 158–164.
3. Караев И.А. Перевод сельскохозяйственной техники на природный газ как перспективное направление развития рынка газомоторного топлива Томской области / И.А. Караев // АГЗК+АТ. – 2008. – №4 (40). – С. 33–34.
4. Захарчук О.В. Шляхи покращення технологічного процесу заправки газобалонного трактора газовим паливом / О.В. Захарчук, М.І. Захарчук // Сільськогосподарські машини: збірник наукових статей. – Випуск 36, Луцьк, 2017. – С. 61–66.
5. Сидоров Н. Метановые микрозаправки / Н. Сидоров // АГЗК+АТ. – 2008. – №4 (40). – С. 35–37.
6. Лапшинов В. Широкое использование мини-АГНКС «FuelMaker» (Канада) – эффективный путь внедрения КПГ на автотранспорте / В. Лапшинов // АГЗК+АТ. – 2008. – №4 (40). – С. 28–29.

УДК 631.365

© Р.В. Кірчук, к.т.н., Р.Я. Максимук
Луцький національний технічний університет
А.В. Хомич, к.т.н., В.О. Хвесик
Любешівський технологічний коледж Луцького НТУ

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗПУШУВАННЯ СИПКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

У статті проведено аналіз існуючих засобів змішування та розпушування сипких сільськогосподарських матеріалів, що застосовується як спосіб інтенсифікації процесу сушіння. Розглянуто конструкції робочих органів для розпушування зернового шару, запропоновано методу оцінки якості виконання операції, обґрунтовано методу експериментальних досліджень.

СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, РОЗПУШУВАННЯ, СУШІННЯ, КАМЕРА СУШІННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕМІШУВАННЯ.

Постановка проблеми. В сільськогосподарському виробництві існує потреба у змішуванні і розпушуванні дисперсних матеріалів для забезпечення потреб виконання різноманітних технологічних операцій. Змішування компонентів є одним із основних процесів сільськогосподарського виробництва, який застосовується у всіх його галузях, в тому числі для приготування посівного матеріалу, протруювання у насінництві, приготування кормів і введення мікроелементів в кормові суміші у тваринництві, сушінні тощо.

Розпушування та змішування сільськогосподарських матеріалів в умовах агровиробництва є складними процесами, механізм дії яких, головним чином, залежить від конструкції робочих органів, реологічних властивостей компонентів змішування, і може бути достовірно описаний лише за законами теорії ймовірності [1].

Змішування та розпушування сипких матеріалів і в даний час залишається недостатньо вивченим фізичним процесом. Це пояснюється тим, що змішування сипких матеріалів є більш складним предметом для наукового дослідження, ніж змішування рідких або газоподібних речовин. Процес змішування та розпушування сипких матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить головним чином від конструкції змішувача [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням вивчення процесів змішування та розпушування, вдосконалення існуючих конструкцій та розробкою нових засобів обробітку дисперсних сільськогосподарських матеріалів присвячено ряд робіт [1-5] Враховуючи дослідження названих авторів, можна дійти однозначного висновку про те, що процес змішування сипких матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить головним чином від конструкції змішувача. Створення змішувального обладнання базується зараз, в основному, на емпіричних дослідженнях [2].

Окрім того, більшість досліджень щодо змішуванні і розпушування сипких матеріалів стосуються галузі кормовиробництва. Досить мало уваги приділено проблематиці дослідження стану шару матеріалу при виконанні операції сушіння. Розробка та дослідження засобів розпушування шару матеріалу безпосередньо у сушильній камері та його вплив на перебіг процесу сушіння залишається актуальним завданням.

Мета дослідження – огляд існуючих засобів змішування та розпушування сипких сільськогосподарських матеріалів задля аналізу та теоретичного опису процесу їх роботи, розробка методики експериментальних досліджень та формування критерію оцінювання процесу розпушування у замкнутому об'ємі.

Результати дослідження. Перемішуванням називають процес взаємопроникнення і розподілу частинок однієї речовини в іншій у результаті їх вільного і вимушеного відносного руху [6]. Перемішування здійснюється або в спеціальних апаратах, які називають змішувачами, або безпосередньо в апаратах, де відбуваються процеси масо- чи теплообміну, біохімічні, хімічні та ін. Такі апарати мають відповідні пристрої для перемішування. Залежно від способу перемішування і технологічних вимог до проведення процесу відповідно відрізняються конструктивно.

Під час змішування чи перемішування в робочому об'ємі механізму частинки різних компонентів, які до перемішування існували окремо або перебували у неоднорідному стані, взаємно перемішуються. У результаті перемішування може бути нескінченно різне розміщений частинок у робочому об'ємі змішувача. За таких умов співвідношення компонентів у об'ємах суміші - величина випадкова, тому більшість відомих методів оцінювання однорідності (якості) суміші ґрунтується па методах статистичного аналізу. Такий метод дає змогу оцінити однорідність суміші за допомогою параметрів розподілу однієї випадкової

величини [7]. Критерієм оцінювання якості суміші є коефіцієнт варіації V , %:

$$v_c = \frac{100}{c} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - c)^2}, \quad (1)$$

де c - середнє арифметичне значення концентрації головного компонента в усіх n пробах суміші, %;

c_i - концентрація головного компонента в i -й пробі суміші, %.

Аналіз експериментальних залежностей [7] типу $v_c = f(\tau)$, (де τ - час змішування), отриманих при дослідженнях змішувачів періодичної дії різних конструкцій, показав, що крива процесу змішування має три характерні ділянки (рис. 1).

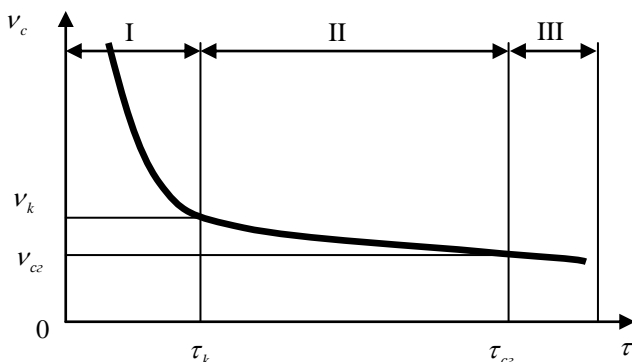


Рис.1 – Зміна неоднорідності суміші з часом

Аналізуючи отримані емпіричні залежності [7] можна зробити висновок, що у періоді I переважає процес змішування за рахунок перенесення компонентів у внутрішньому об'ємі змішувача. Процес сегрегації порівняно з процесом переміщення має невелику швидкість. Через це у періоді I v_c різко зменшується до певного значення v_k .

У періоді II швидкість змішування порівнюється зі швидкістю сегрегації, тобто значення v_c з часом змінюється незначно. Сам процес змішування реалізується в основному завдяки переміщенню окремих частинок одна відносно іншої. Через зовнішню подібність із процесом дифузії молекул цей процес перемішування називають дифузійним.

У періоді III швидкість змішування дорівнює швидкості сегрегації. Найменше значення коефіцієнта неоднорідності називають граничним коефіцієнтом неоднорідності v_{c2} . Час τ_{c2} , при досягненні якого суміш стає однорідною, є оптимальним часом змішування, оскільки при подальшому перемішуванні v_c не змінюється.

Фізика процесу перемішування у механізмах безперервної дії дещо відрізняється від розглянутого вище процесу, оскільки у таких машинах подача компонентів для перемішування і видача готової суміші здійснюються безперервно. Зважаючи на це, якість перемішування залежить не тільки від швидкості перемішування у робочому об'ємі змішувача, а й від характеру живлення (наприклад, сушильної камери). Практично жоден живильник не може забезпечити безперервний потік матеріалу в точно заданій кількості у кожний момент часу. Описати процес перемішування, що відбувається у механізмах безперервної дії, можна як систему з вхідними та вихідними потоками на основі теорії автоматизованого управління (ТАУ).

Як правило, математичні моделі переміщень у потоках записують переважно у вигляді рівнянь, що описують зміну концентрації речовини в потоці, яка зумовлена рухом потоку. Щодо процесів перемішування сипких матеріалів можна використати кілька моделей (дифузійну, чарункову та ін.). Проте найпоширенішою є дифузійна модель з урахуванням поздовжнього та поперечного перемішування частинок [7]:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -g \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{D_R}{R} \cdot \frac{\partial (R \cdot \frac{\partial c}{\partial x})}{\partial R}, \quad (2)$$

де g - лінійна швидкість потоку;

x - координата за довжиною потоку;

D_L та D_R - коефіцієнти, відповідно, поздовжнього та поперечного перемішування (аналогі коефіцієнтів дифузії);

R - радіус поперечного перерізу потоку.

Це рівняння описує двопараметричну дифузійну модель. Через складність розв'язку рівняння (2) його спрощують, узявши $D_R = 0$. Спрощене рівняння називають однопараметричною дифузійною моделлю. Значення D_L та D_R визначають

експериментально на моделях змішувача. Розв'язок рівняння (2) матиме вигляд:

$$v_c(\tau) = a \cdot v_{cn} \cdot e^{-\Phi\tau}, \quad (3)$$

де $v_c(\tau)$ - значення коефіцієнта неоднорідності в момент часу τ ;

a - коефіцієнт пропорційності;

v_{cn} - початкове значення коефіцієнта неоднорідності суміші (визначається співвідношенням компонентів суміші);

Φ - функція (або параметр), що залежить від геометричних і режимних параметрів змішувача, а також від фізико-механічних властивостей суміші.

Змішувачі класифікуються за призначенням, способом і режимом роботи [7]. Може бути також класифікація, в основі якої є склад і характер взаємодії суміші й робочого органа та особливості конструкції змішувачів:

- фізичний стан сипкого середовища;
- характер перебігу процесу змішування у часі (змішувачі періодичної та безперервної дії);
- силовий вплив на частинки (змішувачі гравітаційні, примусові, пневматичні, електромагнітні, відцентрові);
- механізм перемішування частинок (змішувачі циркуляційні, об'ємного та дифузійного змішування);
- конструкція (змішувачі барабанні, лопатеві, шнекові тощо).

На практиці для класифікації змішувачів використовують кожен з цих ознак, проте найчастіше - комбінацію з тих ознак, які для певних умов розрахунку, конструювання та експлуатації найважливіші.

Заслуговує на увагу теоретичний аналіз процесу перемішування дисперсного матеріалу (насіння льону) у сушильній камері, що запропоновано у роботі [8]. Для моделювання процесу перемішування, шар матеріалу розглядається як сукупність елементарних шарів та введено поняття K_i - коефіцієнт масової частки матеріалу.

$$K_i = \sum_{(i)=1}^n K_{i(i)} = 1, \quad (4)$$

де $K_{i(1..n)}$ – коефіцієнт масової частки матеріалу в i -му тонкому шарі, заміщеної матеріалом з $(1..n)$ тонких шарів в результаті перемішування.

Значення коефіцієнта $K_{i(1..n)}$ для кожного i -го тонкого шару матеріалу визначається керуючись припущенням, що розсіювання частинок кожного тонкого шару матеріалу між сусідніми шарами відбувається за законом нормального розподілу.

Для плоского шару матеріалу постійної товщини згідно з законом нормального розподілу [9], коефіцієнт $K_{i(i)}$ знаходиться за формулами:

$$K_i = \frac{k_{i(i)}}{\sum_{(i)=1}^n k_{i(i)}}, \quad (5)$$

$$\text{де } k_{i(i)} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right); \quad (6)$$

x – координата (відстань між тонкими шарами, для яких розраховується коефіцієнт $k_{i(i)}$), м;

μ – математичне сподівання, м;

s – товщина i -го тонкого шару матеріалу, м;

σ^2 – дисперсія випадкової величини;

Величина σ визначає форму функції кривої розсіювання і характеризує інтенсивність перемішування. При $\sigma = 0$ перемішування не відбувається, при $\sigma \rightarrow \infty$ перемішування наближається до ідеального. Величина σ залежить від тривалості перемішування, конструктивних і режимних параметрів робочих органів та встановлюється експериментально.

Для сушильної камери, зважаючи на симетричність тонких циліндричних шарів матеріалу, процес перемішування доцільно описати функцією одномірного розподілу в напрямку радіусу сушильної камери.

Відмінність циліндричного шару від плоского (рис. 2) полягає в тому, що об'єм кожного елементарного тонкого шару товщиною s буде змінюватись прямопропорційно до радіуса. Відповідно, маса частинок, переміщених між будь-якими сусідніми тонкими шарами за одиницю часу також буде не постійною для кожного тонкого шару, тому для циліндричного тонкого шару матеріалу залежність (6) набуває вигляду:

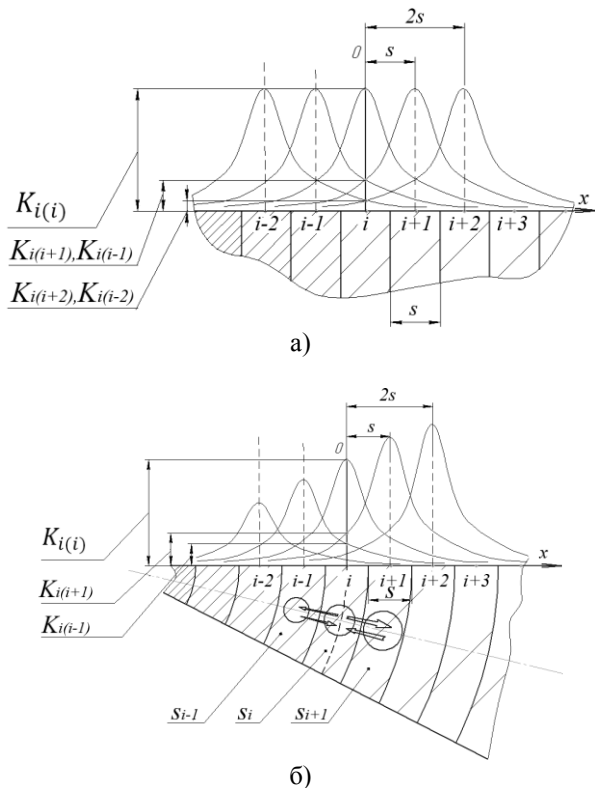


Рис. 2 – Графічна інтерпретація коефіцієнта K_i :

а) – для плоского тонкого шару матеріалу; б) – для циліндричного тонкого шару матеріалу

$$k_{i(i)} = k_{r(i)} \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(s \cdot (i))^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), \quad (7)$$

де $k_{r(i)}$ – коефіцієнт, що враховує зміну маси тонких шарів матеріалу як функцію від радіуса.

Для i -го тонкого шару коефіцієнт $k_{r(i)} = 1$. Тоді для довільного $i+n$ -го тонкого шару об'ємом v_{i+n} коефіцієнт

$$k_{r(i)} = \frac{v_{i+n}}{v_i}, \text{ або } k_{r(i)} = 1 + \frac{n}{\frac{r_0}{s} + i - 0,5}. \quad (8)$$

Підставивши (8) в (7) можна отримати:

$$k_{i(i)} = \left(1 + \frac{n}{\frac{r_0}{s} + i - 0,5} \right) \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left(- \frac{(s \cdot (i))^2}{2 \cdot \sigma^2} \right). \quad (9)$$

Отримані рівняння дозволяють визначити коефіцієнти, необхідні для розрахунку параметрів суміші при її перемішуванні і розпушуванні для циліндричної сушильної камери [8].

Більшість досліджень, що стосуються засобів розпушування дисперсних матеріалів потребує визначення ряду експериментальних коефіцієнтів. Для дослідження впливу параметрів і режимів роботи робочих органів на інтенсивність перемішування насінневого матеріалу, а також обґрунтування раціональних геометричних параметрів і режимів роботи вдосконалено лабораторну установку, яка зображена на рис. 3.

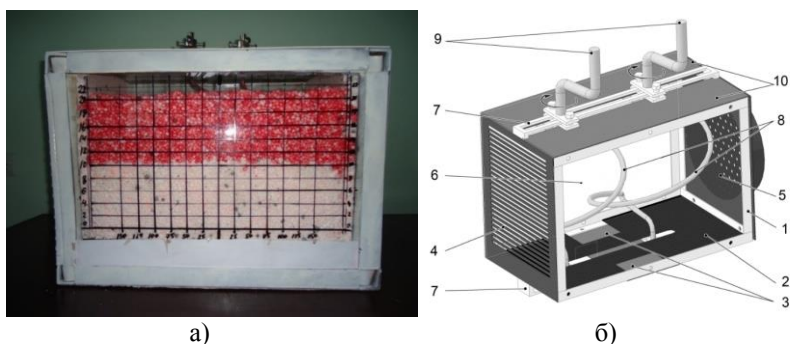


Рис. 3 – Установки для дослідження перемішування матеріалу:
 а) загальний вигляд; б) 3-Д зображення: 1 – рама;
 2 – днище; 3 – вивантажувальний пристрій; 4 – решітка для відведення повітря; 5 – решітка для підведення повітря з фланцем; 6 – прозора стінка; 7 – направляючі; 8 – змінні активні робочі органи; 9 – рукоятки; 10 – кришка

Конструкція установки для дослідження перемішування матеріалу (див. рис. 3, б) передбачає можливість встановлення змінних активних робочих органів 8 з різним кроком і діаметром спіралі. Також передбачена можливість регулювання міжосьової відстані між робочими органами, що закріплюються на нижній і верхній направляючих 7. Необхідна частота обертання активних робочих органів забезпечується обертанням рукояток 9. Знімні кришки 10 дозволяють завантажувати матеріал у верхній частині установки. Вивантажування здійснюється через вивантажувальний пристрій 3 у нижній частині установки.

Розроблена установка дає можливість дослідити перемішування матеріалу залежно від наступних факторів: крок спіралі робочих органів; діаметр спіралі робочих органів; частота обертання спіралі робочих органів; міжосьова відстань між сусідніми робочими органами; структура сипкого матеріалу і його фізико-механічні властивості.

Для механічного перемішування і розпушування сипкого матеріалу, зокрема при його сушінні, найбільш широке застосування знайшли конструкції барабанного типу [8]. Перемішування і розпушування матеріалу відбувається в результаті обертання барабану навколо осі під деяким кутом до горизонту. Реалізацією даної конструкції є сушарки барабанного типу (рис.4,а). Іншим способом перемішування і розпушування сипкого матеріалу механічним методом є застосування різних рухомих (активних) робочих органів в нерухомому корпусі [8**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]: лопатеві мішалки, шнеки (рис. 3, б, в). Дані конструкції дозволяють більш ефективно використовувати об'єм камери сушарки, але суттєвим недоліком є пошкодження матеріалу в результаті дії цих робочих органів.

Доцільність застосування активаторів для перемішування і розпушування вразливих матеріалів, таких як насіння, повинна бути обґрунтована низьким ступенем пошкодження цього матеріалу. Тому доцільним є проведення подальших досліджень щодо дослідження процесів змішування і розпушування шарів матеріалу, зокрема при його сушінні.

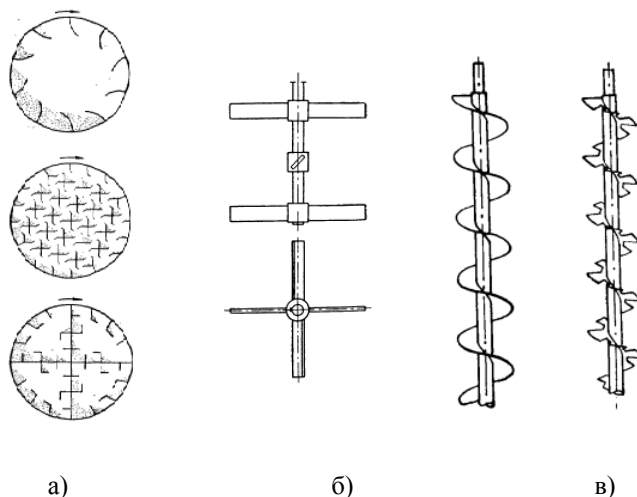


Рис. 4 – Механізми перемішування і розпушування сипких матеріалів: а) переріз сушарки барабанного типу; б) лопаті; в) шнеки

Висновки. На основі проведено огляду методів і засобів перемішування і розпушування сипких сільськогосподарських матеріалів встановлено, що теоретичний опис даного процесу ґрунтується на використанні імовірнісних підходів у моделюванні. Для якісної та кількісної оцінки якості виконання процесу розпушування введено коефіцієнт масової частки матеріалу K_i , що може бути застосований за умови поділу шару сипкого матеріалу на сукупність елементарних шарів. Для уточнення теоретичних положень та перевірки їх адекватності запропоновано удосконалену конструкцію лабораторної установки перемішування та розпушування сипкого матеріалу. Такі експериментальні дослідження дають можливість встановити та обґрунтувати параметри необхідних робочих органів.

Література

1. Гурик О. Я. Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 «машини і засоби механізації сільсько-подарського виробництва»/ О.Я.Гурик. - Тернопіль, 2003. - 22 с.

2. Рябов Р.М. Аналіз існуючих засобів механізації для змішування різнодисперсних матеріалів [Електронний ресурс] / Р. М. Рябов, Д.О. Мілько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: електронне наукове фахове видання. – Електронні дані. — [Харків : Харківський національний техн. Уні-т с-г ім. П. Василенка, 2016]. – № 179. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/index.php/wissn021/article/view/66397> (дата звернення 10.06.2018 р.). – Назва з екрана.

3. Зафрен С. Я. Технология приготовления кормов: Справочное пособие / С. Я. Зафрен. – М.: Колос, 1977. – 240 с.

4. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

5. Ревенко І. І. Механізація тваринництва/ І.І. Ревенко, В.М. Щербак. – К.: Вища освіта, 2004. – 319с.

6. Перемішування. Студопедія - Ваша школопедія [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – Режим доступу: http://studopedia.com.ua/1_241781_peremishuvannya.html (дата звернення 10.06.2018). – Назва з екрана.

7. Фізика процесу перемішування та класифікація змішувальних машин [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал Хелпикс.Орг - Інтернет помічник]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://helpiks.org/6-18440.html> (дата звернення 10.06.2018). – Назва з екрана.

8. Ящук А.А. Обґрунтування параметрів сушарки насіння льону олійного : дис. ... канд.техн. наук : 05.05.11 / Ящук Андрій Анатолійович. – Кіровоград, 2014. – 169 с.

9. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Висш. шк., 2003. – 479 с.: ил.

УДК 631.332.99:635.262

©Д.В. Кузенко, к.т.н., О.Я. Семен, З.О. Гошко, к.т.н.,
Семен Я.В., к.т.н.
Львівський національний аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРНО-МАСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЗУБКІВ ЧАСНИКУ

Наведено методика та результати виконаних експериментальних досліджень з визначення розмірно-масових показників зубків часнику різних сортів. Встановлено основні закономірності розподілу вказаних показників і проведено їх аналіз.

РОЗМІРНО-МАСОВІ ПОКАЗНИКИ, ЗУБОК, ЧАСНИК, СОРТ, ЗНАЧЕННЯ.

Постановка проблеми. Садіння часнику – один з найвідповідальніших процесів у технології його вирощування і збирання, від якості проведення котрого залежить майбутній врожай. Особливо це стосується механізованого садіння. На його перебіг істотно впливають розмірні характеристики зубків часнику.

Для того, щоб добитися високої якості садіння зубків часнику необхідно створити принципово нові робочі органи саджалок. Вони повинні поштучно встромляти кожен зубок у визначене місце в борозенці, зорієнтувавши його денцем вниз, а ростком вверх. Саме тому робочі органи саджалок повинні бути адаптованими до широкого діапазону розмірно-масових показників зубків часнику різних сортів, встановлених експериментально. Вони є визначальними не тільки під час розроблення адаптивних робочих органів садильних машин, а й у випадку встановлення оптимальних режимів їх роботи безпосередньо в момент садіння зубків часнику на конкретному полі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Часник – одна з найдавніших і дуже поширених у всьому світі овочевих культур. Її розглядають, як дуже цінну продовольчу культуру, що має свої специфічні властивості і біологічні особливості, які поряд з агротехнікою вирощування достатньо добре вивчені [1, 2]. Попередні дослідження, відображені в [3] дали змогу встановити також коефіцієнти та кути зовнішнього тертя зубків часнику по різних матеріалах.

Останніми роками увага до часнику значно зросла. Саме тому багато вітчизняних і зарубіжних науковців намагаються систематизувати накопичені знання про вказану

сільськогосподарську культуру, виходячи з особливостей вирощування кожного окремого сорту в різних ґрунтово-кліматичних зонах [4, 5, 6]. Але основну увагу автори в цих публікаціях знову акцентують на біологічних особливостях кожного сорту та окремих розмірно-масових показниках зубків і головки часнику, зокрема їх середніх розмірах та масі. Проте мало уваги звертається на вивчення розмірно-масових показників зубків часнику, з погляду придатності їх до механізованого садіння, особливо якщо мова йде про створення робочих органів саджалок для укладання кожного зубка в ґрунт, орієнтованого денцем вниз, а ростком вверх. Це питання є актуальним і вимагає системного підходу до його вирішення.

Мета дослідження – визначення фізико-механічних властивостей зубків часнику сортів Спас, Лідер та Лідія, які різняться між собою формою поверхні для встановлення їх придатності до механізованого орієнтованого садіння денцем вниз, а ростком вверх.

Результати дослідження. Дослідження проводились згідно загальноприйнятих [7], а також часткових методик.

У процесі дослідження вимірювались наступні показники: маса m (рис. 1) зубків часнику, їх товщина t , відповідно, довжина l_1 загальна і l без ростка, ширина b за діаметром головки і b_1 за діаметром її центрального стрижня, а також середній радіус R їх зовнішніх поверхонь.

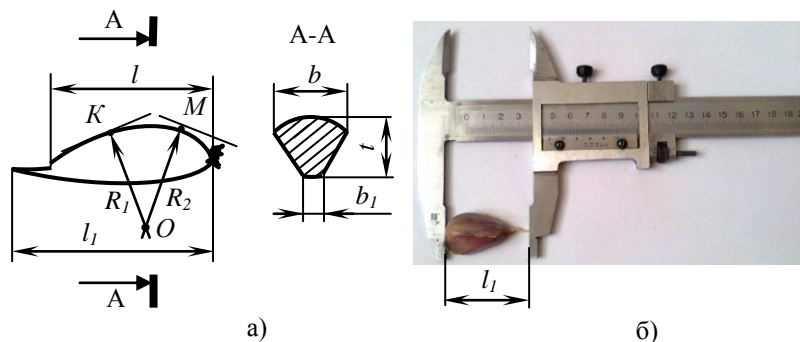


Рис. 1 – Розмірні параметри зубка часнику (а) і схема вимірювання (б)

Масу зубків часнику визначали за допомогою лабораторної електронної ваги ТВЕ-0,5-0,01 з точністю вимірювань до 0,01 г. Для цього відбирали по 100 зубків кожного досліджуваного сорту, які зважували у трикратній повторності.

Загальна довжина зубків вимірювалась вздовж його поверхні від основи денця до закінчення ростка. Для цього досліджуваний зубок часнику встановлювався між губками для зовнішніх вимірювань штангенциркуля, покази якого реєстрували за вимірювальною шкалою (див. рис. 1, б).

Таким же чином визначали довжину зубка без ростка. У цьому разі вимірювалось тільки його тіло від основи денця до вершини, де починається росток.

Товщина і ширина зубка за діаметром головки часнику і діаметром її центрального стрижня вимірювалась аналогічно. При цьому зубок встановлювали між губки штангенциркуля у взаємно-перпендикулярних площинах до поздовжньої осі зубка у найбільшому його поперечному перерізі, де і фіксувався відповідний розмір.

Проведені дослідження вказують на те, що для розмірних показників зубків часнику притаманні подібні характерні залежності. Так найменша товщина t у зубків часнику сорту Лідер (довірливий інтервал 14,64...15,36 мм), а максимальна – у сорту Лідія (довірливий інтервал 16,66...17,64 мм); найменша довжина без ростка l притаманна зубкам сорту Спас, середнє значення якої становить 27,66 мм з довірливою межею $\pm 1,47$ мм, форма яких дещо видовжена (стовбчаста), найбільша – у зубків часнику сорту Лідер (28,48...30,78 мм), форма яких дугоподібна (овальна). Варіювання розмірних показників за товщиною коливається в межах 11,54-18,0 %, за довжиною без ростка – 10,0-19,59 %. Дані залежності простежуються на відповідних кривих розподілу за товщиною зубків часнику (рис. 2, а) і за їх довжиною без ростка (рис. 2, б).

Стосовно ширини зубків, то її визначали у двох місцях – за зовнішнім діаметром головки часнику, внаслідок поділу якої утворився зубок і за діаметром її центрального стрижня, на якому утримуються зубки. Дані залежності представлені у вигляді кривих розподілу (див. рис. 2, в, д). Найменше значення ширини b мають зубці часнику сорту Спас (довірливий інтервал 13,74...14,89 мм, середнє значення 14,32мм), максимальне – відповідає зубкам сорту Лідер (довірливий інтервал 17,27...18,22 мм, середнє значення 17,74 мм).

Особливістю форми зубків сорту Лідер є те, що вони формують головку часнику з кількох шарів зубців. Тому вони мають найбільшу ширину за діаметром центрального стрижня (внутрішньої поверхні), середнє значення якої $b_l=15,94$ мм, що на 0,94 мм більше ніж середнє значення товщини t зубків цього ж сорту. Стосовно інших досліджуваних сортів, то вони мають майже однакову ширину за діаметром її центрального стрижня. Так, діапазони зміни мінімальних і максимальних значень вказаного показника відповідно становлять 5,61-6,24 мм (Спас) та 5,80-6,22 мм (Лідія).

Сорту Лідія притаманна найменша довжина ростка, а тому середнє значення загальної довжини l_l зубка часнику вказаного сорту становить 32,5 мм і лежить в інтервалі 31,87...33,17 мм (див. рис. 2, е). При цьому ростком вважаємо утворення у верхній частині зубка часнику поза його тілом. Він формується з луски, яка покриває зубок у вигляді видовженого хвостовика. Найдовшими є ростки у зубків часнику сорту Лідер. Його загальна довжина досягає середнього значення 45,83 мм, що на 16,2 мм перевищує середнє значення тіла самого зубка. Найменшими за довжиною є ростки у зубків сорту Лідія. В середньому їх довжина становить 3,59 мм. Очевидно, що саме цей сорт, разом із сортом Спас за своїми розмірними показниками є найкраще пристосованими до механізованого садіння.

Подібні залежності, що притаманні розмірам зубків часнику характерні і для їх маси m , середнє значення якої змінюється у широкому діапазоні: від 3,38 г в сорту Спас з довірливою межею $\pm 0,45$ г до 4,84 г в сорту Лідер з довірливою межею $\pm 0,41$ г. Коефіцієнт варіації в досліджуваних сортів змінюється за даним показником в межах від 21,04% в Лідера до 33,31% в Спаса. Отримані залежності у формі кривих нормального розподілу наведені на рис. 2, ж.

Одним з головних показників, від значення якого залежать розміри і конфігурація робочих органів саджалки для ефективного поштучного їх захоплення, утримування під час переміщення в зону садіння і безпосереднього встромляння в ґрунт, і який впливає на якісні показники процесу садіння є середній радіус зовнішньої поверхні зубка часнику. Вказаний показник дозволяє також оцінити форму поверхні зубка і лежить в основі теоретичних моделей з визначення його центра ваги.

Для визначення середнього радіусу на папері рисувався профіль зовнішньої поверхні кожного зубка часнику у вигляді кривої, що копіювала цю поверхню в натуральну величину. Після

цього вибиралися дві довільні точки K та M через які проводились дотичні до кривої і одночасно від них опускались перпендикуляри, що пересікалися в довільній точці O (див. рис. 1, а). Таким чином отримували радіуси R_1 і R_2 , а розраховане їх середнє арифметичне було шуканою величиною – середнім радіусом зовнішньої поверхні кожного зубка часнику, значення котрого представлено у вигляді кривих розподілу на рисунку 3.

Проведені дослідження вказують на те, що зубкам часнику окремих сортів притаманні свої характерні зовнішні поверхні, радіус яких визначається біологічними особливостями самого сорту. Ця властивість є визначальною для моделювання робочих органів саджалок, адаптованих до поштучно-орієнтованого укладання зубків у ґрунт.

Найбільш адаптованими до механізованого садіння можна вважати зубки сортів Спас, для якого $R = 27,8$ мм з довірливим інтервалом 26,85...28,55 мм та Лідія – середній радіус зовнішньої поверхні зубка вказаного сорту становить 30,31 мм і лежить в інтервалі 29,09...31,53мм. Зубки часнику сорту Лідер мають дещо специфічну поверхню – за середнього значення $R = 26,95$ мм їх довжина без ростка $l = 29,63$ мм (див. рис. 2, б). Саме тому центр ваги зубків вказаного сорту дещо зміщений, що утруднює процес його захоплення та орієнтування робочими органами саджалок.

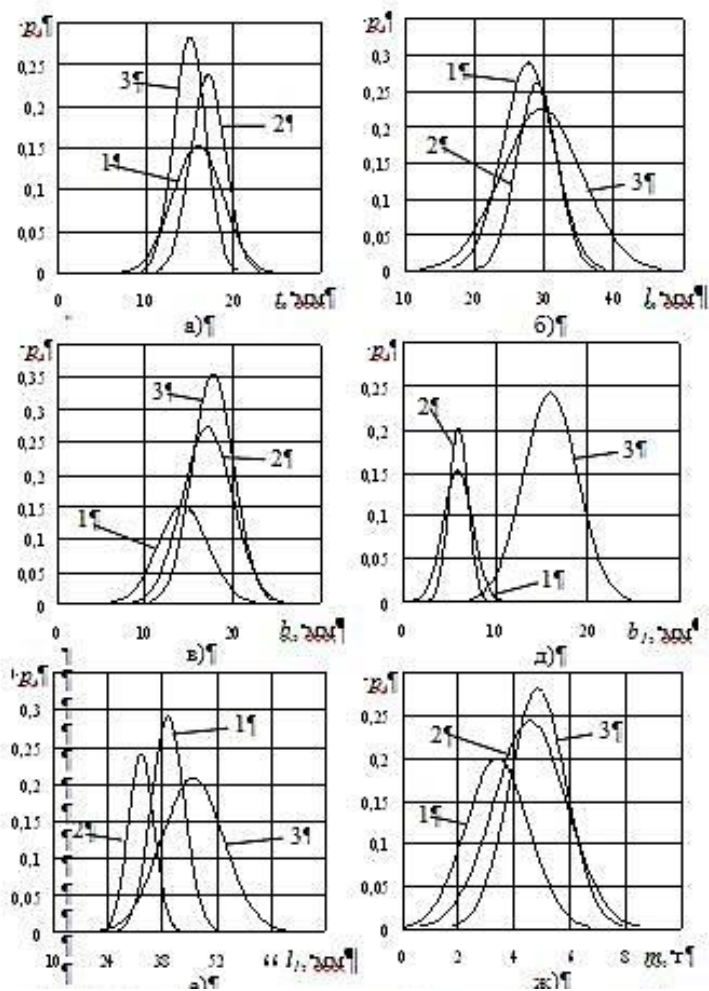


Рис. 2 – Закони розподілу товщини (а), довжини без ростка (б), ширини за діаметром головки (в), ширини за діаметром центрального стрижня головки (д), загальної довжини (е), маси (ж) для зубків часнику сортів: 1 – Спас; 2 – Лідія; 3 – Лідер

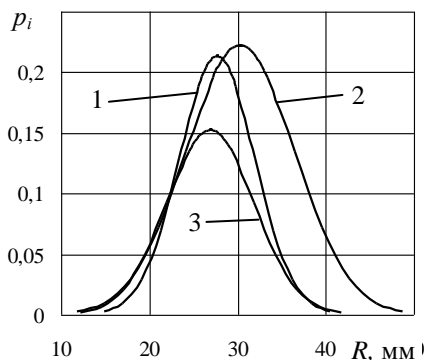


Рис. 3 – Закони розподілу середнього радіусу зовнішньої поверхні для зубків часнику сортів: 1 – Спас; 2 – Лідія; 3 – Лідер

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що для розмірних показників зубків часнику притаманні подібні характерні залежності, які з достатньою імовірністю описуються нормальним законом розподілу. На основі їх аналізу визначено придатність зубків часнику окремих сортів до механізованого орієнтованого садіння денцем вниз, а ростом вверху. Встановлено, що за більшістю показників такими можна вважати зубки сортів Спас та Лідія. Отримані числові значення розмірно-масових показників зубків будуть використані для математичного моделювання процесу їх садіння.

Широкий діапазон зміни розмірно-масових показників досліджуваних зубків часнику зумовлює також необхідність обґрунтованого вибору конструктивно-технологічних параметрів робочих органів садильних машин, які забезпечували б агротехнічно-необхідну якість захоплення і укладання кожного зубка в ґрунт, запобігаючи його пошкодженню, що стане основою майбутніх досліджень.

Література

1. Снітинський В. В. Часник на фермському полі та присадибній ділянці / В. В. Снітинський, Л. П. Ліщак, Н.І. Ковальчук, І. О. Ліщак. – Львів: Український бестселер, 2010. – 110 с.
2. Лихацкий В. И. Чеснок. Биология и технология выращивания. Практическое пособие. / В. И. Лихацкий. – К.: Издательство УСХА, 1990. – 96 с.
3. Семен О. Я. Визначення коефіцієнта та кута зовнішнього тертя зубків часнику /О. Я. Семен // Вісник

Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. університет, 2016. – № 20. – С. 162-167.

4. Сорти часнику в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.ukrup.com.ua/uk/sorty-chasnyku-ukrayini/

5. Informator nt. starych odmian roślin rolniczychi ogrodnicznych [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.minrol.gov.pl/.../1/.../Informator_21.07.15.pdf

6. Вирощування часнику озимого. Методичні рекомендації [Електронний ресурс] / Режим доступу: eurowine.com.ua/?q=node/22338

7. Моисейченко В. Ф. Методика опытного дела в плодоводстве и овощеводстве / В. Ф. Моисейченко. – К.: Выща школа, 1988. – 141с.

УДК 631. 331

©М.І. Магац, к.т.н., Т.А. Махоркіна, к.ф-м.н., З.О. Гошко, к.т.н., А.В. Дусан

Львівський національний аграрний університет

С.В. Синій, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО МІНІ-АГРЕГАТУ

Описано процес роботи модернізованого агрегату «Мотоблок «ЗУБР» НТ-105 + плуг ПЛ-1-17». Розроблено методику руху агрегату заднім ходом (коли ширина оброблюваної ділянки менша від довжини самого агрегату). Доведено здатність модернізованого агрегату проводити оранку на ґрунтах не тільки після збору овочевих культур (що є частково обробленими), а і на ґрунтах, після збору зернових та однорічних і багаторічних трав.

МОТОБЛОК, МОДЕРНІЗОВАНИЙ АГРЕГАТ, ВИТРАТА ПАЛИВА, ЧИРЕСЛОВИЙ НІЖ, ПЛУГ, ЧАС РОБОТИ.

Постановка проблеми. Важливе місце в групі мобільних енергетичних засобів для невеликих фермерських та присадибних господарств займають мотоблоки (енергетичні засоби з колісною

формулою 2К2) та міні-трактори, загальна кількість яких стрімко зростає і складає на сьогоднішній день понад 65 тис. штук [1-5].

Але вони не завжди дозволяють отримати очікуваний результат, що зумовлено конструктивними, експлуатаційними і технологічними причинами. Це пояснюється недоліками конструкцій, відсутності необхідного спектру технологічних модулів для агрегування, відсутності навиків у налагодженні агрегатів. Особливо це стосується міні-тракторів (мотоблоків і агрегатів на їх базі). Тому, актуальними є питання, що відносяться до вивчення та вдосконалення конструкції і умов агрегування таких мобільних енергетичних засобів, а саме, виникає проблема їх маневреності та проведення оранки на необроблюваних дачних ділянках, що веде до значних перевитрат палива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні в Україні для обробітку ґрунту на невеликих ділянках широко використовуються мотоблоки вітчизняного й закордонного виробництва з двигунами потужністю $0,7 \div 6,3$ кВт і масою $30 \div 300$ кг.

Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з малогабаритними енергетичними засобами для обробітку ґрунту, з колісною формулою 2К2 можна розділити на кілька окремих груп, а саме:

- роботи присвячені вдосконаленню конструкції мотоблоків [6-7];
- роботи пов'язанні з проблемою керування та ергономічними аспектами експлуатації [7-9];
- праці, присвячені стабільності і стійкості роботи мотоблоків [10];
- роботи з їх технологічної експлуатації.

Вище зазначені дослідження стосуються питань:

- зниження ущільнення ґрунту та підвищення тягових властивостей міні-агрегатів;
- підвищення технічних характеристик трансмісії мотоблоків;
- зниження шкідливого впливу вібрації на оператора та зусиль затрачених на керування;
- підвищення стійкості мотоблоків;
- забезпечення виконання різних технологічних операцій (оранка, культивация, фрезерування, збирання та ін.).

Застосування засобів малої механізації [4-11 та ін.] на невеликих площах, особливо у важкодоступних місцях з обмеженою маневреністю не викликає жодних сумнівів, хоча іноді

серед виробників і науковців виникають дискусії щодо доцільності розширення їх модельного ряду, функціональних можливостей з метою підвищення ефективності їх використання, що, в певній мірі, може визначати темпи і ефективність розв'язання проблем у ресурсному забезпеченні сільськогосподарського виробництва.

За таких умов важко відокремити напрям досліджень, що стосується умов агрегування мотоблоків і режимів їх роботи, як визначального для забезпечення ефективності міні-агрегатів. В цьому контексті вбачається дослідження ефективності агрегування мотоблоків з спектром допоміжних знарядь, виявлення їх позитивних і негативних сторін в системі «людина-машина», оскільки в агрегатах на базі таких енергетичних засобів мускульна сила людини впливає на показники ефективності.

У науково-технічних інформаційних джерелах є низка праць, у яких теоретично і практично досліджено процес роботи агрегатів, укомплектованих плугами різного типу [10], а саме:

- «Мотоблок Sadko M-1165 + тплуг ПЛ-1-17»;
- «Мотоблок KIPOR KDT610E + плуг ПЛ-1-15»;
- «Мотоблок FORTE -HSD1G-81 + плуг ПЛ-1-17»;
- «Мотоблок «ЗУБР» НТ-105+ плуг ПЛ-1-17».

Аналізуючи склад вказаних міні агрегатів, зазначимо, що всі вони укомплектовані однокорпусними плугами без ножів, наслідком чого є погіршений обробіток ґрунту (особливо під час оранки стерні).

У праці [10] зазначається, що ідеального агрегату для оранки ґрунту ще не виготовлено.

Найбільш затребуваний з вище зазначеної серії міні-агрегатів для обробітку ґрунту в західному регіоні України (де переважають легкі та середні ґрунти) є «ЗУБР» НТ-105+ плуг ПЛ-1-17, що використовується переважно у приміських зонах, на дачних ділянках (площі яких не перевищують 1000 м²).

Для покращення техніко-економічних показників, і маневреності цього агрегату, необхідно додатково на рамі плуга встановити чересловий ніж.

Мета дослідження – підвищення техніко-економічних показників міні-агрегату (зменшення витрат палива, підвищення маневреності, покращення умов праці оператора).

Результати дослідження. В процесі експлуатації мотоблока "ЗУБР" НТ-105 зі стандартним плугом ПЛ-1-17 оранка ґрунту (після зернових та збору однорічних та багаторічних трав)

неможлива і ускладнена на частково-оброблених дачних ділянках (після збору овочевих культур).

Для вирішення цієї проблеми пропонується застосувати модернізований чересловий ніж, з поворотним самоблокувальним механізмом коліс ходової частини агрегату, рисунок 1.

Робота модернізованого агрегату полягає в наступному. Чересловий ніж 5 встановлюється на рамі перед корпусом плуга, завданням якого є розрізання шару ґрунту у вертикальній площині, а леміш 6 підрізає скибу і спрямовує на відвал 3, з подальшим її перекидання.

Поворотні самоблокувальні механізми (диференціали) приводу коліс [8] дозволяють з мінімальним радіусом здійснити розворот агрегату під час роботи, а металеві колеса сприяють збільшенню його зчипної ваги на 40 кг, і зменшити пробуксовування.

Робота череслового ножа зменшує навантаження на польовий обріз полиці, та сприяє зменшенню тягового опору агрегату.

Регулювання ножа у двох положеннях:

- обертання навколо своєї осі, дає можливість збільшити ширину захвату лемеша, утворюючи 10...20 мм смугу непідрізаного пласта ґрунту (рис. 2), що зумовлює його фіксацію і краще перекидання, покращує маневреність агрегату;

- вертикальний хід ножа - дозволяє регулювати глибину розрізання пласта ґрунту у вертикальній площині.

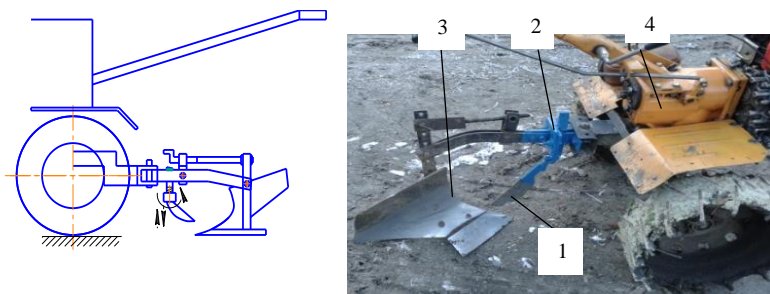


Рис.1 – Схема і загальний вигляд модернізованого агрегату:

- 1 – чересловий ніж; 2 – кріплення ножа; 3 – корпус плуга;
- 4 – мотоблок "ЗУБР" НТ- 105

Для проведення досліджень використали мотоблок «ЗУБР» НТ-105, масою 120 кг.

Проведення експериментальних досліджень передбачало визначення граничних значень тягового зусилля, витрату палива та маневреність модернізованого міні-агрегату «ЗУБР» НТ-105+ плуг ПЛ-1-17. Об'єктом досліджень був вище зазначений агрегат з вмонтованим чересловим ножом і удосконаленою ходовою частиною.

Випробування проводили на двох експериментальних ділянках (перша - після збору овочевих культур, друга – стерня зернових культур), площею по 500 м².

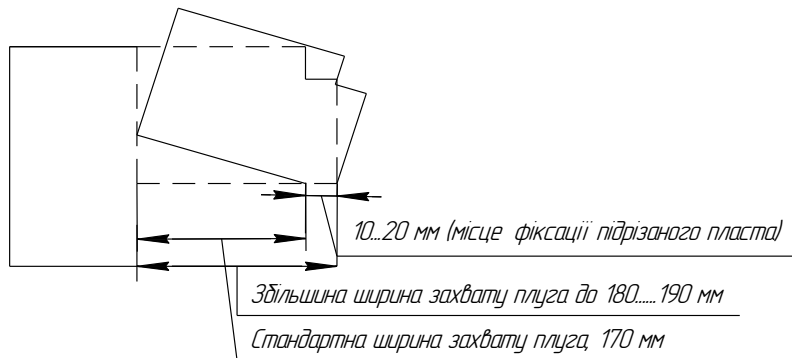


Рис.2 – Схема підрізаного пласта ґрунту модернізованим міні агрегатом

Для визначення тягового опору плуга використовували механічний динамометр марки ДПУ-0,1 ГОСТ 9409-60 і стандартну методику [10]. Місце кріплення динамометра зображено на рисунку 3. Досліди проводили на вищезгаданих ділянках, з ґрунтом, що підпадає під нормативну класифікацію «супіщани».

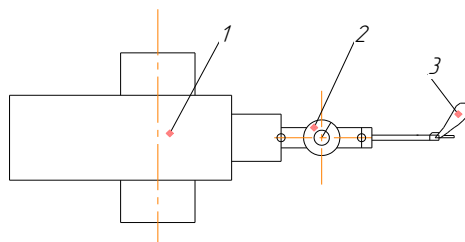


Рис. 3 - Схема розміщення динамометра на досліджуваному міні-агрегаті: 1-мотоблок, 2-динамометр, 3-пług

Спосіб руху міні агрегату на вузьких земельних ділянках. У зв'язку з неможливістю розвертання, агрегат змушений рухатись заднім ходом, при цьому праве колесо половиною опорної частини заходить на верхній торець розрізаного чересловим ножом ґрунту і вминає його на 20...40 мм, що сприяє щільному прилягання перекинутих пластів (рис.4).

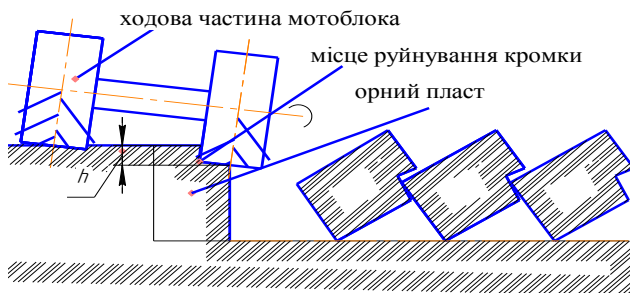


Рис. 4 – Схема руху і перекидання пласта міні-агрегатом
 h – глибина руйнування кромки орного пласта

Такий рух агрегату заднім ходом моделює процес роботи передплужника, який властивий тільки для міні-агрегатів, рисунок 4.

Результати експериментальних досліджень занесені у таблицю.

Таблиця – Результати експериментальних досліджень

Показники	Результати лабораторних досліджень		Різниця вимір. показників	
	базовий	модернізований		
Маса, кг	120		41	
Робочий час агрегату, год	Частково - оброблений ґрунт	1,9	1,7	0,2
Витрата палива на 500 м ² , л		0,6	0,5	0,1
Опір плуга, кН		1,2	1,20	0,05
Площа поля, м ²		500		-
Робочий час агрегату, год.	Стерня	2,3		-
Витрата палива на 500 м ² , л		0,7		-
Опір плуга, кН		1,45		-
Площа поля, м ²		500		-

Аналіз отриманих значень дає змогу визначити відмінність між показниками роботи базового і модернізованого міні-агрегатів:

- збільшилась маса агрегату на 41 кг, що дозволило збільшити зчіпну силу коліс із ґрунтом;
- зменшився час обробітку ґрунту на експериментальній ділянці після збору овочевих культур до 0,2 год;
- витрата палива зменшилась до 0,1 л (на одиниці оброблюваної площі, 500 м²);
- опір плуга зменшився до 0,05 кН (на частково оброблюваній експериментальній ділянці);
- модернізація забезпечує здатність агрегату працювати на стерні.

Висновки. Продуктивність модернізованого агрегату зросла з 263 м² до 294 м² за 1 год.

Завдяки встановленню чирислового ножа і самоблокувального механізму (диференціала) зросла маневреність агрегату.

Витрата палива модернізованого агрегату склала 0,5л на 500 м², що на 0,1 л менше порівняно з базовим.

Література

1. Анурев В. И. 1980. Справочник конструктора-машиностроителя. / В. И. Анурев. – М. 1980.: Машиностроение, 1980. – 213 с.
2. Артёмов М. П. Математична модель машинно-тракторного агрегату з використанням методу парціальних прискорень / М. П. Артёмов // Збірник наукових праць Вінницького Національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 11, т. 1 (65). – С. 34-40. – (Серія «Технічні науки»).
3. Довідник сільського інженера / [В. Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І. І. Ревенко та ін.]. – К. : Урожай, 1991. – 400 с.
4. Мотоблоки «Зубр» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.olx.ua/uk/transport/>.
5. Плуги для мотоблоков [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://prom.ua/Plug-dlya-motobloka.html?no_redirect.
6. Погорілий Л. В. Мобільна сільськогосподарська енергетика: історія, тенденції розвитку, прогноз / Л. В. Погорілий, В. Г. Євтенко. – К. : Фенікс, 2005. – 184 с.
7. Ріпка І. І. Основи механізації і автоматизації сільськогосподарського виробництва, навч. посібник / І. І. Ріпка, Я.В. Семен. – 2-ге вид., переробл. доповн. – Львів: ЛНАУ, 2008. – 174 с.
8. Шевчук Р. С. Теорія, основи розрахунку і аналіз роботи тракторів та автомобілів : метод. рекомендації / Р. С. Шевчук. – Львів: ЛДАУ, 2001. – 50 с.
9. Скойбеда А. Т. Колесно-шагающие движители для транспортного средства высокой проходимости / А. Т. Скойбеда, В.Н. Жуковец // Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.-техн. сборник БНТУ. – Минск, 2013. – Вып. 28. – С. 228–233.
10. Подрубалов М. В. Совершенствование виброзащиты оператора транспортного мотоблока в системе малой механизации лесохозяйственной и лесопарковой деятельности: автореф. дисс. канд. техн. наук 05.21.01 / М. В. Подрубалов. – М., 2012. – 18 с.
11. Nevko R.B. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters / R.B. Nevko, I. G. Tkachenko, S. V. Synii, I. V. Flonts // INMATEH - Agricultural Engineering. – Bucharest (Romania): INMA Bucharest, 2016. – Vol. 49. - Nr. 2. – pp. 53-60.

УДК 677.11.021

© Ю. В. Муравинець, к.т.н., Л. Ю. Забродоцька, к.т.н.
Луцький Національний технічний університет

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЗАТИСКНОГО ТРАНСПОРТЕРА НА НАДІЙНІСТЬ ЗАТИСКАННЯ ПАСМ

У даній статті наведено оцінювання впливу параметрів затискного транспортера на надійність затискання пасм сирцю в його каналі та отримано математичні залежності, які дозволяють встановити вплив параметрів притискних роликів транспортера на силу висмикування пасм із каналу під час виконання операції тіпання.

ТРАНСПОРТЕР, ПАРАМЕТРИ, ПРИТИСКНІ РОЛИКИ, СИЛА ВИСМИКУВАННЯ, ЗАТИСКНИЙ ТРАНСПОРТЕР, БАГАТОФВКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ.

Постановка проблеми. В останні роки, нажаль не зважаючи на високу значущість льонарства, втрачені потужності льонарського комплексу АПК. Але слід зауважити, що в усьому світі льонопродукція має високий попит, особливо на ринку європейських країн та США.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та експериментальні дослідження, присвячені первинній переробці льону – довгунця, а також аналізу конструкцій машин і їхньому удосконаленню викладені в роботах А.М.Іпатова[1], В.А. Дьячкова [2], М.М. Суслова [3], А.Б. Лапшина [4] та багатьох інших вчених.

Аналіз досліджень виявив, що їх значна частина присвячена важливому вузлу тріпальної машини-барабану. Широко розглядаються також шароформуючі машини, механізми для розмотування рулонів. Однак робота транспортуючого механізму мало розглянута в літературі. Але саме за рахунок недосконалості конструкції затискного транспортера, як показав аналіз відомих досліджень, під час здійснення процесу тіпання втрати довгого волокна становлять в середньому 9,6% за умови, що середня довжина стебел становить 70см, а при зменшенні довжини до 60-65см величина втрат зростає відповідно до 17-17,9%.

Тому метою даної роботи є аналіз досліджень та відомих конструкцій транспортуючих механізмів з метою виявлення переліку недостатньо висвітлених і науково обґрунтованих аспектів їхньої роботи.

Мета дослідження. Важливим і актуальним завданням сьогодення є удосконалення технології переробки лляної трести за рахунок модернізації м'яльно-тіпальних агрегатів, що забезпечить підвищення якості отриманого з неї волокна та іншої льономісної продукції.

Результати дослідження. Вплив параметрів притискних роликів затискного транспортера на надійність затискання пасм у його каналі оцінювали величиною сили висмикування, яку визначали з використанням багатофакторного експерименту.

У якості факторів впливу приймали:

- відстань від осі ролика до біжучої точки фіксації пасм – X_1 ;
- сила стискання пружин ролика – X_2 ;
- діаметр притискного ролика – X_3 ;

Згідно [5] проведення багатофакторного експерименту передбачає проведення n -ї кількості дослідів:

$$n = m^k = 2^3 = 8, \quad (1)$$

де m – рівні дослідження;

k – кількість факторів у спланованих дослідженнях.

У табл. 1 наведені фактори та рівні їхнього варіювання.

Таблиця 1 - Фактори та рівні їхнього варіювання.

Фактори впливу	Рівні варіювання		
	Верхній	Нульовий	Нижній
X1	360	180	0
X2	210	120	30
X3	200	130	60

Виконаємо кодування факторів з метою преведення натуральних значень факторів у кодові величини:

$$x_i = \frac{X_i - X_0}{\Delta_i}, \quad (2)$$

де X_i, X_0 – значення факторів варіювання натуральні на досліджуваному й нульовому рівнях;

Δ_i – інтервал варіювання;

x_i – кодований фактор.

Умови проведення дослідів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Умови проведення дослідів

Точки плану	x_1	x_2	x_3	x_1 x_2	x_1 x_3	x_2 x_3	Вихідний параметр, y , Н			
							y_1	y_2	y_3	$y_{сеп}$
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	17,7	17,2	16,5	17,19
2	-1	+1	-1	-1	+1	-1	58,0	59,16	59,12	58,76
3	-1	+1	+1	-1	-1	+1	70,50	70,62	69,58	70,25
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	32,90	31,70	32,48	32,38
5	+1	-1	+1	-1	+1	-1	8,91	8,98	7,76	8,55
6	+1	-1	-1	-1	-1	+1	2,65	3,95	3,60	3,4
7	+1	+1	-1	+1	-1	-1	9,68	10,89	10,03	10,2
8	-1	-1	+1	+1	-1	-1	29,57	29,64	29,74	29,65

Значення y_i отриманні дослідним шляхом.

Перевірка відтворюваності дослідів виконувалась за критерієм Кохрена:

$$G \leq G(0,05; n; f_i), \quad (3)$$

де $G \leq G(0,05; n; f_i)$ – критичне значення критерію Кохрена, яке вибирається в залежності від рівня значущості, числа незалежних оцінок дисперсії та числа ступенів вільності кожної оцінки.

Розрахунок виконано в програмі MathCAD

Рівняння в кодових факторах набуває вигляду:

$$y(x_1, x_2, x_3) = 2,25x_1 + 6,8225x_2 - 15,8475x_3 - 6,855x_1x_2 + 1,325x_1x_3 + 13,505x_1x_2x_3 + 28,797$$

Поверхні відгуку подано (рис. 1).

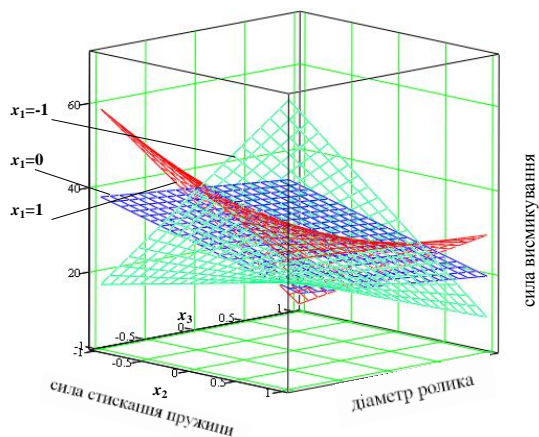


Рис. 1 – Поверхні відгуку (рівняння в кодіваних факторах)

У натуральних факторах рівняння запишуться:

$$y(X_1, X_2, X_3) = 0,238X_1 + 0,42X_2 + 0,0024X_3 - 0,001$$

Поверхні відгуку побудовані за рівняннями в натуральних факторах, зображено на рис. 2.

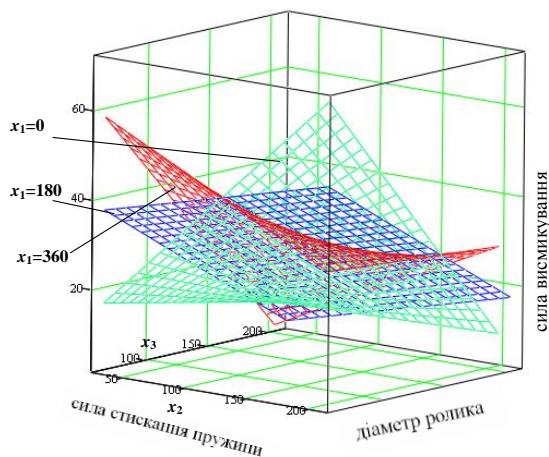


Рис.2 – Поверхні відгуку (рівняння в натуральних факторах)

З отриманих поверхонь відгуку видно, що для висмикування пасм у ході здійснення процесу обчосу необхідно прикласти тим більші зусилля, чим ближче пасма розташовано до вісі ролика.

При віддалені від вісі для забезпечення надійного затиску потрібно прикладати зусилля значно менші, навіть при значних силах стиску пружин притискних роликів. Надмірне зростання сили стискання приводить до травмування волокон.

Крім того, значна відстань між вісями роликів не дозволяє зменшити їх габарити.

Найбільший вплив на величину зусилля висмикування має сила стискання пружин.

Другим по значущості є фактор x_1 – відстань від вісі ролика до місця затискання пасм. Найменший вплив має діаметр роликів.

Висновки. Дослідження впливу параметрів затискного транспортера на надійність затискання пасм виявили, що на потрібну силу висмикування впливають сила притискання роликів, відстань від осі ролика до місця затиску пасма; діаметр ролика. Причому вплив останнього фактору є найменш значущим.

Література

1. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур / А.М. Ипатов // Легпромбытздат.-М, 1989.
2. Дьячков В.А. Проектирование трепальных машин/ В.А.Дьячков Кострома, 2000.
3. Суслов Н.Н. К вопросу о путях повышения выхода и улутшению качества длинного волокна / Н.Н.Суслов//Лен и конопля.- 1958.-№9.-с.43-46.
4. Лапшин А.Б. Математическое моделирование процесса трепания для обоснования конструкции барабана с переменным числом бил: Дис....канд. техн. наук.- Кострома, 1994.
5. Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1994. – 169 с.: ил.

УДК 677.11.021

©В.А. Сай, к.т.н., Л.М. Дацюк, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

О.В. Голій, к.т.н.

Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції
інституту сільського господарства Західного Полісся НААН
України

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ОДНОТИПНОГО ВОЛОКНА ЛЬОНУ ВІД ВІЛЬНОЇ КОСТРИЦІ

У статті наведено результати теоретичних досліджень процесу очищення однотипного волокна льону від вільної костриці трясильним апаратом з фігурними пластинами. Запропоновано залежності для визначення кількості видаленої костриці з однотипного волокна.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, КОСТРИЦЯ, ОДНОТИПНЕ ВОЛОКНО, ТРАСИЛЬНИЙ АПАРАТ, ФІГУРНІ ПЛАСТИНИ

Постановка проблеми. У вторинній переробці лляного волокна широкого використання набуває однотипне волокно. Воно використовується в текстильній промисловості у суміші з бавовняними і хімічними волокнами для виготовлення модних тканин і трикотажу різних асортиментних груп, утеплювачів, паперу тощо [5]. Також підготовка сировини для виробництва однотипного волокна дозволяє використовувати адаптовані високопродуктивні сільськогосподарські машини загального призначення для збирання льону: зернозбиральні комбайни, перевертачі валків, рулонні преси та іншу техніку, яка дозволяє повністю механізувати процеси збирання і приготування трести із найменшими матеріальними та енергетичними витратами. Це свідчить, що отримання лляного волокна у вигляді однотипного з низькою собівартістю є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення якості очищення однотипного волокна від вільної костриці повинно здійснюватися не за рахунок додаткових енергетичних і матеріальних затрат, а за рахунок удосконалення робочих органів. Типи робочих органів, їх конструкція для очищення короткого (однотипного) волокна від вільної костриці представлені в працях А.М. Іпатова, В.В. Маркова, Л.А. Чурсіної, В.Г. Внукова, В.А. Дьячкова, та ін. [1 – 5]. Однак з розширенням сфери використання натурального лляного волокна та підвищенням вимог

до його якісних показників виникає потреба в проведенні додаткових досліджень для вдосконалення робочих органів трясильних машин.

Метою дослідження є отримання теоретичних залежностей для визначення кількості видаленої вільної костриці під час роботи трясильного апарата з фігурними пластинами.

Результати дослідження. Покращити якісні показники технологічного процесу можна за допомогою трясильного апарата, робочі органи якого виготовлені у формі фігурних пластин (рис. 1). Апарат складається із рами 1, з закріпленими на ній валами 2. На валах встановлені з визначеним кроком робочі органи 3 для струшування засміченого волокна і його переміщення. Робочі органи виконані у вигляді фігурних пластин із заокругленими кутами, які здійснюють обертовий рух. Фігурні пластини на сусідніх валах зміщені одна відносно другої на половину кроку, а траєкторія руху вершин пластин сусідніх валів перекривають одна одну. Це буде запобігати затягуванню волокна в простір між пластинами. Одночасно при цьому буде спостерігатися видалення костриці через щілини між пластинами.

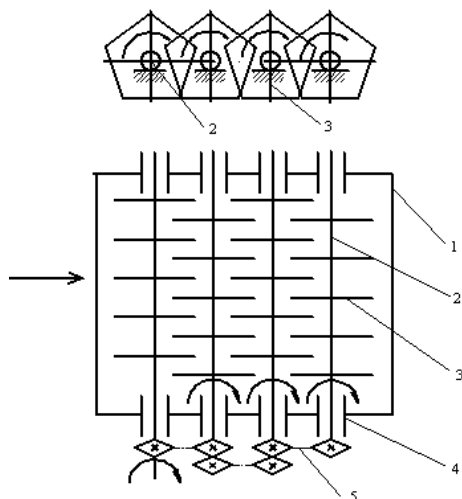


Рис. 1 – Схема трясильного апарата з фігурними пластинами; 1 – рама; 2 – вал; 3 – фігурна пластина; 4 – підшипникова опора; 5 – привід ланцюговий

Робочий процес трясильного апарата полягає в тому, що шар волокна в процесі переміщення фігурними пластинами піддається одночасно розтягуванню у горизонтальній площині і підкиданню у вертикальній площині. Завдяки цьому шар волокна розпушується і створюються більш сприятливі умови для відділення вільної костриці та інших сміттєвих частинок. Костриця і сміттєві домішки, які мають меншу питому парусність, менші розміри та більш обтічну форму, ніж волокно, падають швидше і поступово переміщуються через просторову решітку волокна. Досягнувши нижньої частини шару волокна вони проходять далі через щілини між фігурними пластинами.

Більш складною є перша частина задачі – проходження костриці через шар волокна, більш простою друга частина – через щілини між фігурними пластинами, які мають достатньо великі розміри.

Для проходження костриці через шар волокна необхідно, щоб між окремими волокнами була достатня відстань. При щільному розміщенні волокон проходження костриці неможливе. Таке збільшення відстані між волокнами відбувається при їх розтягуванні і підкиданні під час вільного падіння.

На рис. 2 зображено схему зміни розміщення частинок костриці у шарі волокна, лежачої на виступі фігурної пластини, яка має змінну за величиною і напрямком вертикальну складову прискорення.

На схемі рис. 2, а вертикальна складова прискорення фігурної пластини направлена вгору і рівна $a_в$. В цьому положенні шар волокна стискається навантаженням, більшим, ніж навантаження від сил ваги. На кожну частинку діє сила Q , яка рівна:

$$Q = m \cdot (g + a_в), \text{ Н} \quad (1)$$

де m – вага частинки, кг;

g – прискорення вільного падіння; м/с^2 ;

$a_в$ – вертикальна складова прискорення виступа фігурної пластини.

На рис. 2, б вертикальна складова прискорення фігурної пластини направлена вниз і більше величини прискорення вільного падіння. Частинки, які падають, мають прискорення, менше прискорення вільного падіння, так як їх затримує опір повітря. Вони рухаються повільніше, ніж ребро фігурної пластини, і відстань між ними збільшується. Знаходячись в стані, подібному невагомості, волокна під дією сил пружності розпушуються і під

дією опору повітря рухаються повільніше від частинок костриці. Таким чином костриця переміщається в нижню частину шару волокна.

В подальшому, коли шар волокна вдаряється у ребро наступної фігурної пластини (рис. 2, в), під дією удару костриця із нижньої частини шару волокна випадає і проходить через щілини між фігурними пластинами. А шар волокна стискається і переміщається за вказаним алгоритмом наступною фігурною пластиною.

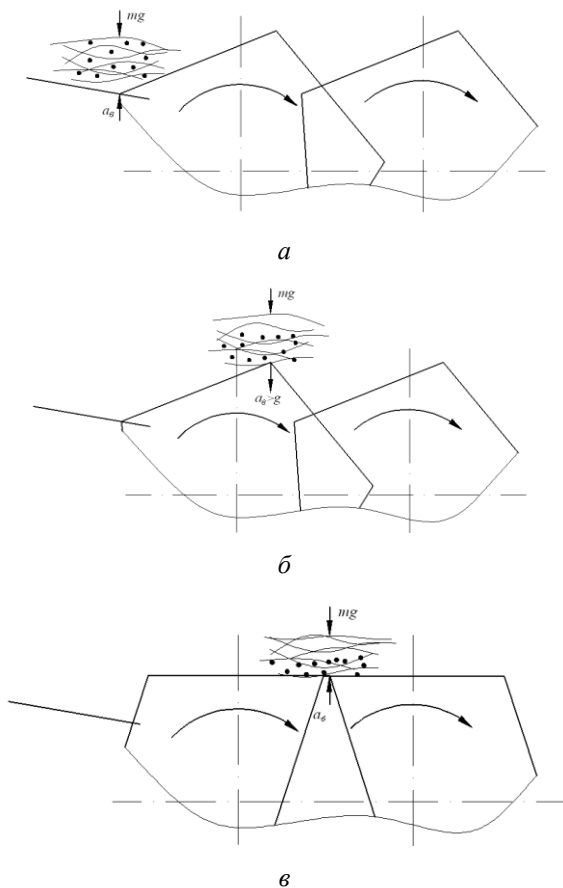


Рис. 2 – Схема зміни розміщення частин костриці при переміщенні волокна фігурною пластиною

Із аналізу процесу очищення однотипного волокна від вільної костриці трясильним апаратом з фігурними пластинами видно, що при переміщенні шару однотипного волокна кількість костриці у волокні зменшується. Нехай значення y_0 визначає вміст костриці у волокні на вході у трясильний апарат. За деякий час dt буде видалятися маса костриці dy . Вона пропорційна часу обробки і її початковій кількості до даного моменту обробки, тобто:

$$dy = k(y_0 - y)dt, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, який залежить від шару матеріалу.

Розділивши змінні і проінтегрувавши від 0 до y та від 0 до t , отримаємо:

$$\ln \left[\frac{y_0 - y}{y_0} \right] = -kt. \quad (3)$$

або:

$$y = y_0 \cdot e^{-kt}. \quad (4)$$

Як видно отримана залежність має експоненціальний характер. Причому при $t=0$ $y=0$, а при $t=\infty$ $y=y_0$. Дана закономірність графічно представлена на рис 1.

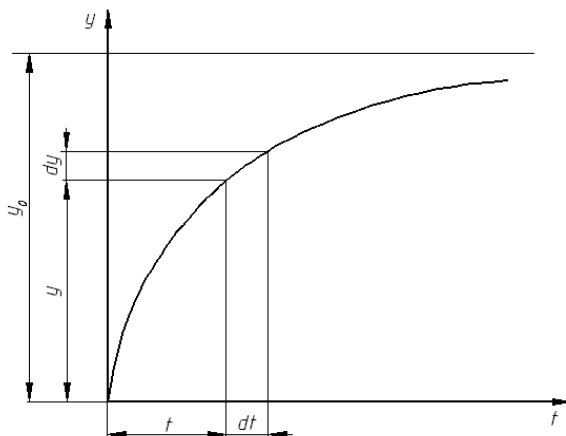


Рис. 3 – Закономірність видалення костриці із шару волокна

Проаналізувавши дану закономірність, можна зробити висновок, що на початку процесу трясіння, коли костриці у шарі волокна багато, її видалення за певний час відбувається швидше. А із зменшенням костриці у волокні цей процес також зменшується.

В загальному кількість видаленої костриці можна виразити через число підкидань шару волокна, яке рівне числу валів із фігурними пластинами. Число видалення костриці при одиничній дії визначається за формулою:

$$dy = k \cdot y_0 \cdot e^{-kt} dt. \quad (5)$$

Ця залежність вказує на швидке зниження ефективності при значному збільшенні стряхуючих дій.

Висновки. У результаті проведеного комплексу досліджень особливостей процесу очищення однотипного волокна від вільної костриці за допомогою трясильного апарата з фігурними пластинами отримані залежності, які дозволять визначити кількість видаленої костриці із волокна залежно від кількості підкидань шару волокна. Отримані теоретичні залежності можуть бути використані для визначення числа валів із фігурними пластинами у трясильному апараті для забезпечення допустимого стандартами вмісту костриці у однотипному волокні льону.

Література

1. Дьячков В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон / В.А. Дьячков. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2006. – 263 с.
2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки лубяных культур / А.М. Ипатов. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 144 с.
3. Кругла Н.А. Історія розвитку льонарства в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. іст. наук : спец. 07.00.07 „Історія науки і техніки” / Н.А. Кругла. – К., 2002. – 20 с.
4. Марков В.В. Первичная обработка льна и других лубяных культур / В.В. Марков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 376 с.
5. Сай В.А. Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного / В.А. Сай. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 168 с.

УДК 631.3

©В.В. Сацюк, к.т.н., С.В. Гриценко
Луцький національний технічний університет
Л.В. Сичук, к.т.н.

Волинська державна сільськогосподарська станція Інституту сільського господарства Західного Полісся Національної академії аграрних наук України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ САПРОПЕЛЬ-РОСЛИННОЇ МАСИ ШНЕКОВИМ ЗМІШУВАЧЕМ

У статті описано технологію приготування сапрпель-рослинної суміші кормових добавок для підгодівлі тварин. Наведено результати дослідження впливу кінематичних, геометричних параметрів змішувача та вологості суміші на однорідність складу приготовленої сапрпель-рослинної суміші.

СУМІШ, ОДНОРІДНІСТЬ, ШНЕК, САПРОПЕЛЬ, ЗМІШУВАННЯ, ЧАСТОТА, РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ

Постановка проблеми. Важливим природнім джерелом сировини у виробництві кормових добавок можуть слугувати сапрпельі, які у великих об'ємах залягають в озерах Волині.

Одним з напрямків використання сапрпелью у виробництві кормових добавок є технологія пророщення в ньому зеленої рослинної маси і згодовування цього продукту повністю як вітамінно-кормову добавку до основного раціону тварин. Рослинний компонент такої добавки добре засвоюється організмом тварин, містить в собі велику кількість вітамінів С і Е, а також надає продукту смакові характеристики. Важливою операцією у технологічному процесі виробництва вітамінно-кормових добавок, яка суттєво впливає на їх якість, являється приготування суміші.

Складність та випадковість технологічного процесу приготування суміші, не дозволяє повністю визначити раціональні конструктивні параметри та оптимальні режими роботи пристрою аналітичним шляхом. Тому, для встановлення впливу властивостей матеріалу, геометричних, кінематичних параметрів шнекового змішувача однорідність приготованої суміші, необхідно провести його лабораторно-виробничі випробування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі дослідження процесу змішування компонентів сапрпель-рослинної суміші, наведені у праці [1]. Але дані дослідження були проведені

із використанням лопатевого змішувача та для визначення степеня подрібнення отриманої суміші.

Мета дослідження. Провести лабораторно-виробничі випробування шнекового змішувача з метою встановлення впливу факторів на однорідність складу приготовленої сапропель-рослинної суміші.

Результати дослідження. Дослідження якості суміші вітамінно-кормової добавки передбачало наступні етапи: висів зерна пшениці на шар сапропелю; пророщування зерна пшениці в сапропелі; подача одержаної маси в дослідну установку шнекового змішувача; дослідження коефіцієнта неоднорідності суміші і оцінка якості змішування.

Висів, попередньо вимоченого на протязі 1,5 доби, зерна пшениці здійснювалося в пластикових піддонах, попередньо заповнених шаром сапропелю, з розрахунку 12-16 кг/м². Зерно розподілялося на поверхні сапропелю рівним шаром. Співвідношення маси зерна, яке висівалося, до маси сапропелю становило 1/4. Процес пророщування передбачав періодичне зволоження зерна. Тривалість пророщування становила 8 діб. Одержана в результаті пророщування зелена маса (рис. 1) змішувалась на шнековому змішувачі (рис. 2).



Рис. 1 – Пророщене зерно пшениці на сапропелі (8 днів після висіву)

Установка складається із опорної рами 1, на якій закріплено гладкий нерухомий кожух 2, завантажувальна горловина 3 та

підшипникові опори 4. У підшипникових опорах, встановлений шнековий вал 5. На рамі змонтований привід шнекового вала, який складається з електродвигуна трьохфазного струму 6, клинопасової передачі 7 та натяжного механізму 8. Експериментальна установка

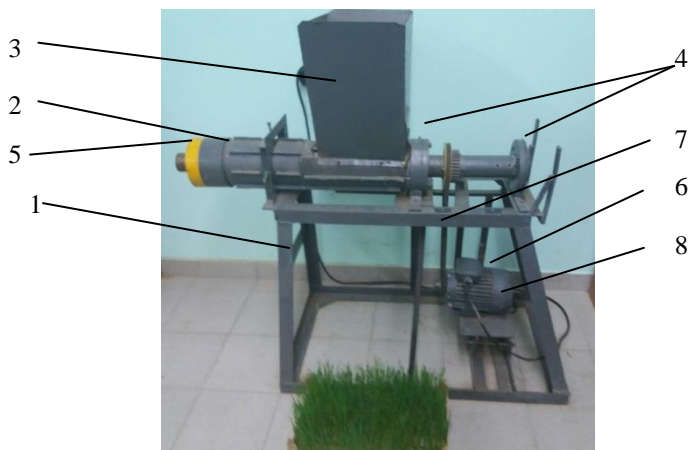


Рис. 2 - Дослідна установка для змішування компонентів суміші вітамінно-кормових добавок

сконструйована таким чином, що дозволяє варіювати кутову швидкість обертання шнекового вала та кут нахилу осі вала до горизонту. Одержана суміш на виході із змішувача досліджувалась на однорідність.

Дослідження проводилось із варіюванням наступних факторів:

- частота обертання робочих шнека змішувач n , об/хв;
- вологості сапрпель-рослинної суміші W , %;
- кута нахилу осі шнека до горизонту β .

Однорідність складу суміші визначали за коефіцієнтом неоднорідності суміші. У якості контрольного компоненту використовували пророщене насіння пшениці. Коефіцієнт неоднорідності визначали із залежності:

$$k_c = \frac{100}{c_0} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - c_0)^2}, \quad (1)$$

де c_i – концентрація зерен пшениці в i -й пробі суміші, %;

c_0 – концентрація зерен пшениці при ідеальному розподіленні, %;
 n – загальна кількість проб.

Для дослідження процесу змішування компонентів сапрпель-рослинної суміші, застосовували математичний метод планування експерименту із використанням симетричного не композиційного плану реалізації експерименту Бокса-Бенкіна другого порядку [2]. Аналіз факторів, які впливають на процес змішування компонентів сапрпель-рослинної суміші кормових добавок для тварин показав, що визначальними є вологість матеріалу, частота обертання шнека змішувача та кут нахилу осі шнека до горизонту.

Обробка даних результатів трьохфакторного експерименту згідно з трирівневим планом другого порядку на ЕОМ, дозволила отримати рівняння регресії, функцією відгуку якого є коефіцієнт неоднорідності складу сапрпель-рослинної суміші:

$$y = 13,01 - 0,78x_3 + 1,124x_1^2 + 1,26x_2^2 + 1,26x_3^2, \quad (2)$$

де x_1 – кодоване значення вологості сапрпелю;
 x_2 – кодоване значення кутової швидкості шнека;
 x_3 – кодоване значення кута нахилу осі шнека.

Перевірку адекватності отриманого рівняння регресії (2) проводили за допомогою критерію Фішера F_{ϕ} , а оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводилась за допомогою критерію Стюдента.

Підставивши фактори у рівняння (2) отримали рівняння регресії у натуральному вигляді:

$$y(\omega, \beta, W) = 87,78 - 0,38\omega - 0,05\beta - 3,6W + 0,01\omega^2 - 0,006\beta^2 + 0,04W^2. \quad (3)$$

За отриманим рівнянням регресії (3), були побудовані поверхні відгуку (рис. 3.) для відслідковування динаміки зміни однорідності складу сапрпель-рослинної суміші кормових добавок.

Висновки. Аналізуючи отримані поверхні відгуку, можна зробити висновок, що на однорідність сапрпель-рослинної суміші впливають усі досліджувані фактори. Найбільша однорідність досягається, коли шнек встановлено під кутом 15^0 до горизонту. Збільшення вологості, в заданому інтервалі величини

досліджуваного фактора суміші, призводить до зниження однорідності. Оптимальним значенням кутової швидкості обертання шнека є $\omega=15-20 \text{ с}^{-1}$, при яких забезпечується найбільша однорідність суміші. Подальше зростання кутової швидкості негативно впливає на коефіцієнт неоднорідності суміші.

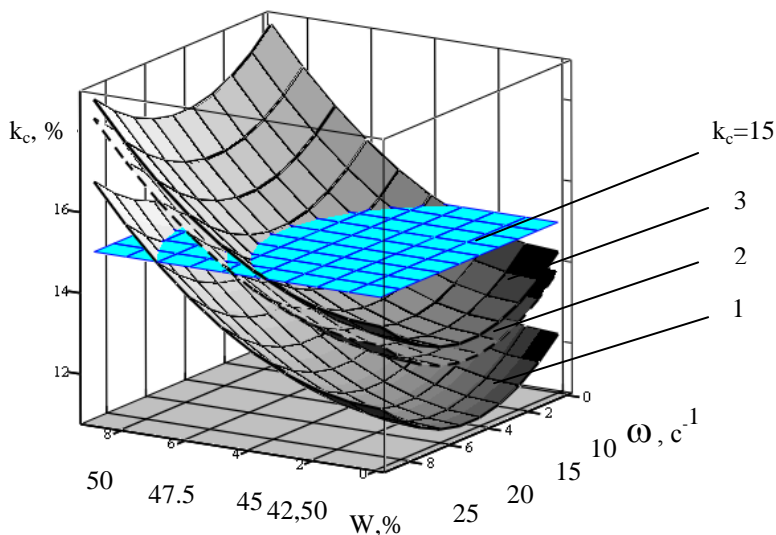


Рис.3. – залежність коефіцієнта неоднорідності сапрпель-рослинної суміші від кутової швидкості обертання шнека ω і вологості сапрпелю w , при куті нахилу осі шнека β : 1 - $\beta=15^{\circ}$; 2 - $\beta=0^{\circ}$ 3 - $\beta=-15^{\circ}$

Лігература

1. Сацюк В.В., Поліщук М.М., Теплов І.О. Дослідження процесу подрібнення частинок сапрпелевих добрив // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей. - Вип. 32. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2015
2. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологи металлов методами планирования екпериментов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. – 304.

УДК 631.31

© Ю.Н. Сыромятников
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ НАРАЛЬНИКА МИНИМАЛЬНОГО ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Объектом исследования является процесс функционирования рабочих органов роторной почвообрабатывающей машины, с помощью которых осуществляется подъем и подача подрезанной ими почвы к рыхлительно-сепарирующему устройству. Описан технологический процесс работы машины с установленными в передней части стрелчатой лапы наральниками от чизельного рабочего органа, которые расположены под углом 26° к горизонту и должным образом обеспечивают заглубляемость рабочих органов в почву. С помощью метода вариационного исчисления обоснована форма наральника минимального тягового сопротивления для подрезания и подъема почвы. Экспериментально определено, что наральник с теоретически обоснованным профилем по сравнению с наральником прямого профиля имеет тяговое сопротивление на 38,7% меньше. Актуальность исследования заключается в обеспечении минимального тягового сопротивления рабочих органов для подрезания и подъема почвы роторной почвообрабатывающей машины, что даст возможность снизить затраты энергии на предпосевную обработку почвы. Целевая группа потребителей информации в статье – конструкторы, специалисты занимающиеся разработкой почвообрабатывающих машин.

РАБОЧИЙ ОРГАН, ПОЧВА, РОТОР, ЧИЗЕЛЬ, УСТРОЙСТВО, ЗАГЛУБЛЯЕМОСТЬ, ПРОФИЛЬ, СОПРОТИВЛЕНИЕ, МЕТОД, ПРОЦЕСС, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГИЯ.

Постановка проблемы. Современные средства механизации способствуют переуплотнению пахотного и подпахотного слоев почвы, увеличению неоднородности строения, появлению комков плотностью превышающей ее плотность до обработки, а также к снижению эффективности использования удобрений.

Создание новых и модернизация существующих почвообрабатывающих машин и орудий требует обоснования основных конструктивно-технологических параметров.

Основными показателями конструктивно-технологических параметров сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин являются, степень крошения почвы, устойчивость хода рабочих органов по глубине, выравненность поверхности поля после обработки, тяговое сопротивление, и др.

Эти и другие показатели используются для анализа технологического процесса работы машин, обоснования их конструктивно-технологических параметров.

Общезвестные почвообрабатывающие рабочие органы не позволяют за один проход обеспечить растениям оптимальные агрофизические условия для их развития, имеют относительно высокую энергоемкость и требуют проведения большого количества механических обработок или применения химических средств для уничтожения сорных растений.

Обработка почвы при выращивании сельскохозяйственных культур занимает 30–40% общих затрат. Часть энергии затрачивается на выполнение процессов в самих машинах. Поэтому наибольшую экономию энергетических затрат можно достичь за счет уменьшения количества проходов агрегатов по полю. При этом значительно уменьшается переуплотнение почвы и сохраняется ее плодородие.

Рабочие органы машины для подрезания и подъема почвы [1] были разработаны на базе плоскорежущей стрелчатой лапы сеялки прямого сева. Для обеспечения необходимой заглубляемости рабочих органов в плотную почву предложено использовать наральник в передней части стрелчатой лапы от чизельного рабочего органа, который расположен под углом 26° к горизонту.

При движении машины наральник, установленный на рабочем органе, обеспечивает заглубление их в уплотненный слой почвы. Подрезанная стрелчатой лапой почва поднимается, частично крошится, загнутые концы лапы не дают сходить пласту почвы с рабочего органа на стороны, при этом не образовывая почвенные валковые полосы между лапами и подает его на сепарирующую решетку. Ножи ротора, измельчая почву, продвигают ее по сепарирующей решетке, обеспечивая распределение комочков по толщине обрабатываемого слоя, необходимое для оптимизации физико-механических свойств почвы. Подрезанная растительность вместе с почвой, продвигаясь

по сепарирующей решетке, сходит на поверхность обработанной почвы.

При проведении полевых испытаний почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины (рис. 1) установлено, что наральник выполняет свои функции по обеспечению заглубляемости рабочих органов в почву. Однако при увеличении глубины обработки в зоне наральника появляются комки почвы значительных размеров, которые свидетельствуют об увеличении сопротивления наральника и росте энергии на отрыв комков, поэтому необходимо обоснование его профиля, обеспечивающего наименьшее сопротивление при движении в почве.



Рис. 1 – Рабочие органы для подрезания и подачи почвы к рыхлительно-сепарирующему устройству

Анализ исследований и публикаций. При обосновании конструкции почвообрабатывающих рабочих органов, критерием выбора геометрической формы служит технологичность их изготовления. Условия применения почвообрабатывающих рабочих органов, выбор того или иного профиля, обусловлены конкретными пределами изменения физико-механических свойств почвы, скоростью их движения и т.д. Например, для рыхлящих лап паровых и пропашных культиваторов, боковой их профиль оказывает наиболее существенное влияние на качество обработки почвы и их тяговое сопротивление [2, 3].

Для удобства нахождения значений радиусов закругления П.М. Гильштейн и другие предложили аналитическое выражение [4]:

$$R_3 = (H_l - l_g \sin \alpha) / \cos \alpha,$$

где H_l – высота профильной части лапы;

l_g – вылет носка лапы;

α – угол постановки лапы к горизонтальной плоскости.

Однако эта методика не дает ответа на вопрос, какой профиль должны иметь сами составляющие части лап и переходы между ними. Поэтому профиль составляющих частей рабочих органов, как правило, выбирают прямолинейным.

Известна методика обоснования профиля рабочих органов, основанная на условиях технологической надежности их в работе. Форма стойки лапы подбирается таким образом, чтобы в любой ее точке обеспечивалось условие резания сорных растений без обволакивания ими. Для этого необходимо сохранить угол скольжения большим или равным углу трения растений по материалу стойки [5].

Широкое распространение получили экспериментальные методы для обоснования профилей рабочих органов почвообрабатывающих машин с учетом конкретных условий их применения. Так, при наблюдении за работой стоек стрельчатых лап установлено, что передние их грани не перерезают стебель сорного растения, а лишь переламывают его, поэтому более интенсивно забиваются ими, чем стойки с округленной передней гранью [6].

Профиль рабочего органа может быть также усовершенствован на основании опыта и интуиции исследователя с последующей экспериментальной проверкой. Так, стабилизаторы-рыхлители эллипсоидальной формы в сравнении с прямолинейными лучше крошат почву на 4,8%, сохраняют стерни на 9,3% больше, повышают вспушенность почвы на 8,5% и снижают расход энергии на 10,3% [7]. При совершенствовании чизельных орудий установлено, что рабочие органы с параболическими и наклонными в поперечном направлении стойками в сравнении со стандартными лучше крошат почву. Причем параболические в сравнении с наклонными менее энергоемки [8].

Для получения более совершенного профиля рабочего органа проводятся эксперименты с большим числом их разновидностей. При определении тягового сопротивления долот с десятью вариантами профилей установлено, что наименьшее

тяговое сопротивление имеет рабочий орган с профилем кривой логарифмической спирали [9].

А.С. Кушнарев, А.В. Бауков, З.М. Шанина и др. в своих исследованиях по обоснованию профилей почвообрабатывающих рабочих органов для определения полей напряжений и деформаций в почве при обработке использовали принципы механики сплошных сред. С помощью контактной задачи теории упругости обоснованы параметры зубчатых рабочих органов для мелкой обработки почвы. Установлено, что наилучшее качество обработки почвы с наименьшими затратами энергии достигается рабочим органом с профилем, обеспечивающим в зоне контакта его с почвой равномерное распределение давлений [10]. Создание равномерного распределения давлений на участке контакта рыхлителя с почвой достигается при круглой или эллиптической форме деформатора [11].

В.И. Ветохин при обосновании формы рыхлительных рабочих органов использовал теорию Кулона-Мора. Он предложил математическую модель процесса взаимодействия рыхлительной рабочей поверхности с почвой [12]. В результате исследований установлено, что для снижения энергоемкости рыхления почвы необходимо обеспечить ее деформацию преимущественно растяжением и сдвигом с минимальной скоростью переменнo-направленных деформаций. Получена продольная форма поверхности рыхлительного элемента, у которого вогнутый профиль в передней его части постепенно переходит к заднему его обрезу в выпуклый. Одновременная деформация таким рыхлительным рабочим органом пласта почвы сжатием в продольном и растяжением в поперечном направлениях позволяет снизить энергоемкость обработки на 30–40%.

Для построения сложных поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих орудий широко применяются графоаналитические методы, разработанные В.П. Горячкиным, Н.В. Щукиным, Л.В. Гячевым, Н.Н. Рыжовым и др.

Каждый из рассмотренных методов обоснования профилей рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий со всеми преимуществами и недостатками в определенной мере обеспечивает достижение поставленной цели. С помощью этих методов исследователь получает параметры профиля рабочего органа или допустимые пределы его изменения, обеспечивающие выполнение заданного технологического процесса работы, повышение качества и снижение энергоемкости обработки почвы, улучшение технологической и технической надежности их в работе.

Одним из преимуществ этих методов является то, что они не исключают возможности для совершенствования профилей почвообрабатывающих рабочих органов в заданных пределах изменения их параметров. В свою очередь, выбор наиболее рационального профиля рабочего органа из множества допустимых его вариантов является предметом вариационного исчисления.

Применение методов вариационного исчисления для решения некоторых задач земледельческой механики впервые предложил П.М. Василенко [13]. В дальнейшем эти методы были использованы В.П. Третьяком для обоснования профиля деформатора почвы [14, 15], П.С. Короткевичем – ножа вертикального резания [16, 17], С.В. Сторчаком и П.П. Магдалюком – рыхлительных лап для междурядной обработки пропашных культур [18], Б.А. Нефедовым и Н.Ф. Флайшером – стойки почвообрабатывающего рабочего органа [19].

Анализ результатов исследований показывает достаточно высокую эффективность использования вариационного исчисления для решения задач земледельческой техники.

Цель исследования. Обосновать параметры рабочих органов, обеспечивающих минимальные затраты энергии на подрезание и подачу почвы к рыхлительно-сепарирующему устройству почвообрабатывающей машины. Провести комплекс экспериментальных исследований по определению достоверности результатов теоретических исследований.

Основной материал. Профиль наральника будем искать в виде кривой, которая проходит через заданные предельные точки, а углы наклона касательных к кривой в них должны равняться заданным величинам в подвижной декартовой системе координат XOZ (рис. 2).

Угол наклона в начальной точке наральника должен обеспечить необходимое его заглубление. Наилучшее заглубление в плотную почву, как свидетельствует практика, имеют рабочие органы чизельных плугов, значение которых составляет 26° . Угол наклона стойки в точке X_k определяется конструктивными особенностями почвообрабатывающей машины для оптимизации структурного состава почвы по глубине обработки. Этот угол определялся при условии, что стойки крепления рабочих органов проходят за ось вращения ротора рыхлительно-сепарирующего устройства [20]. Такое расположение стоек способствует тому, что почвенное ядро, которое образуется перед стойкой, попадает в зону работы ротора. Это исключает возможность забивания машины почвой и обеспечивает возможность установки плоскорезующих лап

в шеренговом порядке. Значение конечной точки $X_k Z_k$ определялось экспериментальным путем в соответствии с высотой расположения почвенных валков.

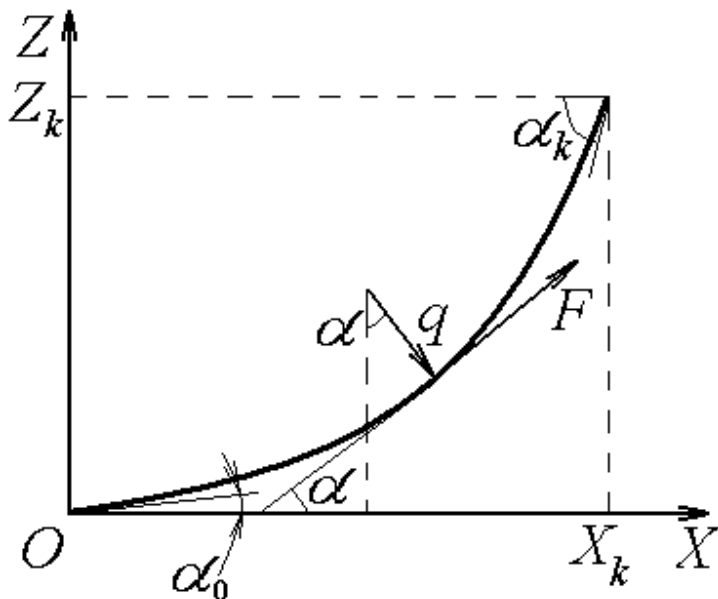


Рис. 2 – Схема к обоснованию профильной линии наральника

В точке O кривая проходит под углом α_0 , а в точку $X_k Z_k$ – под углом α_k . Если допустить, что наральник перемещается в однородном слое почвы с постоянной скоростью, то на элементарный отрезок рабочей поверхности dl действует нормальная сила давления почвы q и сила трения F .

Для решения задачи используем метод вариационного исчисления. Основной метод вычисления различных вариационных задач сводится к решению дифференциального уравнения или системы дифференциальных уравнений Эйлера [21, 22]. Для решения дифференциальных уравнений используются численные методы, которые решаются с помощью электронно-вычислительной техники. А при усложнении задачи необходимо проводить громоздкие преобразования, что создает трудности при составлении дифференциальных уравнений Эйлера. Поэтому при решении задач

земледельческой механики получение и решение уравнений Эйлера трудоемки [20].

В связи с трудоемкостью решения данного рода уравнений возникает необходимость использования прямых методов вариационного исчисления. Прямые методы дают возможность отыскать необходимую кривую при построении последовательных приближений к ней. Это позволяет свести решения задачи об экстремуме функционала к экстремуму функции с использованием метода Ритца.

Для определения функции, а следовательно и функционала, достаточно задать бесконечную последовательность коэффициентов C_1, C_2, \dots, C_n . Если последовательность обеспечивает функционалу минимум, она называется минимизирующей последовательностью. Быстрота сходимости последней к некоторой функции будет чаще всего зависеть только от удачно или неудачно выбранного правила построения последовательности. Метод Ритца заключается в том, что значение функционала рассматривается на возможных линейных комбинациях выбранных функций с постоянными коэффициентами, составленными из первых членов последовательности.

Выделяем на рабочей поверхности наральника элементарный участок dl , на который воздействует сила нормального давления почвы q и сила трения почвы о поверхность наральника F . Тогда элементарная сила сопротивления движению наральника определяется по формуле

$$dR_x = q \cdot \sin \alpha \cdot dl + F \cdot \cos \alpha \cdot dl, \quad (1)$$

где q – элементарное нормальное давление почвы на рабочую поверхность наральника;

F – элементарная сила трения между наральником и почвой;

dl – элементарная длина выделенного участка на наральнике;

α – угол наклона касательной к профилю наральника на элементарном участке и осью координат.

Если уравнения искомого профиля записать в общем виде, то получим уравнение

$$Z = f(x).$$

Общеизвестно, что тангенс угла наклона касательной к искомому профилю наральника и осью координат OX определить по формуле

$$Z' = \frac{dZ}{dx},$$

а косинус и синус угла выразить через тангенс угла, соответственно получим

$$\sin \alpha = \frac{Z'}{\sqrt{1+(Z')^2}}; \quad \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+(Z')^2}},$$

то уравнение (1) запишется

$$dR_x = q \frac{Z'}{\sqrt{1+(Z')^2}} dl + F \frac{1}{\sqrt{1+(Z')^2}} dl, \quad (2)$$

С учетом того, что

$$F = q \cdot f,$$

где f – коэффициент трения почвы по металлу наральника, а

$$dl = \sqrt{(dx)^2 + (dZ)^2} = dx \sqrt{1+(Z')^2},$$

уравнение (2) запишется

$$dR_x = q(Z' + f) dx. \quad (3)$$

Исходя из того, что в результате проведения экспериментальных исследований [23] определены зависимости для вычисления удельного давления почвы на наральник

$$q = a_1 Z^{a_2}, \quad (4)$$

где a_1, a_2 – постоянные коэффициенты.

Для черноземных почв показатели среднего механического состава соответственно составляют $a_1 = 1,31 \text{ Н/м}^2$, $a_2 = 1,081 \text{ Н/м}^2$. Значения коэффициентов определены экспериментальным путём для черноземных почв.

После подстановки уравнения (4) в уравнение (3) и интегрирования уравнения (3) получим энергетический функционал работы наральника

$$R_x = a_1 \int_0^{x_k} Z^{a_2} (Z' + f) dx, \quad (5)$$

где x_k – координата конечной точки наральника.

Ставим задачу: среди семейства кривых, которые проходят через предельные точки $Z(X_0)=0$ и $Z(X_k)=Z_k$, выходят из начальной

точки под углом a_0 и проходят в конечную точку под углом a_k , найти кривую, которая описывает профиль наральника минимальной энергоёмкости, то есть обеспечивает экстремум функционала.

Для решения задачи воспользуемся методом прямого вариационного исчисления, который позволяет задачу определения экстремума функционала перевести в задачу нахождения экстремума функции. Задаем уравнение кривой профиля наральника, которая удовлетворяет граничным условиям

$$Z = Z'_0 X + \frac{3Z_k - X_k(Z'_k - 2Z'_0)}{X_k^2} X^2 + \frac{(Z'_k + Z'_0)X_k - 2Z_k}{X_k^3} X^3 +$$

$$+ (X_k - X)^2 (C_1 X + C_2 X^2),$$

где C_1 и C_2 – искомые коэффициенты;

Z'_0 и Z'_k – тангенсы углов наклона касательных к профильной линии наральника;

X_k ; Z_k – координаты конечной точки кривой, описывающей профиль наральника.

Первая производная по уравнению (6) имеет вид

$$Z' = Z'_0 + 2X \frac{3Z_k - X_k(Z'_k + 2Z'_0)}{X_k^2} + \frac{(Z'_k + Z'_0)X_k - 2Z_k}{X_k^3} 3X^2 +$$

$$+ 2(X - X_k)(C_1 X^2 + C_2 X^3) + (X - X_k)^2 (2C_1 X + 3C_2 X^2).$$

Подставив уравнения (6) и (7) в функционал (5), получим функцию для определения тягового сопротивления наральника

$$R_x = a_1 \int_0^{x_k} \left[Z'_0 X \frac{3Z_k - X_k(Z'_k - 2Z'_0)}{X_k} X^2 + \frac{(Z'_k + Z'_0)X_k - 2Z_k}{X_k^3} X^3 + \right. \\ \left. + (X_k - X)(C_1 X + C_2 X^2) \right]^{a_2} \cdot \left[Z'_0 + 2X \frac{3Z_k - X_k(Z'_k + 2Z'_0)}{X_k^2} + \right. \\ \left. + \frac{(Z'_k + Z'_0)X_k}{X_k^3} 3X^2 + 2(X - X_k)(C_1 X^2 + C_2 X^3) + \right. \\ \left. + (X - X_k)^2 (2C_1 X + 3C_2 X^2) + f \right] dx.$$

В задачу исследований входит определение соответственно в начальной и конечной точках значений постоянных

коэффициентов C_1 и C_2 таким образом, чтобы они обеспечили минимум функции (8).

Определив частные производные (8) по C_1 и C_2 и приравняв их к нулю, получим систему уравнений, решение которой позволит найти значение искомым коэффициентов

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_1} = a_1 \int_0^{x_k} \left\{ a_2 Z^{a_2-1} \frac{\partial Z}{\partial C_1} (Z' + f) + Z^{a_2} \frac{\partial Z'}{\partial C_1} \right\} dx = 0,$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_2} = a_1 \int_0^{x_k} \left\{ a_2 Z^{a_2-1} \frac{\partial Z}{\partial C_2} (Z' + f) + Z^{a_2} \frac{\partial Z'}{\partial C_2} \right\} dx = 0, \quad (9)$$

где

$$\frac{\partial Z}{\partial C_1} = X^2(X - X_k),$$

$$\frac{\partial Z'}{\partial C_1} = 2(X - X_k)X^2 + 2(X - X_k)^2 X,$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_2} = (X - X_k)^2 X^2,$$

$$\frac{\partial Z'}{\partial C_2} = 2(X - X_k)X^3 + 3(X - X_k)^2 X^2.$$

Систему уравнений (9) решали численным методом по отношению искомым коэффициентов C_1 и C_2 с использованием персонального компьютера. Для расчета применяли: $F = 0,5$, $X_0 = 0$, $X_k = 0,18$ m, $Z_0 = 0$, $Z_k = 0,085$ m, $Z'_0 = \text{tg } 15^\circ$, $Z'_k = \text{tg } 25^\circ$. Найденные значения искомым коэффициентов C_1 и C_2 соответственно равняются $C_1 = -104,0088$; $C_2 = -3346,742$.

После подстановки значений полученных коэффициентов в уравнение (6) получим выражение, которое описывает профиль наральника стойки почвообрабатывающей машины минимальной энергоёмкости

$$Z = 0,2679X + 2,303X^2 - 6,489X^3 +$$

(10)

$$+0,0144(-104,0088X^2 - 3316,742X^3).$$

Кривая линия, построенная по уравнению (10), показывает форму наральника минимального тягового сопротивления (рис. 3).

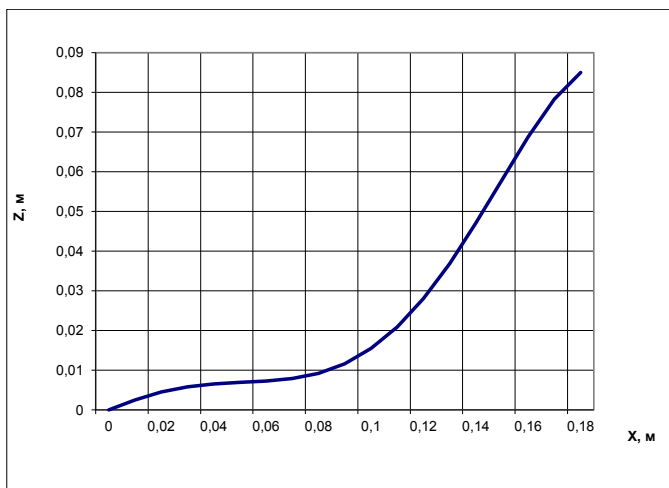


Рис. 3 – Обоснованная форма наральника

С целью определения достоверности результатов теоретических исследований были определены энергетические показатели работы наральника для подрезания и подъема почвы. Для этого был изготовлен наральник с профилем, обоснованным теоретическим путём, а для сравнения – с прямолинейным профилем.

Касательные к наральникам в начальных точках равнялись 26° , а в конечных точках совпадали с направлением стоек, проходящих за осью ротора рыхлительно-сепарирующего устройства.

На рис. 4 представлен общий вид наральников с прямым и теоретически обоснованным профилем.

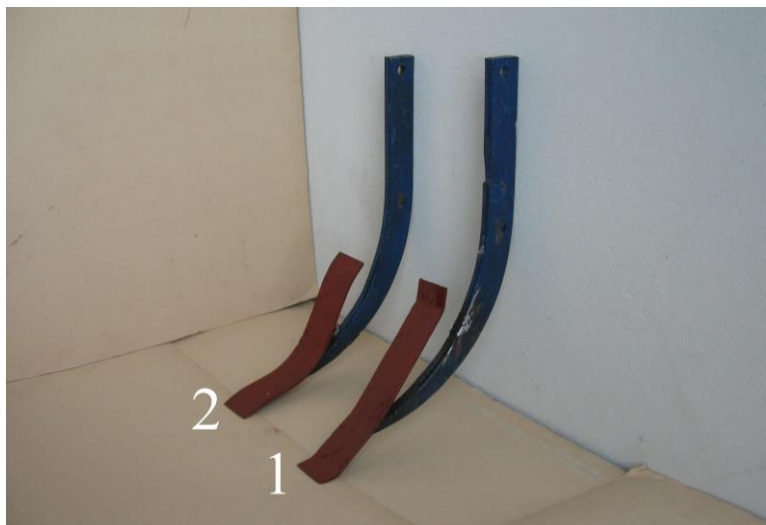


Рис. 4 – Наральники: 1 – с прямим профілем;
2 – с теоретически обоснованным профілем

Експерименты по определению тягового сопротивления наральника с прямым и теоретически обоснованным профилем проводили в почвенном канале при глубине обработки 0,11 м и влажностью почвы 17%. Скорость движения тензометрической тележки составляла 0,7 м/с. Данные о тяговом сопротивлении наральников с прямым и теоретически обоснованным профилями приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Тяговые сопротивления наральников, Н

Повторность	Тип наральника		% к наральнику прямого профиля
	прямого профиля	экспериментальный	
1	126,0	89,45	
2	142,5	75,65	
3	153,0	89,15	
4	135,0	89,35	
Среднее	139,5	85,3	38,7

Анализ данных таблицы показывает, что наральник с теоретически обоснованным профилем по сравнению с наральником прямого профиля имеет тяговое сопротивление на 38,7% меньше, что подтверждает достоверность результатов теоретических исследований.

Выводы. Обосновано, что теоретически форма наральника минимального тягового сопротивления для подрезания и подъема почвы имеет вид – рис. 3. Доказано, что наральник с теоретически обоснованным профилем имеет меньшее тяговое сопротивление по сравнению с наральником прямого профиля.

Литература.

1. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины. // Сельское хозяйство. – 2017. – № 1. – С.48–55. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.1.22037. URL: http://e-notabene.ru/sh/article_22037.html

2. Бабицкий Л.Ф. Механіко-біонічні основи багатоконтактно-ударної дії протиерозійних робочих органів на ґрунт: Автореф. дис ... док. техн. наук. – Сімферополь, 1994. – 39 с.

3. Кушнарєв А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарєв, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 140 с.

4. Быстров М.П. Распределение сил нормального давления на передней части корпуса плуга // Проектирование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. статей. – Ростов-на-Дону. – С. 25–33.

5. Василенко П.М. Применение методов вариационного исчисления к решению некоторых задач земледельческой механики // Труды КСХИ. Т. VI. – 1953.

6. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. – Л., 1949. – С. 856.

7. Временные нормы выработки и расхода топлива при использовании тракторов Т–150К и МТЗ–80 на обработке почвы, посевах, посадке и уходе за посевами зерновых и пропашных культур // Сельскохозяйственная экспресс-информация. – М. 1977. – № 27. – 46 с.

8. Кирюхин В.Г. Исследование чизельных рабочих органов с наклонными и параболическими в поперечной плоскости стойками для основной безотвальной обработки почвы / В.Г. Кирюхин, Д.А. Тряпицын // Совершенствование рабочих

органов почвообробляючих и уборочных машин: Сб. науч. тр. МИИСП. – М., 1968. – С. 36–40.

9. Ревуг И.Б. Физика почв. Л., 1972.

10. Шанина З.М. Исследование и обоснование параметров зубчатых рабочих органов для мелкой обработки почвы в условиях юга УССР: Автореф. дис ... канд. техн. наук. – Харьков, 1987. – 18 с.

11. Контактная задача в теории взаимодействия рабочих органов сельскохозяйственных машин с материалами / Бауков А.В., Кушнарев А.С., Бабицкий Л.Ф., Рожнов П.Н. // Аналитические и графические методы рационального конструирования поверхности рабочих органов почвообробляючих машин: Науч. тр. УСХА. Вып. 165. Киев, 1975.

12. Ветохин В.И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы: Автореф. дис ... канд. техн. наук./ ВИСХОМ. – М., 1992. – 24 с.

13. Василенко П.М. Культиваторы / Василенко П.М., Бабий П.Т.. – Киев, 1961. – 240 с.

14. Третьяк В.П. Влияние формы рабочих органов, движущихся в почве, на тяговое сопротивление // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Респ. межвед. тем. науч.-техн. сб. Вып. 8. "Механизация обработки почвы и внесения удобрений". – Киев, 1967. – С. 18–28.

15. Третьяк В.П. О влиянии формы деформатора, движущегося в почве, на его тяговое сопротивление // Материалы науч.-техн. совета. Вып. 19. – С. 203–209.

16. Короткевич П.С. О влиянии формы лезвия на сопротивление почвы резанию // Материалы науч.-техн. совета. – М., 1965. – Вып. 19. – С. 210–218.

17. Короткевич П.С. О влиянии формы лезвия ножа на сопротивление подрезанию пласта при обработке почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Респ. межвед. тем. науч.-техн. сб. «Механизация обработки почвы и внесения удобрений». – Киев, 1967. – Вып. 8. – С. 13–17.

18. Сторчак С.В., Магдалюк П.П. Обоснование параметров рыхлительных лап для обработки междурядий пропашных культур // Пути увеличения продуктивности полей. – Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 34–37.

19. Нефедов Б.А., Флайшер Н.М. Изыскание профильной линии рабочего органа минимальной энергоемкости // Теория и расчет почвообробляючих машин: Сб. науч. тр. ВИМ. – М., 1989. – Т. 120. – С. 180–198.

20. Пашенко В.Ф. Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий: монография / В.Ф. Пашенко / Харьк. гос. аграр. ун-т им. В.В. Докучаева. – Х., 1994. – 134 с.

21. Пашенко В.Ф. Механико-технологические средства эколого-эко-номического усовершенствования процессов обработки почвы: дис. ... д-ра техн. наук / Пашенко Владимир Филимонович. – Х., 2005. – 335 с.

22. Смирнов В.И. Вариационное исчисление / В.И. Смирнов, В.И. Крылов, Л.В. Канторович. – Л., 1933. – 204 с.

23. Пашенко В.Ф. Снижение энергоемкости комбинированной машины для обработки почвы и посева / В.Ф. Пашенко, М.И. Онишко // Механизация и электрификация сел. хоз-ва: сб. науч. тр. УНИИМЭСХ. – Вып. 70. – К., 1989. – С. 17–20.

УДК 631.3:621:695:553:973(043.3)

©С.М. Хомич к.т.н., І.Є. Цизь, к.т.н., Крочук М.О.

Луцький національний технічний університет

Стецюк А.М.

Ковельський промислово-економічний коледж

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАПІЛЬОНАЖНОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМАТИЧНОГО ДОБУВАННЯ САПРОПЕЛІВ

У статті представлено результати експериментальних досліджень продуктивності забірної пристрою при папільонажному способі добування озерних сапропелів

САПРОПЕЛЬ, ЗАБІРНИЙ ПРИСТРІЙ, ТИСК, КОРПУС, ПОВІТРЯ, ОЗЕРО, СОПЛО, ЗМІШУВАЧ, ГЕОТУБ, ПЛАВЗАСІБ ПРОДУКТИВНІСТЬ.

Постановка проблеми. Серед відомих засобів для добування сапропелю незначна частина припадає на ті, які здатні добувати сапропель природної вологості та не порушувати екосистеми озера. Проте такі пристрої перебувають лише на стадії розробок та дослідження і у більшості випадків є метало та енергоощадними [1, 2]. А ті засоби, які знайшли застосування у промислових умовах насичують поклади

вологою несуть за собою великі енергозатрати та шкодять навколишньому середовищу [3, 4]. Все це в свою чергу негативно відображається на подальшій переробці сировини та шкодить екосистемі водним об'єктам.

Придатний стан сапропелю, як сировини для формування добрив визначається його абсолютною вологістю яка повинна бути не більшою 80% та вмістом органічної речовини від 30% і більше. Для зменшення додаткових затрат на зневоднення сапропелю необхідно добувати поклади природної вологості приблизно 90-94%, а також за можливістю зневоднювати їх під час добування, або складувати в геотуби для природного зневоднення. Тому на сьогоднішній день гостро стоїть питання зниження енергетичних витрат на отримання сапропелевої сировини шляхом добування покладів природної вологості альтернативними засобами і методами добування з врахуванням еконаслідків.

Аналіз останніх досліджень. Питанням добування сапропелю займалися як в Україні так і за кордоном. [1...7].

Загалом засоби для добування сапропелю можна поділити в залежності від робочого органу на механічні і гідромеханічні. Також застосовуються пневматичні або вакуумні насоси. А найбільш розповсюджені способи добування сапропелю з під води це – гідравлічний, грейферний, екскаваторний, скреперний, шнековий, пневматичний, вакуумний та комбінований.

Перевагою даних способів є висока всмоктуюча здатність і продуктивність, в окремих можливість добування сировини природної вологості навіть без попереднього розрихлення, розробка може проводитись на значних глибинах.

Та екологи до недоліків відносять в більшості весь робочий процес таких машин, оскільки відбувається знехтування правилами екобезпеки, адже грейферний, екскаваторний, скреперний способи приводять до значного збовтування водою встановлення масштабних полів фільтрації, та не забезпечують потрібні вимоги до добутої сировини, бо мають обмежену глибину добування та добувають поверхневі поклади. Також дані машини є металоемкими і великогабаритними, несуть значні енергетичні витрати з врахуванням трудомістких підготовчих і обслуговуючих робіт.

Метою роботи є розробка конструкції пневматичного змішувача забірною пристрою та дослідження його продуктивності при папілонажному способі добування сапропелю природної вологості з середнього шару родовища.

Результати досліджень. Для добування сапропелю розроблена та виготовлена експериментальна модель змішувача забірною пристрою

із пневматичним робочим органом який здатний добувати поклади збільшивши ширину захвату за рахунок папілонажного способу розробки (робочий орган попеременно переміщається зліва направо і навпаки та вперед рис. 1). Забірний пристрій є двох порожнинний та забезпечує траншейну розробку покладів з під шару, має просту конструкцію та малі енергетичні затрати на добування сапропелів і високу ефективність виконання технологічного процесу. Забезпечує рівномірну розробку пластів покладів озерного сапропелю при збільшеній ширині захвату та унеможливорює спричинення негативних екологічних наслідків на навколишнє середовище та водний об'єкт .[8].

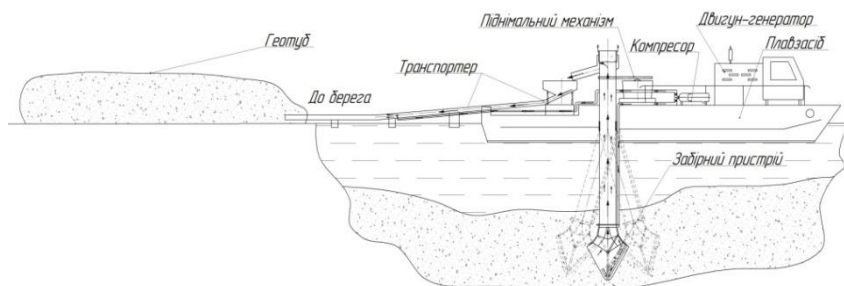


Рис.1 – Схема пневматичного добування сапропелю папілонажним способом

Конструкція даного пневматичного змішувача забірною пристрою була випробувана на оз. Зяцьке Старовижівського району Волинської області. Висота водного дзеркала 1м.

Методика проведення експерименту передбачала занурення засобу в сапропель на глибину 4,5м. Забірний пристрій ч мав наступні вихідні параметри площу вхідного отвору змішувача однієї порожнини $0,12\text{м}^2$, висоту $0,45\text{м}$. діаметр піднімального трубопроводу $0,05\text{м}$. Напірні кільцеві повітропроводи оснащувались соплами у кількості 10 з вихідними отворами, які змінювали по діаметру від $0,1\text{мм}$ до $0,24\text{мм}$. З кроком у $0,02\text{мм}$. Загальна висота забірною пристрою становила 6м ., а кут відхилення пристрою від вертикалі становив 25° . Для фіксації плавзасобу використовували опорні сваї.

Після занурення пристрою у поклади від компресора подавалось стиснуте повітря змінних параметрів $p=200\dots600\text{кПа}$, і при усталеному режимі роботи починали відлік часу 1хв. За даний проміжок часу пристрій відхилявся від вертикалі праворуч та ліворуч один раз, цим вважали що він зробив один повний хід. Прямі затрати 1 год. роботи

становили 140грн. В процесі виконання дослідів велись візуальні спостереження за збовтуванням та забрудненням води.

За зведеними отриманими результатами побудовано графічні залежності продуктивності пристрою від діаметру вихідних сопел та тиску повітря (рис. 2.).

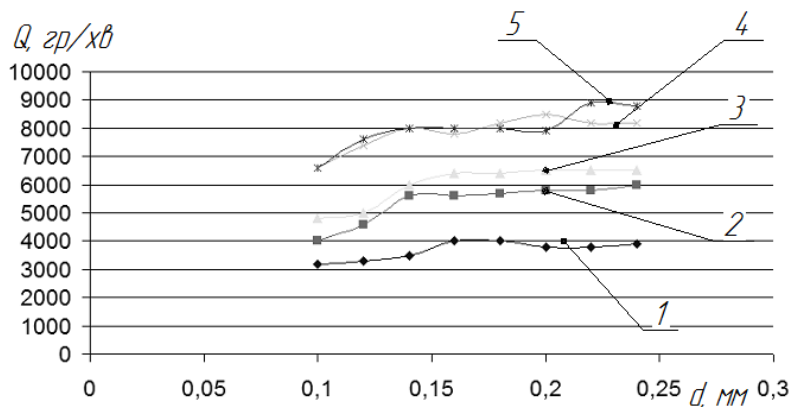


Рис. 2 – Залежність продуктивності пневматичного забірного пристрою за папільонажного способу розробки сапропелів від діаметру вихідних сопел при тиску подачі повітря: 1 – $P=200кПа$; 2 – $P=300кПа$; 3 – $P=400кПа$; 4 – $P=500кПа$; 5 – $P=600кПа$

Висновки. Таким чином проведені експериментальні дослідження розроблюваної конструкції змішувача забірного пристрою задовольнили очікуваний результат. Дана лабораторна установка зарекомендувала себе як еколого та енергоощадна. Встановлено, що на продуктивність пристрою має вплив збільшений тиск, а вихідні діаметри сопел напірного повітропроводу можуть становити 0,18...0,22мм.

Література

1. Пат. 39044 Україна, МПК E02F 3/08. Забірний пристрій/ Цизь І.Є., Хомич С.М.; заявник та патентовласник Луцький НТУ. – №u200810917; заявл. 05.09.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. №2.
2. Пат. 51535 Україна, E02F 3/08. Забірний пристрій / Хомич С.М., Цизь І.Є.; заявник і патентовласник Луцький НТУ. – №u200913475; заявл. 24.12.2009 опубл. 26.07.2010, Бюл. №14.
3. Технические характеристики и принципы работы ПКН [Электронной ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pneuma.lv>

4. [Технология добычи и переработки сапропеля](http://z.mz.ua/tehnologii-primeneniya/tehnologiya-dobychi-i-pererabotki-sapropelya) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://z.mz.ua/tehnologii-primeneniya/tehnologiya-dobychi-i-pererabotki-sapropelya>

5. Дослідження добування озерного сапропелю з-під шару води та його використання під час виробництва органічних добрив [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agrmash.info/zb/29/23.pdf>

6. Булік Ю.В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Булік Юрій Володимирович. – Луцьк, 2005. – 135 с.

7. [Патентный поиск РФ новые патенты, заявки на патент](http://www.freepatent.ru/MPK/E/E02/E02F/E02F3/E02F388)библиотека патентов на изобретения [Электронной ресурс]. Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/MPK/E/E02/E02F/E02F3/E02F388>.

8. Пат. 124535 Україна, МПК E02F 3/08. Забірний пристрій/ Хомич С.М.; Цизь І.С., Павлік В.А., Крочук М.О., заявник та патентовласник Луцький НТУ. – №u201711384; заявл. 20.11.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. №7.

УДК 631.331

©М.С. Шведик, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ПРИСМОКТУВАННЯ НАСІНИНИ ДО КОМІРЧИНИ ВИСІВНОГО ЕЛЕМЕНТА З НАХИЛЕНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ В МОМЕНТ ЇЇ ПРОХОДЖЕННЯ ЧЕРЕЗ НАЙВИЩУ ТОКУ ТРАЄКТОРІЇ

У статті наведено схему пневматичного апарата з нахиленим під кутом висівним елементом і розміщеними на його нижній основі комірчинами та схему сил, що діють на насінину в суцільному зерновому шарі в момент її проходження через найвищу точку розміщену на коловій траєкторії. На основі аналізу цих сил складено умову їх рівноваги і отримано відповідну аналітичну залежність сили присмоктування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання, як від конструктивно-

технологічних параметрів (γ , a , R , ω , h) висівного елемента, так і фізико-механічних властивостей (m , r , l , f , ε , ρ) самого насіння. Отримана залежність дає можливість з достатньою точністю визначити значення сили присмокування насіння до комірчин висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент їх проходження через найвищу точку розміщену на колівій траєкторії, що сприятиме в подальшій його розробці.

ВИСІВНИЙ ЕЛЕМЕНТ, НАХИЛЕНА ВІСЬ, КОМІРЧИНА, НАСІНИНА, ЗЕРНОВИЙ ШАР, ТИСК, БІЧНИЙ ТИСК, СИЛА, ЛОБОВИЙ ОПІР, ТЕРТЯ, ТРАЄКТОРІЯ, ПРИСМОКТУВАННЯ

Постановка проблеми. В сучасних умовах економічного розвитку України для всіх сільськогосподарських підприємств головною задачею є підвищення врожайності зернових колосових культур. Одним з шляхів її ефективного вирішення є впровадження точного висіву насіння, який завдяки рівномірному розміщенню рослин по площі поля забезпечує їм найбільш оптимальні умови для росту і розвитку [1,2]. Для його реалізації запропоновано різні конструкції пневматичних апаратів з централізованим висівом [2,3,4,5,6], принцип роботи яких ґрунтується на поодиначному присмоктуванні насіння до комірчин висівного елемента в зоні забору і їх виносу в зону висіву. При цьому установка по середині сівалки одного або двох висівних апаратів забезпечує ширину висіву, яка перевищує їхню довжину в кілька разів.

Серед таких апаратів заслуговує уваги пневматичний апарат з нахиленою віссю обертання висівного елемента [7], що дає можливість здійснювати одночасний висів насіння в три групи сошників розміщених з лівої і правої сторони сівалки та по її центру. Таке конструктивне рішення забезпечує зручний і легкий доступ до насіннепроводів розміщених в зоні розвантаження комірчок висівного елемента під час його обслуговування. Однак саме такий апарат виявився найменш дослідженим з усіх відомих типів, що стримує подальші його розробки і не сприяє впровадженню у виробництво. При цьому очевидним є те, що умови для переміщення насіння в зерновому шарі в різних точках колівій траєкторії, розміщеній в площині нахиленій під кутом γ до горизонту, будуть значно відрізнятися і їх необхідно визначити саме в цих точках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел приурочених питанням теорії пневматичних висівних апаратів [3,4,5,6,8] показує, що вони є достатньо вивчені. Встановлено, що основним параметром, який впливає на якість

однозернового відбору і виносу насіння в зону висіву, є сила присмокування. Однак всі теоретичні положення, що стосуються присмокування насінини до комірчини, ґрунтуються на переміщенні насінини по колу розміщеному у вертикальній або у горизонтальній площинах і не можуть бути в повній мірі застосовані до визначення сили присмокування насінини до комірчини, яка рухається по колу розміщеному в площині нахиленій під кутом γ до горизонту.

Метою дослідження є отримання аналітичної залежності для визначення сили присмокування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент проходження через найвищу точку траєкторії руху.

Результати дослідження. Для того щоб визначити значення сили присмокування насінини до комірчини в момент проходження через найвищу точку розміщену на коловій траєкторії в площині нахиленій під кутом до горизонту, необхідно розглянути схему сил, що діють на насінину саме в цей момент і скласти умову рівноваги цих сил, з якої можна буде отримати відповідну аналітичну залежність.

На рис. 1 наведено схему висівного апарата з нахиленим під кутом висівним елементом 1 і розміщеними на його нижній основі комірчинами 2. Бункер 3 заповнений зерном, яке утворює суцільний зерновий шар 4. З наведеної схеми видно, що на насінину розміщену в комірчині зі сторони суцільного зернового шару в горизонтальному напрямку буде діяти сила викликана бічним тиском σ_B , а знизу вертикально вгору – сила викликана вторинним бічним тиском σ_{BB} , які позначимо відповідно символами T і Q . Ці сили сприяють входженню насінини в комірчину висівного елемента, а їх рівнодійна R притискує насінину до комірчини. За результатами наших досліджень [9] значення цих сил визначаються за формулами:

$$T = P_{БП} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot (1 + \sin \gamma), \quad (1)$$

$$Q = P_{БП} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon^2 \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot (1 + \cos \gamma), \quad (2)$$

$$R = \sqrt{T+Q} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2}, \quad (3)$$

де $\pi = 3,14$; r – половина ширина насінини;

l – довжина насінини;

ξ' – коефіцієнт бічного розпирання;

n' – коефіцієнт, що враховує вертикальні сили тертя насіння об стінки бункера (коефіцієнт зависання); для неглибокого бункера $n' = 1$;

K_0 – поправний коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження;

ρ – насипна щільність насіння;

g – прискорення вільного падіння;

h – глибина розміщення точки прикладання тиску під шаром насіння.

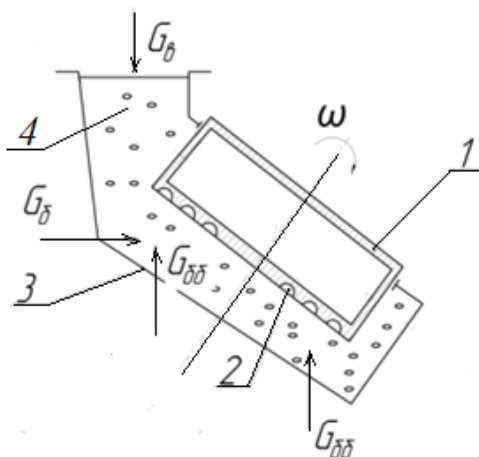


Рис.1 – Схема висівного апарата з нахиленою віссю обертання висівного елемента

Для того, щоб вияснити дію всіх сил на насінину розміщену в комірчині в момент проходження через найвищу точку колової траєкторії, вважаємо, що центр комірчини і насінини співпадають і лежать на прямій, яка проходить вздовж нижньої поверхні дика. Проведемо через спільний центр насінини і комірчини систему координат XYZ, рис.2, і покажемо напрям дії вищезазначених сил.

Під час обертання висівного елемента різко зростає навантаження на задню штовхаючу стінку комірчини під дією якого виникає рівна за величиною але протилежно направлена нормальна сила M . Ця сила для напівсферичної комірчини за даними [8] направлена під кутом α до перпендикуляра опущеного до хорди, що стягує кінцеві точки комірчини.

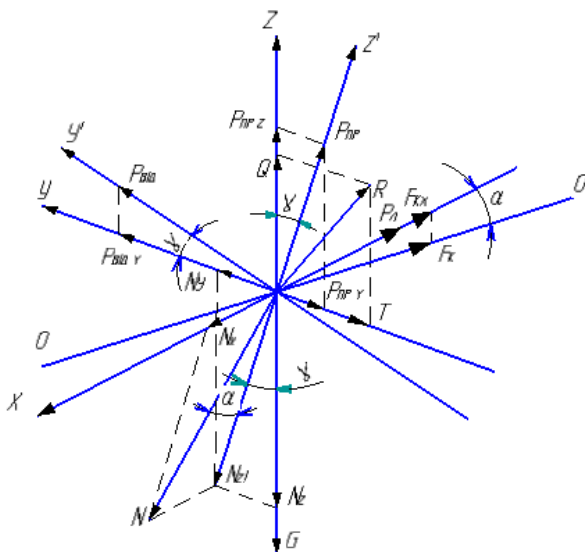


Рис.2 – Схема сил, що діють на насініну розміщену в комірчині висівного елемента з нахилоною віссю обертання під час проходження через найвищу точку траєкторії

Оскільки задній кінець насініни постійно притискується до стінки комірчини, в той час як передній може перебувати без навантаження, то в такому випадку виникає не стійке положення і передній кінець насініни відірветься від комірчини. Як наслідок під тиском інших насінін вона може повністю відірватись і виштовхнутись з комірчини. При цьому сила ваги G , яка діє вниз вздовж осі Z , також намагається її відірвати від комірчини. Це є однією з причин, що призводять до висіву насіння з пропуском. Щоб цього не сталось у пневматичних висівних апаратах насіння утримується в комірчинах за рахунок присмоктувальної сили. Цю силу можна визначити з умови рівноваги сил, що діють на насініну. Для цього розкладемо силу присмоктування, яку позначимо символом P_{PP} , на дві складові – горизонтальну P_{PPY} і вертикальну P_{PPZ} та визначимо їх значення. Напрямок дії присмоктувальної сили завжди співпадає з напрямком каналу комірчини, а оскільки він виконаний перпендикулярно до основи висівного елемента нахилоного під кутом γ , то на основі взаємоперпендикулярності сторін трикутників видно, що:

$$P_{PPZ} = P_{PP} \cdot \cos \gamma \quad (4)$$

$$P_{PPY} = P_{PP} \cdot \sin \gamma . \quad (5)$$

Аналогічним чином розкладемо нормальну силу N також на дві складові – горизонтальну N_X і вертикальну N_Z , і визначимо їх значення:

$$N_X = N \cdot \sin \alpha , \quad (6)$$

$$N_Y = N_Z \cdot \sin \gamma .$$

З схеми видно, що $N_Z = N_Z' \cdot \cos \gamma$, а $N_Z' = N \cdot \cos \alpha$, то

$$N_Z = N \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma \quad (7)$$

і останній вираз набуде вигляду:

$$N_Y = N \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma . \quad (8)$$

Рівнодійна R сил T і Q під час переміщення насінини заднім кінцем по стінці комірчини викликає силу тертя F_K , яка діє по прямій $O-O$ відхиленій від осі X на кут α :

$$F_K = f \cdot R,$$

де f – кут тертя насінини об стінку комірчини.

З рис.2 видно, що проекцію F_{KY} сили F_K на вісь X можна визначити за формулою:

$$F_{KX} = F_K \cdot \cos \alpha , \quad (9)$$

яка з врахуванням виразу (3) набуде вигляду:

$$F_{KX} = \frac{1}{2} f \cdot \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_D \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos \alpha \times \\ \times \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2} . \quad (10)$$

Вздовж осі Y діє відцентрова сила $P_{ВД}$, яка намагається виштовхнути насінину з комірчини, але їй протидіє сила лобового опору, що визначається за формулою [9]:

$$P_L = P_B = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_D \cdot \rho \cdot g \cdot h . \quad (11)$$

Таким чином всі сили, що діють на насінину по осях координатної системи XYZ визначені. Отже, умову рівноваги сил можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} \sum P(x) &= 0; & N_X - P_L - F_{KX} &= 0; \\ \sum P(y) &= 0; & -P_{ВДY} - N_Y + P_{PPY} + T &= 0; \\ \sum P(z) &= 0; & P_{PPZ} + Q - N_Z - G &= 0. \end{aligned}$$

З урахуванням останніх рівнянь та виразів (4), (5), (6), (7), (8) і того, що $P_{ВД\gamma} = P_{ВД} \cdot \cos \gamma$, умову рівноваги сил можна записати у вигляді системи трьох рівнянь:

$$\begin{cases} N \cdot \sin \alpha - P_{Л} - F_{КХ} = 0; \\ -P_{ВД} \cdot \cos \gamma - N \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma + P_{ПР} \cdot \sin \gamma + T = 0; \\ P_{ПР} \cdot \cos \gamma + Q - N \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma - G = 0. \end{cases}$$

Перше рівняння даної системи можна записати в такому вигляді:

$$N = \frac{P_{Л} + F_{КХ}}{\sin \alpha} \quad (12)$$

і підставивши в третє рівняння системи замість N вираз (12) прийдемо до системи з двома рівняннями і одним невідомим:

$$\begin{cases} -P_{ВД} \cdot \cos \gamma - \frac{P_{Л} + F_{КХ}}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma + P_{ПР} \cdot \sin \gamma + T = 0; \\ P_{ПР} \cdot \cos \gamma + Q - \frac{P_{Л} + F_{КХ}}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma - G = 0. \end{cases}$$

Прирівнюючи між собою дані рівняння і підставивши замість T , Q , $F_{КХ}$ і $P_{Л}$ вирази (1), (2), (10) і (11) та враховуючи те, що $G = mg$, а $P_{ВД} = m\omega^2 R$ після деяких спрощень отримаємо залежність сили присмокування насінини до комірчини від конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата з нахиленою віссю обертання для комірчки під час її проходження через найвищу точку траєкторії:

$$P_{ПР} = \frac{1}{\cos \gamma - \sin \gamma} \left\{ \begin{aligned} & mg - m\omega^2 R \cdot \cos \gamma + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_{д} \cdot \rho \cdot g \cdot h \times \\ & \times \{ (1 + \sin \gamma) - \varepsilon \cdot (1 + \cos \gamma) + \\ & + [\frac{r}{l} + f \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2}] \} \times \\ & \times \cos \gamma \cdot c \operatorname{tg} \alpha \cdot (1 - \sin \gamma) \end{aligned} \right\}. \quad (13)$$

Висновки. Аналіз отриманого виразу показує, що сила присмокування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання під час її проходження через найвищу точку траєкторії залежить від конструктивних (γ , α , R) і технологічних (ω , h) параметрів висівного елемента та фізико-механічних (m , r , l , f , ε , ρ) властивостей насіння. Тому під час розробки таких висівних апаратів силу присмокування насіння до комірчин необхідно визначати з врахуванням зазначених як

конструктивно-технологічних параметрів висівного елемента, так і фізико-механічних властивостей самого насіння.

Таким чином на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що отримана аналітична залежність (13) дає можливість з достатньою точністю визначити значення сили присмокування насіння до комірок висівного елемента з нахилою віссю обертання в момент проходження через найвищу точку колової траєкторії.

Література

1. Гудзь В.П. Агробиологическое обоснование точного посева интенсивных сортов озимой пшеницы. - В кн.: Точный посев зерновых и пропашных культур. - М.: ВИСХОМ, 1984.-С. 11 - 15.

2. Погорілий Л.В. Шведик М.С. Обґрунтування агротехнічних вимог щодо точного висіву зерна колосових культур і технічних засобів для його здійснення. Журнал. Вісник с.-г. науки. Київ: – 1992. – №7. – с. 40-44.

3. Пневматические сеялки: конструирование и расчет. С.А. Мартиненко, Л.Г. Мащишена, Л.В. Погорельый, Г.Я. Штыльфус, В.М. Шумейко. Под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1992. – 224с.

4. Бузенков Г.М., Ма С.А. машины для посева сельскохозяйств-венных культур. М., "Машиностроение", 1976, - 272с.

5. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты.- Кишинев,- Штинца.-1984. - 392 с.

6. Ивко Г.А. 1986. Рабочий процесс и обоснование параметров пневматического высевашего аппарата для однозернового высева семян пшеницы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Волгоградский сельхозинститут.- 20с.

7. А.с. №1256706 (СССР). Пневматический высеваший аппарат. Иваница С.К., Беляев Е.А., Гусев В.М., Кузнецов Б.Ф. и др. Б.И. №34., 1988.

8. Погорельый Л.В., Шведик Н.С. Обоснование параметров пневматического высевашего аппарата для точного посева зерновых культур. Журнал. Техника в сельском хозяйстве. – Москва, Колос: 1993 – № 5 – 6. – с. 16-18.

9. Шведик М.С. Визначення сил спричинених тиском зернового шару на насінину розміщену в комірині висівного елемента. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. № 36 – Луцьк: ред. – вид. відділ Луцького НТУ, 2017. с. –162-168.

УДК 631.358

© С.Ф. Юхимчук, к.т.н., Л.М. Дацюк, к.т.н., С.В. Синій, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА КАРТОПЛЕРІЗКИ

У статті поданий опис конструкції картоплерізки для різання насінневого матеріалу картоплі і дано обґрунтування її основних параметрів.

Постановка проблеми. Для збільшення насінневого матеріалу при садінні картоплі використовують всю продукцію насінневої ділянки, а не тільки бульби насінневої фракції. Єдиним шляхом, який дозволяє використовувати на насінневі цілі крупні бульби є різка їх на частини. Інколи ріжуть до 40 % і більше картоплі загальної потреби в насінному матеріалі. У більшості випадків цей трудомісткий процес виконують вручну, що призводить до великих затрат праці (від 25 до 30 люд.-год/га).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тепер в багатьох господарствах цей процес механізовано за допомогою пристроїв, створених умільцями-механізаторами господарств [1]. Вітчизняна промисловість поки що не виготовляє машин або пристроїв для механізації різання насінних бульб.

Тому **метою дослідження** є розробка машини для різання картоплі, яка б мала просту будову, була б зручною в експлуатації і задовольняла всі агровимоги до різання бульб, щоб її можна було б впровадити в серійне виробництво. В даній статті обґрунтовуються параметри такої картоплерізки.

Результати досліджень. Основними вузлами машини є рама, бункер, різальний апарат, стрічковий транспортер і привод. Різальний апарат складається із двох пневматичних балонів, що обертаються в протилежні напрямки, і нерухомо закріпленого ножа(рис.).

Принцип роботи машини наступний. Відсортована картопля великої та середньої фракції, транспортером картоплесортувалки КСП-15Б засипається в бункер картоплерізки. Пневматичні балони, що обертаються назустріч один одному, захоплюють бульби і затискаючи їх між собою, протягують перпендикулярно лезу ножа. При захопленні балонами картоплини орієнтуються так, що розріз відбувається вздовж картоплини – між балонами знаходиться менший переріз картоплини. За рахунок однакового тиску в балонах, картоплини вдавлюються в оболонку

балонів на однакову величину і розріз відбувається строго посередині. Після чого, розрізані половинки, спрямовані напрямними щитками, потрапляють на полотно стрічкового транспортера, яке переміщуючись скидає їх у транспортний засіб – тракторний причіп. Привід робочих органів здійснюється від електродвигуна ланцюговою передачею.

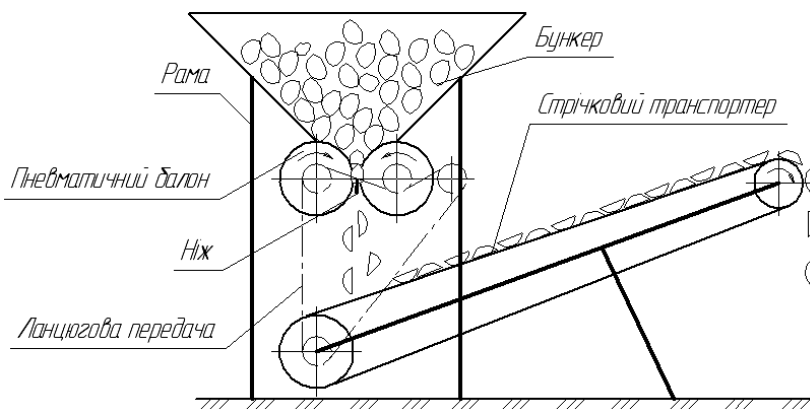


Рис. Схема картоплерізки

Обгрунтуємо необхідну продуктивність картоплерізки.

Як уже зазначалось картоплерізка взаємодіє з картоплесортувальним пунктом КСП-15Б, що має продуктивність за годину чистої роботи 15 т/год, та з причепом тракторним одноосним напівнавісним 1-ПТС-2Н вантажопідйомністю 2 т.

На сортувалці КСП-15Б йде розділення картоплі на ту що треба різати і на ту що не треба. Припустимо, що необхідно різати половину з усієї картоплі, що поступає на сортувалку, тобто 7,5 т/год. При коефіцієнті використання робочого часу $\tau = 0,8$ за годину необхідно порізати $7,5 \cdot 0,8 = 6$ т.

Крім цього потрібно врахувати, що для відвезення порізаної картоплі масою 6 т необхідно за 1 год поміняти або розвантажити 3 причепа 1-ПТС-3Н вантажопідйомністю 2 т. Під час заміни причепа картоплерізка виключається – не працює. Нехай на заміну одного причепа йде 5 хв, тобто за 1 год на заміну причепів буде витрачено 15 хв. Звідси видно, що картоплерізка за одну годину буде працювати $60 \cdot 0,8 - 15 = 33$ хв. Приймаємо, що коефіцієнт використання картоплерізка 0,9, тоді час роботи

картоплерізка за 1 год рівний $T_k = 30$ хв. Тобто за 0,5 год необхідно порізати 6 т картоплі – для забезпечення безперебійності роботи картоплерізальної лінії продуктивність картоплерізки має бути $W = 12$ т/год.

Виведемо формулу для визначення продуктивності картоплерізки.

При довжині пневматичного балона L і його радіусі R та кутовій швидкості ω за час t площа поверхні балона, що протягує бульби по лезу ножа становить $S = t \cdot \omega \cdot R \cdot L$.

Вважаючи, що картоплини круглого перерізу діаметром d_k при різанні розміщені одна біля одної так, що середини чотирьох сусідніх картоплин знаходяться по кутах куба із стороною

$2 \cdot \frac{d_k}{2} = d_k$, на площі S може розміститися така кількість картоплі

$n_k = \frac{S}{d_k^2} = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2}$. Формула для визначення об'єму кулі

наступна $V = \frac{\pi \cdot d_k^3}{6}$, тобто об'єм картоплини $V_k = \frac{\pi \cdot d_k^3}{6}$. Знаючи

густину картоплі ρ_k можна визначити можливу масу розрізаної за час t картоплі:

$$M = n_k \cdot m_k = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2} \cdot V_k \cdot \rho_k = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2} \cdot \frac{\pi \cdot d_k^3}{6} \cdot \rho_k = \frac{\pi}{6} \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot \omega \cdot R \cdot L$$

Для визначення продуктивності W потрібно M помножити на два коефіцієнти: k_1 - коефіцієнт об'ємного завантаження зони різання і k_2 - коефіцієнт пробуксовки картоплі по поверхні пневматичних балонів. Тоді формула продуктивності картоплерізка:

$$W = \frac{\pi}{6} \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot \omega \cdot R \cdot L \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ кг/с} \quad (1)$$

З цієї формули можна визначити кутову швидкість обертання пневматичних балонів:

$$\omega = \frac{6 \cdot W}{\pi \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot R \cdot L \cdot k_1 \cdot k_2}, \text{ с}^{-1} \quad (2)$$

Приймаємо d_k , знаючи, що, як правило, ріжуть крупні бульби масою $m_k = 80 \div 150$ г, при густині картоплин

$\rho_k = 1,04 \div 1,09 \text{ г/см}^3$ [2] (в розрахунках беремо $\rho_k = 1050 \text{ кг/м}^3$),
рівний $d_k = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot m_k}{\pi \cdot \rho_k}} = 5,25 \div 6,48 \text{ см}$. Беремо приведений діаметр

картоплі $d_k = 6 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$. Довжину і радіус пневматичного балона вибираємо по аналогії з пневматичним балоном картоплезбирального комбайна ККУ-2: $L = 1,3 \text{ м}$, $R = 0,15 \text{ м}$. При $W = 12 \text{ т/год} = 3,33 \text{ кг/с}$, $k_1 = 0,4$, $k_2 = 0,3$ і кутову швидкість обертання пневматичних балонів буде дорівнювати $\omega = 4,67 \text{ с}^{-1}$, а частота обертання балонів рівна: $n_b = 45 \text{ об./хв}$.

Визначимо геометричні параметри бункера картоплерізки. Для забезпечення найбільшої продуктивності картоплерізальної лінії необхідно, щоб під час заміни тракторного причепа і відключенні картоплерізки, картопля, що поступає із транспортера картоплесортувального пункту КПС-15Б накопичувалась в бункері картоплерізки. Для виконання цієї умови необхідно, щоб бункер

вміщав $\frac{7500 \text{ кг} \cdot 5 \text{ хв} \cdot 0,8}{60 \text{ хв}} = 500 \text{ кг}$ картоплі.

Розрахуємо об'єм цього бункера:

$$V_b = \frac{m}{\gamma} \cdot k_3, \quad (3)$$

де m – маса картоплі, що знаходиться в бункері, кг;
 γ – об'ємна вага картоплі, кг/м^3 , за [2] $\gamma = 640 \div 770 \text{ кг/м}^3$, беремо $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$;

k_3 - коефіцієнт запасу об'єму, $k_3 = 1,2$.

Тоді $V_b = 0,86 \text{ м}^3$.

Вважаючи, що бункер в поперечному перерізі має форму зрізаного трикутника, в якому менша основа рівна $a = 2 \cdot R + \Delta$, де R – радіус балона, $R = 0,15 \text{ м}$, Δ - відстань між балонами і деяке зміщення кінців бункера відносно центрів симетрії балонів, $\Delta = 0,04 \text{ м}$, $a = 2 \cdot 0,15 + 0,04 = 0,34 \text{ м}$. Кут нахилу бічних сторін бункера для зручності виготовлення бункера рівний 45° . Довжина бункера рівна довжині балона $b = L = 1,3 \text{ м}$. Визначимо висоту цього бункера h з формули:

$$V_b = a \cdot b \cdot h + \frac{h^2}{2} \cdot b. \quad (4)$$

Розв'яжемо це квадратне рівняння: $h^2 \cdot b + 2 \cdot a \cdot b - 2 \cdot V_b = 0$

$$h = \frac{-a \cdot b + \sqrt{(a \cdot b)^2 + 2 \cdot b \cdot V_b}}{b} = -a + \sqrt{a^2 + \frac{2 \cdot V_b}{b}}$$

Звідси $h = 0,54$ м.

Розрахуємо основні параметри стрічкового транспортера. Після розрізання частинки картоплин спрямовуються на транспортер, який завантажує їх в причеп. Стрічку транспортера беремо шириною $b_T = 0,6$ м [3], корисна її ширина $b_{Tk} = b_T \cdot k$, де k - коефіцієнт, який враховує умову, що краї стрічки не завантажені, через встановлення бокових щитків, $k = 0,9$. Звідси $b_{Tk} = 0,54$ м.

Транспортер встановлений перпендикулярно до різального ножа, тому для спрямування частинок, що перерізилися по довжині $L = 1,3$ м на корисну ширину стрічки транспортера $b_{Tk} = 0,54$ м, потрібно встановити щитки нахилені під кутом φ не менше 45° . Так як з [2] відомо, що коефіцієнт тертя свіжого розрізу картоплі по сталі рівний 1, тобто $tg\varphi = f = 1$ і $\varphi = arctg1 = 45^\circ$. Відстань розташування верхньої вітки транспортера від нижніх країв пневматичних балонів знаходимо за формулою:

$$H = \frac{L - b_{Tk}}{2} \cdot tg\varphi.$$

$H = 0,38$ м.

Діаметр ведучого барабану транспортера [3]:

$$D_b = 0,15 \cdot i,$$

де i - число прокладок в стрічці, для ширини стрічки $B = 0,6$ [3], $i = 2$. Тоді $D_b = 0,15 \cdot 2 = 0,3$ м. Приймаємо, що швидкість стрічки транспортера приблизно рівна швидкості різання картоплі, а тому кутова швидкість обертання ведучого барабана ω_b рівна кутовій швидкості обертання балонів ω : $\omega_b = 4,67 \text{ с}^{-1}$, $n = 45$ об./хв. Тоді швидкість стрічки рівна $v_T = \omega \cdot \left(\frac{D_b}{2} + \frac{\Delta_c}{2} \right)$, де $\Delta_c = 4$ мм.
 $v_T = 0,71$ м/с.

Щоб забезпечити не сповзання картоплі із стрічки транспортера кут нахилу його до горизонту не повинен перевищувати 20° [3]. Тоді при довжині робочої вітки транспортера $l_T = 2$ м висота підйому картоплі буде становити

$H_n = l_T \cdot \sin 20^\circ = 0,7$ м. Знаючи висоту тракторного причепа можна визначити висоту розміщення картоплесортувально-різального пункту над дорожнім покриттям.

Проведемо силовий розрахунок процесу різання. Процес різання включає затягування картоплин в щілину між пневматичними балонами і протягування їх відносно нерухомо закріпленого ножа.

За [2] відомо, що опір при різанні картоплі тиском становить $q = 8,4$ Н/пог.см. Вважаючи, що можливий випадок коли різання відбувається по усій довжині леза, максимальна сила різання буде:

$$F_p = q \cdot L.$$

Приймаємо, що й сила затягування F_3 рівна силі різання $F_p = 987,8$ Н. Тоді крутний момент на одному балоні визначений за

формулою $M_{kp} = \frac{F_p + F_3}{2} \cdot R$ буде рівний 148,2 Нм.

Визначимо, ще силу з якою балон тисне на картоплину при її затягуванні в щілину між балонами: $F_{Tk} = \frac{F_{3k}}{f}$, де f - коефіцієнт тертя картоплі по гумі, $f = 0,75$. Також F_T вибирається так, щоб забезпечити утримання і натиск картоплі при різанні: $F_{Tk} \geq \frac{F_{pk}}{f}$.

При $F_{pk} = q \cdot d_k = 49,4$ Н, тоді $F_{Tk} \geq 65,9$ Н.

Площа картоплини, що контактує з балонами, сприймаючи тиск приблизно рівна [2] $S_k = \frac{S_b}{3}$, де площа для кулі $S_b = \pi \cdot d^2$.

Тоді $S_k = 3,77 \cdot 10^{-3}$ м².

Тиск, необхідний в балонах, рівний: $P \geq \frac{F_{Tk}}{S_k}$.

За розрахунками $P \geq 17,5$ кПа.

Приймаємо, вважаючи, що P не повинно перевищувати 33 кПа [2] для запобігання пошкодження картоплі, тиск в балонах $P = 25$ кПа.

Сила тиску, що діє на один балон по усій його довжині, визначена за формулою $F_{Tb} = \frac{F_p}{2 \cdot f}$, рівна $F_{Tb} = 658,5$ Н.

Визначимо потужності на привід картоплерізки.

Загальна потужність приводу картоплерізки рівна:

$$N = N_{P.A} + N_T, \quad (5)$$

де $N_{P.A}$ - потужність на привод різального апарата:

$$N_{P.A} = \frac{M_{kp} \cdot \omega}{\eta_I \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{III}},$$

тут M_{kp} - крутний момент на валах двох пневматичних балонів:

$$M_{kp} = 2 \cdot 148,2 = 296,4 \text{ Нм};$$

$\eta_I, \eta_{II}, \eta_{III}$ - відповідно коефіцієнти корисної дії окремих ланок кінематичного ланцюга: η_I - підшипників кочення, $\eta_I = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$; η_{II} - муфти, $\eta_{II} = 0,98$; η_{III} - ланцюгової передачі, $\eta_{III} = 0,92$ [4].

Тоді $N_{P.A} = 1599 \text{ Вт} \approx 1,6 \text{ кВт}$.

N_T - потужність на привод стрічкового транспортера визначається за формулою [3]:

$$N_T = K \cdot \delta \cdot L \cdot v + 37 \cdot \delta \cdot Q \cdot L + Q \cdot H, \quad (6)$$

тут K - коефіцієнт, який залежить від ширини стрічки, для $b = 600$ мм - $K = 4900$;

δ - коефіцієнт пору роликів опор, для підшипників кочення $\delta = 0,07$;

L - довжина транспортера, $L = 2$ м;

v - швидкість руху стрічки, $v = 0,7$ м/с;

Q - подача, рівна продуктивності різального апарату, $Q = W = 3,33$ кг/с;

H - різниця висот кінцевих частин транспортера, $H = 0,7$ м.

Тоді $N_T = 499,8 \text{ Вт} \approx 0,5 \text{ кВт}$.

Звідси $N = 1,6 + 0,5 = 2,1 \text{ кВт}$.

За [4] вибираємо двигун-редуктор МЦ2С-100 ГОСТ 20721-75 з такими характеристиками: частота обертання вихідного вала 45 об./хв, електродвигун 4А100Л6Р3 потужністю 2,2 кВт.

Висновок. На основі запропонованих параметрів машини були проведені необхідні інженерні розрахунки і розроблена технічна документація на виготовлення картоплерізки.

Література

1. Молоцкий М. О. Выращивание картофеля при малых нормах посадки.- К. Урожай, 1986.-240с.
2. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. - М.: Машиностроение, 1984.-320 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под. ред. Клецкина М.И. - Т.1. М.: Машиностроение, 1963.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – Т. 1, 2, 3. М.: Машиностроение, 1982.

УДК 631.325.35

©І.Є. Цизь, к.т.н., С.М. Хомич, к.т.н., В.Л. Величко, Х.С. Патер,
І.П. Радчук
Луцький національний технічний університет

МЕТОДИКА ВЕГЕТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГУМАТІВ САПРОПЕЛЮ НА РІСТ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ

У статті наведена методика вегетаційного дослідження впливу гуматів сапропелю на ріст редьки олійної. Гумати сапропелю отримані у змішувачі неперервної дії.

ДОСЛІД, ВЕГЕТАЦІЯ, ГУМАТИ, САПРОПЕЛЬ, ЗМІШУВАЧ.

Постановка проблеми. Одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур повною мірою залежить від якісних показників ґрунту. Серед яких слід виділити наступні: вміст гумусу, рівень рН, забезпеченість макро та мікроелементами, наявність позитивної мікрофлори, водостійкої та зв'язаної структури агрегатів і ін.

В процесі життєдіяльності рослинами споживається певна частина органічної речовини ґрунту, внаслідок чого порушується рівновага і саморегуляція процесів накопичення і перетворення органічних сполук, тобто процеси розкладання (мінералізації) починають переважати над процесами гуміфікації. Відбувається

процес, так званої, дегуміфікації внаслідок якого послаблюються відтворювальні властивості, протиерозійна стійкість та протидія хіміко-техногенному впливу. Сукупність цих факторів без внесення додаткових добрив викликає зниження родючості ґрунту. На даний час, ця проблема набула світового значення, але особливо актуальною вона стала для України. Ґрунти всіх ґрунтово-кліматичних зон відзначаються дефіцитом поживних елементів та наявністю деградацій, серед яких: дегуміфікація, зменшення вмісту поживних речовин, переущільнення, втрата структури, кіркоутворення, ерозія, підкислення, заболочування, забруднення радіонуклідами та важкими металами [1, 5, 7].

Одним із шляхів вирішення проблеми є застосування гумінових органо-мінеральних добрив (ГОМД). Сировиною для їх виготовлення можуть бути штучні або природні матеріали. Проте, саме використання місцевих природних сировинних ресурсів (торф, сапрпель та ін.) дозволяє знизити затрати на приготування ГОМД, підвищити ефективність засвоєння рослинами мінеральних компонентів добрив, знизити загальні витрати та негативні наслідки їх впливу на якість продукції та навколишнє середовище. Завдяки вмісту в своєму складі гумінових речовин, що відзначаються радіопротекторними, акумулятивними, транспортними, регульовальними та фізіологічними властивостями, ГОМД рекомендовані до застосування на екологічно та радіаційно-забруднених територіях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Приготування гумінових добрив та препаратів на їх основі ґрунтується на властивості гумінових кислот утворювати водорозчинні солі з металами. Вперше концентровані органо-мінеральні гумінові добрива було одержано в 30-х роках минулого століття професором Драгуновим С.С. В результаті амонізації торфу газоподібним аміаком та нейтралізації фосфорною кислотою незв'язаного гуміновими кислотами надлишку аміаку було отримано продукт під назвою гумоамофос.

В 1960 р. в Дніпропетровському СГІ Л.А. Христевою було розроблено схему для одержання та способи застосування органо-мінеральних гумінових добрив (сировина: ґрунт, буре вугілля, торф). На основі даної технології було розроблено технологічні схеми та обладнання для приготування ГОМД. Значний вклад в розв'язання даної проблеми внесли Л.А. Христева, И.М. Курбатов, С.С. Драгунов, Г.М. Волков, И.В. Косаревич та ін [3].

Виробництво і використання гумінових органо-мінеральних добрив здійснюється в нашій країні та за кордоном. Добрива, що

виготовляються за кордоном умовно поділяють на групи: в основу виробництва яких покладено біолого-хімічні або суто хімічні методи впливу на сировину. Серед найвідоміших: гумобі, гумат рекс (Франція), вітагум (Чехія), фольгумон (Австрія), гумінал, індустрігумус (Німеччина), “Умекс”, “Умекс-сід” (Італія), ТМАУ-1, ТМАУ-3, гумат калію (Росія), комплексне гумінове добриво (КГУ) (Білорусь), гумат натрію, “Гумофос”, “Florex” (Україна), “Organo-gro” (США) [2, 4, 6].

На даний час найбільшого поширення набув метод виготовлення ГОМД, в основі якого лежить властивість гумінових кислот (ГК) взаємодіяти із слабкими розчинами лугів, мінеральних кислот та їх солей з утворенням солей гумінових кислот – так званих, гуматів.

На сьогоднішній день, ГОМД виготовляються у двох формах: баластні та безбаластні добрива, що відрізняються за способом одержання, застосування та характером впливу. В окремих випадках їх доцільно збагачувати елементами живлення (N, P, K, мікроелементи), піддаючи обробці хімічними реагентами.

Отже, гумінові органо-мінеральні добрива – солі гумінових кислот, збагачені мікроелементами та поживними речовинами, що виготовлені шляхом обробки гуміновмісної сировини (торф, сапропель, буре вугілля та ін.) слабкими розчинами: лужних сполук, мінеральних кислот або солей.

Гумати натрію (калію) природні стимулятори росту та розвитку рослин, що містять 75-85% калію, натрію та солей гумінових кислот. Добре розчиняються у воді, знижують витрату мінеральних добрив на 30-40% при спільному внесенні. Легко засвоюються рослинами, стимулюють розвиток кореневої та імунної систем, посилюючи обмінні процеси в рослинній клітині, знижуючи вміст нітратів в 2 рази, але збільшуючи вміст хлорофілу вітамінів та інших цінних речовин. Забезпечують інтенсивне відновлення (утворення) гумусу в ґрунті, завдяки стимулюванню розвитку всіх ґрунтових мікроорганізмів. Прискорюють строки досягання урожаю на 7-10 днів. Переводять продукти техногенного походження (сполуки ртуті, свинцю, пестицидів радіонукліди) у форми, що не засвоюються рослинами.

Для підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва доцільно використовувати гумінові препарати, оскільки запаси сировини для їх виготовлення вимірюються сотнями мільйонів тон (сапропель, торф, лігнін, буре вугілля). Поряд з внесенням в ґрунт у чистому вигляді їх можна використовувати в складі гуматизованих мінеральних добрив

(модифікованих гуміновими компонентами стандартних мінеральних добрив). Таке внесення забезпечує економію ресурсів до 50% або збільшення оброблюваної площі в два рази [1].

Основною проблемою при виділенні (екстрагуванні) ГК є проведення якісної реакції, тобто досягнення умов за яких прореагує максимальна кількість органічної речовини з екстрагентом. Бажаного результату досягають високими швидкостями перемішування, застосовуючи спеціальне обладнання, введенням додаткових хімічних сполук (комплексони або поверхнево активні речовини). Проте механічне перемішування вимагає затрат енергії та тривалого часу проведення реакцій, в окремих випадках до кількох годин.

На відміну від торфу та бурого вугілля, специфічна будова сапропелю утруднює виділення з нього ГК. Сапропель характеризується колоїдною будовою, має високу вологість до 97,8%. Фізично зв'язана вода утворює навколо колоїдних частинок водні оболонки, які перебувають під впливом поверхневих сил натягу. При механічному перемішуванні або подрібненні потрібно прагнути до максимальної взаємодії реагенту з органічною речовиною сапропелю і виділення максимальної кількості ГК.

Значно підвищити виділення ГК дозволяє змішувач неперервної, який забезпечує інтенсивний контакт реагентів у тонких плівках [8].

Метою даного дослідження є розробка методики встановлення впливу гуматів сапропелю виготовлених за схемою патенту [8] на ріст редьки олійної у процесі вегетаційного досліду.

Результати дослідження. Для проведення вегетаційного досліду брали ємкості прямокутної форми і шаром товщиною 10-15 мм на їх дно вкладали товчене скло (рис. 1). За допомогою скляних перегородок у кожній ємкості формували по п'ять відділів. У кожному із відділів скло вкривали фільтрувальним папером та засипали суцільний дерново-підзолистий ґрунт до заповнення відділу. Ґрунт попередньо просіювався через сито з діаметром отворів 4 мм для отримання рівномірного агрегатного стану.



Рис. 1 – Процес формування ґрунтового середовища

Далі у ґрунті формували борозенки глибиною 2-3 см в які вкладали чотири насінини редьки олійної на віддалі 3 см насінини від насінини (рис. 2). Дана віддаль та кількість насінини, яка висівалась в одному відділі відповідає рекомендованій нормі висіву у 20 кг/га [9].



Рис. 2 – Процес посіву насіння та внесення гуматів

Далі на віддалі 3...4 см від першої борозенки виконували іншу аналогічної глибини та вносили попередньо зважену порцію

гуматів сапропелю. Зразки гуматів сапропелю готувались на установці виготовленій за схемою патенту [8]. Масу порції визначали відповідно до визначеної схемою досліді нормою внесення. Після цього обидві борозенки закривали ґрунтом.

Аналогічно закладались експерименти із контрольними дослідіми з внесенням 20 та 40 т/га сирого сапропелю із вологістю, яка була в нього під час приготуванні гуматів (рис. 3), мінеральними добривами із розрахунку $N_{50}P_{50}K_{50}$ (рис. 4), а також без добрив.



Рис. 3 – Закладання досліді із сирим сапропелем



Рис. 4 – Закладання досліді із мінеральними добривами

Після цього ґрунт зволожувався до середньої абсолютної вологості 70% та встановлювався під штучне цілодобове освітлення. Далі на десятий день дослідів було проведено вимірювання висоти стебел рослин (рис. 5).



Рис. 5 – Процесс вегетацийного дослідів

Висновок. Розроблена методика вегетацийного дослідів дозволяє дослідити вплив гуматів сапропелю виготовлених за схемою патенту [8] на ріст сільськогосподарських культур. А також порівняти із впливом інших видів добрив.

Література

1. Безуглова О.С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста. – СПб.: Феникс, 2003. – 382 с.
2. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с., ил.
3. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. К.: Урожай, 1968. – 387 с.
4. Косаревич И.В. Структурообразование в дисперсиях сапропелей. – Мн.: Наука і тэхніка, 1990. – 248 с.
5. Медведев В.В. Проблемы охраны ґрунтів // Вісник аграрної науки. – 2004. – №1. – С. 53-57.
6. Информационный выпуск научно-практического семинара “Опыт и перспективы применения гуминовых удобрений в сельском хозяйстве Ленинградской области”. – СПб.: Комитет по

сельскому хозяйству Правительства Ленинградской области. – 2001.

7. Сергеев В.В., Бенцаровський Д.М., Кисіль В.І. Агрохімічні пріоритети охорони родючості ґрунтів // Вісник аграрної науки. – 2004. – №11. – С. 5-7.

8. Пат. 30412 України, МПК В01F9/00. Змішувач безперервної дії / Цизь І.Є., Величко В.Л. - № u 200712181; Заявл. 05.11.2007; Опубл. 25.02.2008. Бюл. №8. - 2 с.

9. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ Українські технології, 2002. – 800 с.

ANNOTATIONS - / - АННОТАЦИИ

Brovarets O. Mathematical model of the information and technical system operation depending on parameters and the type of the survival of its working electrodes

A mathematical model has been constructed to determine the optimal operating parameters and operating modes of the information technical system for local operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment of agricultural land, depending on the mechanical and structural parameters and the type of suspension of its working electrodes. This model makes it possible to optimize the operating parameters and operating modes of the information technical system for local operational monitoring of the agrobiological state of the soil environment of agricultural land, depending on the mechanical design parameters and the type of suspension of its working electrodes, and thus ensuring the maximum performance of such systems in obtaining reliable data from taking into account the agrobiological state of the soil environment. This makes it possible to make an operative decision to manage the agrobiological potential of agricultural lands when performing technological operations with the help of a machine-tractor unit and an agricultural machine using the information technology system of local operational monitoring of the agrobiological condition of the ground environment.

Броварець О.О. Математическая модель функционирования информационно-технической системы зависимости от параметров и типа подвески й рабочей электродов

Построена математическая модель для определения оптимальных рабочих параметров и режимов функционирования информационно технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды сельскохозяйственных угодий в зависимости от механико-конструктивных параметров и типа подвески ее рабочих электродов. Данная модель дает возможность оптимизировать рабочие параметры и режимы функционирования информационно технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды сельскохозяйственных угодий в зависимости от механико-конструктивных параметров и типа подвески ее рабочих электродов, а соответственно и обеспечение максимальную производительность таких систем при получении достоверных данных с учетом агробиологического состояния грунтовой среды. Это дает возможность принять оперативное решение для управления агробиологическим потенциалом сельскохозяйственных угодий при выполнении технологических операций с помощью машинно-тракторного агрегата, сельскохозяйственной машины с использованием информационно технической системы локального оперативного мониторинга изменения агробиологического состояния грунтовой среды.

Gerasimchuk O., Kovalchuk R. Investigation of the rational location fingers for clamping hemp stalks

In this article results of pilot studies of deformation of fracture of stalks of hemp. The modern methods of collecting hemp are analyzed, , which include operations of breaking the stems by soil tillage machines, stems cutting into a

swath by rotary rakes and forming of rolls from a roller by a press-picker and a method that involves breaking the stems when they are rolled up with horizontal bars and forming rolls from the roller press-picker. Considered the work of authors who examined the ways of harvesting hemp on a long fiber using special horseshoeing machines and have developed the concept of harvesting the hemp culture of a special hemp-harvesting machine and using general purpose agricultural machines. Presented design developed experimental device. Present installation scheme fingers on the device's passes that were explored. The course of conducting experimental researches using the device in laboratory conditions is described.

The conclusions are based on the results of research on the fracture of hemp stems with the fingers of the experimental setup. The conducted studies allowed to establish the following. When using passes with the parallel position of the fingers on them, the stems were securely fixed between them. This ensures the reliable transport of stems after their breakage without falling out of the area of influence of fingers. At the same time, at the exit from the zone of action of the passes, the stems were applied uniformly on a horizontal surface in the course of the passage of the passage, forming a uniform roll. In the application of passes with a chess position of the fingers, a significant part of the stems after the breakage fell out of the area of influence of fingers. The results obtained will be taken into account when making an experimental sample of a hemp harvesting.

Герасимчук А.П., Ковальчук Р.В., Исследование схем рационального расположения пальцев для зажатия стеблей конопли

Проанализированы современные методы сбора конопли. Исследовано влияние расположения пальцев на ремнях устройства для сбора стеблей конопли.

Hoshko Z., Semen Ya., Magats M., Hoshko O. Fiziko-mekhanics properties of soy, on the process of it collection

Soybean harvest, at first glance, is no different from harvesting other types of grain crops. Collect soybeans, as a rule, direct combing. Particular attention is paid during harvesting to the height of the cut of plants. According to the research data, at a height of 5 cm from the edge of the earth on soybeans, up to 2% of the crop, at a height of 9 cm - 10%.

However, the analysis of the quality of work of combine harvesters shows that the losses of grain that fall under the category of "uncut beans that remain below the cut line" are at least 7%.

Гошко З.О., Семен Я.В., Магац М.И., Гошко О.В.. Физико-механические свойства сои, и их влияние на процесс уборки

Уборка сои, на первый взгляд, ничем не отличается от уборки других видов зерновых культур. Убирают сою, как правило, прямым комбайнированием. Особенное внимание во время уборки урожая уделяют высоте среза растений. Согласно данным исследований, на высоте 5 см от края земли на стеблах сои находится до 2% урожая, на высоте 9 см – 10 %.

Однако анализ качества работы жаток комбайнов свидетельствует, что потери зерна, которые попадают под категорию "несрезанные бобы, которые остались ниже линии среза", составляют минимум 7 %.

Didukh V., Onyuh J. Duts I. Oil flax stems milling investigation

The morphological features of flax stem flax of oilseed grown in the conditions of Western Polissya as an object of processing in order to produce products of various intended purposes are analyzed. The structural features of the device for shredding the stems are provided to provide fiber material properties that are decisive for its further use and the maximum separation of the campfire and garbage impurities.

The production of flaxseed oil is a promising branch of the national economy. At the same time, there are no technologies for harvesting and processing stem parts of the crop in the territories of Western Polissya. To solve this problem, the technology of plant gathering is recommended, adapted to growing conditions. In addition, the use of crushing equipment was proposed to reduce the volume of the roll and to allocate the maximum amount of short non-oriented fiber chips. The introduction of the proposed technology would allow farmers to ease the process of harvesting, and the use of crushing device will favor the receipt of short non-oriented fiber with high consumer properties.

Дидух В.Ф., Дуць И.З., Онюх Ю.М. Исследование процесса измельчения стеблей льна масличного

Проанализированы морфологические особенности стеблестоя льна масличного, выращенного в условиях Западного Полесья, как объекта переработки с целью получения продукции различного целевого назначения. Представлены конструкционные особенности устройства для измельчения стеблей для обеспечения волокнистых материалов свойств, которые являются определяющими в дальнейшем его использовании и максимального отделения костры и мусорных примесей.

Dudarev I. Determination of width of flax pulling section of the flax cone-disk pulling mechanism

The constructions of the flax cone-disk pulling mechanism are presented in the article. The principle of operation of the flax cone-disk pulling mechanism is described in the article. The results of theoretical research of determination of width of flax pulling section of the flax cone-disk pulling mechanism are presented in the article.

A method of determination of length of flax stalk section that contacts with cone-disk of flax pulling section is proposed in the article. The flax stem parameters were taken into account during the research of determination of width of flax pulling section of the flax cone-disk pulling mechanism. The results of theoretical research will make it possible to avoid losses and damage of flax seeds during flax harvest by the flax cone-disk pulling mechanism.

Дударев И.Н. Обоснование ширины захвата теребильной секции конусно-дискового льнотеребильного аппарата

В статье представлены конструкции конусно-дисковых льнотеребильных аппаратов. Описан принцип работы льнотеребильных аппаратов. Представлены результаты теоретических исследований по обоснованию наибольшей допустимой ширины захвата теребильной секции конусно-дискового льнотеребильного аппарата. Предложен метод определения длины участка стебля

льна, который контактирует с коническим диском льнотеребилки. При обосновании ширины захвата льнотеребилной секции были учтены параметры стеблестоя льна, что позволит во время уборки льна льнотеребилными аппаратами предложенных конструкций избежать потерь и поврежденной семенной части урожая льна.

Dudarev I., Zabrodocka L., Lishchuk B.. Development of gravity mixer design of bulk materials

Mixers of different design are used for mixing of bulk components. Mixers with active working elements are the most common. The operating parts of these mixers damage the components. In addition, the process of mixing components in these mixers requires considerable energy consumption. Gravity mixers have the lowest energy consumption for the mixing process. The design of the gravitational mixer of bulk materials is proposed in the article. The process of mixing components in a gravity mixer takes place without energy costs. Gravity mixer has a simple design and is easy to use. Also, the process of mixing two, three and four bulk components is justified in the article.

Дударев И.Н., Забродоцкая Л.Ю., Лищук Б.В.. Разработка конструкции гравитационного смесителя сыпучих материалов.

Для смешения сыпучих компонентов применяются смесители разного конструкционного исполнения. Наиболее распространены смесители с активными рабочими органами. Рабочие органы этих смесителей повреждают компоненты. Кроме того, процесс смешивания компонентов в этих смесителях требует значительных затрат электроэнергии. Наименьшие затраты энергии на процесс смешивания имеют гравитационные смесители. В статье предложена конструкция гравитационного смесителя сыпучих материалов. Процесс смешивания компонентов в гравитационном смесителе происходит без энергетических затрат. Гравитационный смеситель имеет простую конструкцию и удобен в эксплуатации. В статье также обоснован процесс смешивания двух, трех и четырех сыпучих компонентов.

Dudarev I., Tarasyuk V., Husiev V. Simulation of separation process using a voxel model of the material layer

Separation process is used to separate bulk materials into fractions and to separate impurities in the agro-industrial complex, processing and food industries. Separators with sieve work surfaces are used for the separation of bulk materials. These separators vibrate during separation process. Description of the separation process on such separators is complicated, since it is necessary to take into account a large number of factors that affect the process. Process of fragrant pepper separation on a flat sieve using a voxel model of the material layer is simulated in the article. The results of experimental determination of the fractional composition of fragrant pepper are presented in the article. The results of separation of fragrant pepper on a flat sieve are compared with the results of simulation of separation process using a voxel model of the material layer. Analysis of the results shows that the voxel model is suitable for describing of fragrant pepper separation process.

Дударев И.Н., Тарасюк В.В., Гусев В.А.. Моделирование процесса сепарации с использованием воксельной модели слоя материала

В агропромисловому комплексі, перерабовуючої і харчової промисловості для розділення сипучих матеріалів на фракції і відділення примісей використовують процес сепарації. Для сепарації сипучих матеріалів використовують сепаратори з ситовими робочими поверхностями, які в час сепарації коливлюються. Описання процесу сепарації на таких сепараторах ускладнено, оскільки необхідно урахувати велике кількість факторів, які впливають на процес. В статті смодельовано процес сепарації перця душистого горошка на плоскому ситі з використанням воксельної моделі шару матеріалу. Також в статті представлені результати експериментальних досліджень по визначенню фракційного складу перця душистого горошка. Проведено порівняння результатів сепарації перця душистого горошка на плоскому ситі з результатами моделювання процесу з використанням воксельної моделі шару матеріалу. Аналіз результатів показує, що воксельна модель підходить для описання процесу сепарації перця душистого.

Zaharchuk M., Kuharuk S. Economic efficiency of natural gas production.

It is known that the cost price of agricultural production depends to a large extent on the cost of motor fuel for agricultural machinery. At the time when oil fuel prices are continuously rising, the price of natural gas remains about twice as low as the price of liquid motor fuels. Therefore, it is offer to transfer the mobile technology of agricultural enterprises to motor fuel with good indicators, which is natural gas. At the operation of agricultural machinery with gas cylinders equipment, one of the major problems is the lack of gas-filling equipment, including automotive gas-filling compressor stations (AGNCS). Agricultural machinery can be refueled in the following ways: refueling of a mobile automobile gas refueling station (MAGRS) on AGNCS and delivery of natural gas to the place of work of gas cylinder tractors; filling of variable cassettes with gas cylinders and transportation of natural gas to final consumers; filling gas cylinders on the AGNCS by a self-propelled; using individual gas filling stations, which feed on centralized gas supply. To substantiate the most optimal method of filling natural gas, it is necessary to determine the cost price of 1 m³ of natural gas for each method of refueling. The comparison of possible refueling methods was based on the maximum gas refueling costs for gas cylinder natural gas tractors, which should not exceed 20% savings from the operation. It has been established that these costs should not exceed UAH 0.8 for the transportation of 1 m³ of natural gas. It was concluded that fueling gas cylinders at AGNCS by self-propelled is expedient when the distance to the filling station is up to 8 km. At a distance to AGNCS up to 16 km it is expedient to use refueling of cassette modules. And the most economically feasible is the use of MAGRS, provided the high level of loading of this technique, as the cost of transportation of 1 m³ of gas is the lowest. Reasonable distance of use MAGRS is up to 46 km.

Захарчук М.И., Кухарук С.Я. Экономическая эффективность обеспечения природным газом сельскохозяйственной техники

Приведены результаты исследований наиболее экономически целесообразных способов заправки сельскохозяйственной техники с газобаллонным оборудованием, которая будет работать на транспортных работах, природным газом.

Kirchuk R., Maksimuk R., Khomich S., Hvesyk V. Analysis of stir tools of free running agricultural materials in dry processing

In agricultural production there is a need for mixing and stirring of dispersed materials for implementation technological operations. Mixing and stirring of free running materials in agricultural production are complex processes. It depends on the design of the tools and the properties of the mixing components.

More than that most of these studies relate to the field of forage production. Little attention is paid to the problems of the state of the material layer during the drying operation.

Development and research of stir tools of free running agricultural material in the drying chamber is important task.

The distribution of a random variable characterizes the homogeneity of the mixture. This is a criterion for assessing the quality of the product and the name is the coefficient of variation.

An analysis of experimental data showed that the process curve has three characteristic areas. As a rule, mathematical models of displacements are written as the diffusion equation.

Mixers are classified according to the designation and mode of operation. It is established that the theoretical description of this process is based on the use of probabilistic approaches in modeling.

For a qualitative and quantitative assessment of the quality of the mix process the coefficient of mass fraction of material.

To test the theoretical positions, an advanced design of a laboratory installation was proposed. Such experimental studies make it possible to establish and substantiate the parameters of the special tools.

Кирчук Р.В., Максимук Р.Я., Хомич А.В., Хвесык В.А. Анализ средств высушки сыпучих сельскохозяйственных материалов в процессе сушки

В статье проведен анализ существующих средств смешивания и высушки сыпучих сельскохозяйственных материалов, используемых как способ интенсификации процесса сушки. Рассмотрены конструкции рабочих органов для высушки зернового слоя, предложена методика оценки качества выполнения операции, обоснована методика экспериментальных исследований.

Kuzenko D., Semen O., Goshko Z., Semen Ya. Investigation of dimensional-mass indices of garlic teeth

The method of conducting of experimental researches on determination of dimensional-mass indices of garlic teeth of Spas, Lydia and Leader varieties is described. The statistical processing is carried out and the results of the performed experiments are presented. The basic regularities of distribution of dimensional-mass indices of garlic teeth of the studied varieties are obtained. It is confirmed that the biological characteristics of each garlic variety determine the size, weight and configuration of its teeth. It is established that the curves of the distribution of dimensional indices of garlic teeth with a sufficient probability are described by a normal law. Their analysis was carried out and the suitability of the garlic teeth of selected varieties was determined to mechanized orientation by the bottom down, and germinating upwards. It is

established that the majority of such indicators can be considered the varieties of Spas and Lydia.

Кузенко Д. В., Семен О. Я., Гошко З. О., Семен Я. В.. Исследование размерно-массовых показателей зубков чеснока

Описана методика проведения экспериментальных исследований по определению размерно-массовых показателей зубков чеснока сортов Спас, Лидия и Лидер. Выполнено статистическую обработку и приведены результаты выполненных экспериментов. Получены основные закономерности распределения размерно-массовых показателей зубков чеснока исследуемых сортов. Подтверждено, что биологические особенности каждого сорта чеснока определяют размеры, массу и конфигурацию его зубков. Установлено, что кривые распределения размерных показателей зубков чеснока с достаточной вероятностью описываются нормальным законом. Проведен их анализ и определена пригодность зубков чеснока отдельных сортов к механизированной ориентированной посадке донышком вниз, а ростком вверх. Установлено, что по большинству показателей такими можно считать зубки сортов Спас и Лидия.

Magats M., Makhorkina T., Goshko Z., Dusan A., Synii S. Operational researches of the modernized mini-aggregat

An important place in the group of mobile power tools for small farms and farms is occupied by motor-blocks and mini-aggregates on their base, the number of such equipment is growing rapidly. But, this technique does not always allow to get the expected result which is due to constructive, operational and technological reasons. Therefore, the actual issues of research are studying and improving the constructions and conditions for the aggregation of such mobile power tools. In this case, it is important for such mini-aggregates to solve the problem of maneuverability and plowing in unprocessed narrow areas of the field, which leads to significant over-fuel consumption.

In the work the analysis of literary sources on the subject of equipment, operation and technical characteristics of aggregates of the specified type is carried out.

On the basis of the analysis, the necessity of improving the equipment assembly in the course of its work, improving the technical and economic indicators, improving the maneuverability of the unit (especially in narrow plots) is disclosed.

The construction is proposed of modernized unit "Motoblock"(walking tractor) ZUBR "NT-105 + plow PL-1-17" with built-in blade knife and advanced chassis. Also described the process of operation of mini-aggregate. The technique of movement of a mini-aggregate in the reverse (when the width of the cultivated area is smaller than the length of the unit itself) is developed.

The work presents the results of experimental studies for basic and modernized mini-aggregates. Conducting experimental research involves determining the limiting values of traction effort, fuel consumption and maneuverability of the modernized mini-aggregate.

Experimental tests were carried out on two plots (the first after harvesting of vegetable crops, the second - a stubble of cereal crops), with an area of 500 square meters.

The ability of the modernized unit to do plowing on soils is proved not

only after harvesting of vegetable crops (which are partially processed), but also on soils, after harvesting of cereal crops and annual and perennial grasses.

Магац М.И., Махоркина Т.А., Гошко З.О., Дусан А.В., Синий С.В. Эксплуатационные исследования модернизированного мини-агрегата. В работе проведен анализ литературных источников на предмет комплектации, эксплуатации и технических характеристик агрегатов указанного типа. На основании проведенного анализа, раскрыта необходимость усовершенствования комплектации агрегата в процессе его работы, повышения технико-экономических показателей, улучшения маневренности агрегата (особенно на узких дачных участках).

Описан процесс работы модернизированного мини-агрегата "Мотоблок "ЗУБР" НТ- 105 плуг ПЛІ-1-17".

Muravynets Y., Zabrodocka L. Assessment of the impact of the local transport parameters for the passenger reliability

In this article, an estimation of the influence of the clamping conveyor parameters on the reliability of fastening the strands of raw material in its channel is obtained, and mathematical dependencies are obtained that allow to determine the effect of the parameters of the clamping rollers of the conveyor on the force of pulling out the strands from the channel during the run-up operation.

An important and topical task today is to improve the technology of processing flax truss at the expense of modernization of melee-tipping aggregates, which will improve the quality of fibers and other foam-derived products obtained from it.

An important and topical task today is to improve the technology of processing flax truss at the expense of modernization of melee-tipping aggregates, which will improve the quality of fibers and other foam-derived products obtained from it.

From the received surfaces of the review it is clear that for the removal of strings in the course of the process of scouring it is necessary to apply the greater the effort, the closer the strand is located to the axle of the roller.

At a distance from the axle, to ensure a reliable clamping, it is necessary to apply the effort much less, even with significant forces of compression of the springs of the clamping rollers. Excessive growth of compression forces leads to the injury of fibers.

In addition, a large distance between the axes of the rollers does not allow to reduce their dimensions.

The greatest impact on the size of the pulling force is the force of compression of the springs.

The second factor is the importance - the distance from the axis of the roller to the place of clamping strings. The least impact is the diameter of the rollers.

Investigation of the effect of the clamping conveyor parameters on the reliability of the clamping of strings has revealed that the desired pulling force is influenced by the force of pressing the rollers, the distance from the axis of the roller to the clamping point of the strand; roller diameter. Moreover, the influence of the latter factor is the least significant.

Муравинец Ю В., Забродоцкая Л.Ю. Оценка влияния параметров зажимного транспортера на надежность зажима прядей

В данной статье приведены оценки влияния параметров зажимного транспортера на надежность зажима прядей сырца в его канале и получены математические зависимости, которые позволяют установить влияние параметров прижимных роликов транспортера на силу выдергивания прядей с канала во время выполнения операции трепания.

Say V., Datsiuk L., Holyi O. The theoretical justification of cleaning process of the one-type flax fiber from free flax shives

The article presents the results of theoretical researches of the purification process of one-type flax fiber from a free flax shives with a shaking machine with figured plates. It was established that improvement of qualitative parameters of the technological process can be achieved with the help of a shaking machine whose working bodies are made in the form of figured plates. The working process of the shaking machine consists in the fact that the fiber layer in the process of moving by the shaped plates can simultaneously be stretched in a horizontal plane and throwing in a vertical plane. Because of this, the fiber layer is loosened and there are created more favorable conditions for the separation of free flax shives and other garbage particles. As a result of a complex researches of the process of cleaning the one-type fiber from a free flax shives using a shaking machine with the figured plates were obtained dependencies, which would allow to determine the amount of removed fiber flax shives, depending on the quantity of throwing the fiber layer. The theoretical dependences can be used to determine the number of shafts with figured plates in shaking machine to ensure the permissible content of the flax shives in the one-type flax fiber according to the standard.

Сай, В.А. Дацюк Л.Н., А.В. Голый Теоретическое обоснование процесса очистки однотипного волокна льна от свободной костры

В статье приведены результаты теоретических исследований процесса очистки однотипного волокна льна от свободной костры трясыльным аппаратом с фигурными пластинами. Предложено зависимости для определения количества удаленной костры с однотипного волокна.

Satsyuk V., Sychuk L., Grytsenko S. Study of the process of mixing components of the spropeliferating mass with a screw mixer

The article describes the technology of mixing spropel and plant components (a mixture for feeding animals). The article presents a schematic representation of laboratory equipment for mixing components.

There is also a description of the design of the laboratory equipment and the principle of operation of the screw for mixing.

The article contains: the results of the multifactorial experiment, which determines the homogeneity of the composition of the mixture; the equation of regression describing the effect of the mixture's moisture and parameters (kinematic, geometric) on the homogeneity of the mixture. The reaction surface is constructed according to the regression equation.

Analysis of this surface proves that the homogeneity of the mixture depends

on all investigated factors. Maximum homogeneity will be achieved if the screw is set at an angle of 15 to the horizon.

Increase in moisture (at a given interval of magnitude of the investigated factor) reduces the homogeneity of the mixture. The optimum value of the angular speed of the mixing screw $\omega = 15-20 \text{ s}^{-1}$

Сацюк В.В.; Сичук Л.В.; Гриценко С.В. Исследование процесса смешивания компонентов сапрпель-растительной массы шинковым смесителем

В статье приведено описание технологии приготовления сапрпель-растительной смеси кормовых добавок для подкормки животных. Приведены результаты исследования влияния кинематических, геометрических параметров и влажности смеси на однородность состава приготовленной сапрпель-растительной смеси.

Syromyatnikov Yu. Justification of the form of the tip of the minimum traction resistance

Abstract: The object of the study is the process of functioning of the working organs of the rotary tillage machine, with the help of which the soil cut by them is lifted and fed to the separating device. The technological process of the machine with the tips mounted on the front part of the paw from the chisel working organ is described, which are located at an angle of 26 ° to the horizon and properly ensure the deeper penetration of the working organs into the soil. With the help of the method of variational analysis, the form of the tip of the minimal traction resistance for cutting and raising the soil is justified. It has been experimentally determined that a nosepiece with a theoretically justified profile in comparison with a direct profile tip has a traction resistance of 38.7% less. The topicality of the research is to ensure minimum traction resistance of the working organs for cutting and raising the soil of the rotary tiller machine, which will enable to reduce energy costs for sowing. The target group of consumers of information in the article are designers, specialists engaged in the development of soil-cultivating machines.

Ю.М. Сиромятников. Обгрунтування форми наральника мінімального тягового опору

Анотація. Об'єктом дослідження є процес функціонування робочих органів роторної ґрунтообробної машини, за допомогою яких здійснюється підйом та подача підрізаного ними ґрунту до розпушувально-сепаруючого пристрою. Описано технологічний процес роботи машини з встановленими в передній частині стріччастої лапи наральниками від чизельного робочого органу, які розташовані під кутом 26° до горизонту та належним чином забезпечують заглибляємість робочих органів в ґрунт. За допомогою методу варіаційного обчислення обгрунтовано форму наральника мінімального тягового опору для підрізання та підйому ґрунту. Експериментально визначено, що наральник з теоретично обгрутованим профілем в порівнянні з наральником прямого профілю має тяговий опір на 38,7% менше. Актуальність дослідження полягає в забезпеченні мінімального тягового опору робочих органів для підрізання та підйому ґрунту роторної ґрунтообробної машини, що дасть можливість знизити витрати енергії на передпосівний обробіток ґрунту. Цільова група споживачів інформації в статті – конструктори, фахівці, які займаються розробкою ґрунтообробних машин.

Homich S., Tsiz' I., Krochuk M., Stetsuk A. Investigation of the papillonning process of pneumatic acceptance of sapropel

The article presents the results of experimental studies of the productivity of the fence device during the capillary method of obtaining lake sapropel.

Хомич С., Цизь И., Крочук М., Стецюк А. Изучение процесса папиллонизации пневматического процесса добычи сапропеля

В статье представлены результаты экспериментальных исследований производительности устройства при капиллярном способе получения озерного сапропеля.

Shvedik N. Determination of the approximation of the succession to the combination of the high-performed element with the current alliance of the earthquake in the moment of its experimentation through highest tracker

The article presents the scheme of a pneumatic device with a seeded element inclined at an angle and placed on its bottom brackets. On the seeds placed in the enclosure from the side of the solid grain layer in the horizontal direction, the force will be due to lateral pressure, and from the bottom upright - the force is caused by the secondary lateral pressure, which will be denoted by the symbols T and Q respectively. These forces contribute to the entry of seed into the cell wall of the seed element, and their equilibrium R presses the seed to the cell. The article also presents a scheme of forces acting on a seed in a solid grain layer at the time of its passage through the highest point located on the trajectory of the whale.

On the basis of the analysis of these forces, a condition for their equilibrium was drawn up and an appropriate analytical dependence of the seed suction force on the seed cell with the inclining axis of rotation was obtained, as from the structural and technological parameters (γ , α , R , ω , h) of the seed element and physico-mechanical properties (m , r , l , f , ε , ρ) of the seed itself. The obtained dependence makes it possible, with sufficient accuracy, to determine the value of the force of suction of seeds to the cells of the seed element with the inclining axis of rotation at the moment of their passage through the highest point located on the trailing circle, which will contribute to its further development.

Шведик Н.С. Определение силы присасывания семян к ячейкам высевающего элемента с наклонной осью вращения в момент ее прохождения через наивысшую точку траектории

В статье приведена схема пневматического аппарата с наклонным под углом высевающим элементом и размещенными на его нижнем основании ячейками и схема сил, действующих на семя в сплошном зерновом слое в момент его прохождения через наивысшую точку размещенную на круговой траектории. На основании анализа этих сил составлено условие их равновесия и получена соответствующая аналитическая зависимость силы присасывания семени к ячейке высевающего элемента с наклонной осью вращения, как от конструктивно-технологических параметров (γ , α , R , ω , h) высевающего элемента, так и физико-механических свойств (m , r , l , f , ε , ρ) самих семян. Полученная зависимость позволяет с достаточной точностью определить значение силы присасывания

семян к ячейкам высевающего элемента с наклоненной осью вращения в момент их прохождения через наивысшую точку размещенную на круговой траектории, что содействует в дальнейшей его разработке.

Yukhimchuk S., Datsyuk L., Syniy S. Development of potato-cutter

The article describes the construction of potato cutters for cutting seed potato material and gives a substantiation of its main parameters.

The purpose of the study is to develop a machine for cutting potatoes that would have a simple structure, would be convenient to use and satisfy all the agroforums to cutting tubers, so that it could be introduced in batch production.

The main units of the machine are a frame, bunker, cutting unit, belt conveyor and drive.

The efficiency of potato-cutting, which was 12 t/h, was substantiated.

The length of 1,3 m and the radius of 0,15 m of pneumatic cylinders and their rotational speed of 45 rpm are determined.

The geometric parameters of the potato-cutter bunker, the volume of which amounted to 0,86 m³, were selected.

The basic parameters of the conveyor belt are calculated. The width of the conveyor belt is 0.6 m, the length of the working line of the conveyor is 2 m, the lifting height of the potato is 0.7 m.

The power calculation of the cutting process is carried out. The torque at one cylinder is 148.2 Nm. The air pressure in the potato cutter cylinders is 25 kPa.

The power of the potato-cutter was determined to be 2.1 kW, and the engine-reducer МЦ2С-100 ГОСТ 20721-75 has been selected with the following characteristics: output frequency of rotation of the output shaft 45 rev./min, electric motor 4A100L6P3 with the power of 2.2 kW.

On the basis of the proposed parameters of the machine, necessary engineering calculations were made and technical documentation for the production of potato-cutter was developed.

Юхимчук С.Ф., Дацюк Л.Н., Синий С.В. Разработка картоплерезки

В статье дано описание конструкции картоплерезки для резки семенного материала картофеля и дано обоснование ее основных параметров.

На основе предложенных параметров машины были проведены необходимые инженерные расчеты и разработана техническая документация на изготовление картоплерезки.

Tsiz', S. Khomich, V. Velichko, Kh. Pater, I. Radchuk. Method of vegetative study of the influence of sapropel humates on the growth of radish oil

Reception of high harvests of agricultural crops to a full extent depends on qualitative indicators of the soil. One of the ways to support these indicators is the use of humic organo-mineral fertilizers. To significantly increase the separation of humic acids, a continuous mixer is provided, which provides intense contact of reagents in thin films.

In order to verify the effect of humates sapropel, prepared by the

scheme of the patent proposed by the authors of the article, the growth of radish oil in the process of vegetative experiment developed an appropriate methodology. This technique also provides a comparison of the influence of humates sapropel with the influence of other types of fertilizers.

И.Е. Цызь, к.т.н., С.Н. Хомич, к.т.н., В.Л. Величко, Х.С. Патер, И.П. Радчук **Методика вегетационного исследования влияния гуматов сапропеля на рост редьки масличной**

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур в полной мере зависит от качественных показателей почвы. Одним из путей поддержания этих показателей является применение гуминовых органо-минеральных удобрений. Значительно повысить выделение гуминовых кислот позволяет смеситель непрерывного, который обеспечивает интенсивный контакт реагентов в тонких пленках.

С целью проверки влияния гуматов сапропеля, изготовленных по схеме патента предложенного авторами статьи, на рост редьки масличной в процессе вегетационного опыта разработана соответствующая методика. Данная методика также обеспечивает сравнения влияния гуматов сапропеля с влиянием других видов удобрений.

ЗМІСТ

1. Броварець О.О. Математична модель функціонування інформаційно-технічної системи залежно від параметрів та типу підвіски і робочих електродів 3
2. Герасимчук О.П., Ковальчук Р. В. Дослідження схем раціонального розташування пальців для затиснення стебел конопель 21
3. Гошко З.О., Семен Я. В., Магац М. І., Гошко О. В. Фізико-механічні властивості сої, та їх вплив на процес збирання 25
4. Дідух В.Ф., Онюх Ю.М., Дуць І.З. Дослідження процесу подрібнення стебел льону олійного 34
5. Дударев І.М. Обґрунтування ширини захвату бральної секції конічно-дискового льонобрального апарата 42
6. Дударев І.М., Забродоцька Л.Ю., Лішук Б.В. Розробка конструкції гравітаційного змішувача сипких матеріалів 56
7. Дударев І.М., Тарасюк В.В., Гусев В.А. Моделювання процесу сепарування із використанням воксельної моделі шару матеріалу 61
8. Захарчук М.І., Кухарук, С.Я. Економічна ефективність забезпечення природним газом сільськогосподарської техніки 68
9. Кірчук Р.В., Максимук Р.Я., Хомич А.В., Хвесик В.О. Аналіз засобів розпушування сипких сільськогосподарських матеріалів в процесі сушіння 75
10. Кузенко Д.В., Семен О.Я., Гошко З.О., Семен Я.В. Дослідження розмірно-масових показників зубків часнику 86
11. Магац М.І., Махоркіна Т.А., Гошко З.О., Дусан, Синій С. В. Експлуатаційні дослідження модернізованого міні-агрегату 93
12. Муравінець Ю.В., Забродоцька Л.Ю. Оцінювання впливу параметрів затискного транспортера на надійність затискання пасм 101
13. Сай В.А., Дацюк Л.М., Голій О.В. Теоретичне обґрунтування процесу очищення однотипного волокна льону від вільної костриці 106
14. Сацюк В.В., Гриценко С.В., Сичук Л.В., Дослідження процесу змішування компонентів сапрпель-рослинної маси шнековим змішувачем 112
15. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления 117

16. Хомич С.М., Цизь І.Є., Крочук М.О., Стецюк А.М. Дослідження папілонажного процесу пневматичного добування сапропелів 132
17. Шведик М.С. Визначення сили присмоктування насінини до комірчини висівного елемента з нахилоною віссю обертання в момент її проходження через найвищу точку траєкторії 136
18. Юхимчук С.Ф., Дацюк Л.М., Синій С.В. Розробка картоплерізки 144
19. Цизь І.Є., Хомич С.М., Величко В.Л., Патер Х.С., Радчук І.П. Методика вегетаційного дослідження впливу гуматів сапропелю на ріст редьки олійної 151
Анотації 159

**ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПРОПОНУЮТЬСЯ ДО
ДРУКУ У ЗБІРНИКУ „СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ” ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Публікуватись будуть статті, які містять теоретичні або експериментальні дослідження. У статтях повинно бути зрозуміло і повністю викладено зміст питання, що розглядається.

ПЛАН СТАТТІ

1. **Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.
2. **Аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких запропоновано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.
3. **Формулювання цілей статті (мета дослідження)**.
4. **Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів (результати дослідження)**.
5. **Висновки** з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.
6. **Використана література**.

ТЕКСТ

1. Стаття подається на CD або DVD носіях, а також повинна бути роздрукована (на лазерному принтері) на білих аркушах формату А5 (з одного боку). Параметри сторінки: ліве поле – 1 см; праве – 2 см; верхнє – 2,0 см; нижнє – 2,0 см; брошування – 1 см; від краю до колонтитула верхнього – 1,25 см, до нижнього – 1,25 см.
2. Шапка статті містить: шифр УДК, ініціали та прізвище автора (– ів), науковий ступінь. Шифр УДК, прізвище, назва, текст статті розділені 1 інтервалом.

Назва статті повинна бути достатньо короткою (не більше 8 слів). Упродовж всієї статті необхідно строго дотримуватися однакових термінів, позначень, умовних скорочень та символів. Маловідомі скорочення розшифровуються при першому згадуванні. Наукові позначення, терміни та одиниці виміру застосовують згідно з діючими стандартами. Текст статті повинен містити необхідні формули без простих математичних перетворень. Якщо за результатами досліджень отримано таблицю і побудовано графік, то в статті наводять щось одне –

або графік, або таблицю. Посилання в тексті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками. Забезпечити нерозривність виразів типу „258 мм”, „І.П. Прізвище” та ін.

3. Шрифт заголовка статті **ARIAL із напівжирним виділенням**.
4. На початку статті наводять *анотацію*, яка містить короткий виклад змісту (2–3 речення курсивом).
5. Набір тексту здійснюється у редакторі не нижче **MS WORD 6.0/7.0**. Для основного тексту необхідно використовувати шрифт **Times New Roman**. Розмір шрифту – 10 пунктів з одинарним інтервалом міжрядь. Абзацний відступ 1,27 см. У параметрах абзацу встановлюють „перед” і „після” на величину 0.
6. Літературу наводять у кінці статті згідно з вимогами державного стандарту (**ДСТУ ГОСТ 7.1:2006**) через один інтервал від останнього рядка. Літературні джерела розміщуються у порядку посилання на них у тексті статті. Обсяг літератури не повинен перевищувати 0,2 обсягу статті.
7. Після літератури наводиться назва статті, автори та анотація російською та англійською мовами. Анотація англійською мовою подається у розширеному форматі та повинна містити не менша 200 слів, об’єднаних у 10–15 речень.
8. Структурні частини статті *обов’язково* виділяються **підзаголовками** відповідно до вказаного вище плану статті.
9. Нумерація сторінок – лише на роздрукованій копії олівцем.
10. Роздрукований оригінал закінчується підписом автора.

ФОРМУЛИ

1. Формули будують у редакторах: **MS Equation, Math Type**. Для набирання формул застосовувати шрифти: **Times New Roman, Symbol** (*курсив*). Основний розмір шрифту формул – 10 пунктів. Формули вирівнюють по центру. Надто довгі формули розбивають на дрібні елементи. Формула не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
2. Після формули наводять пояснення усіх значень символів і числових коефіцієнтів у тій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають без абзацного відступу зі слова „де”, без двокрапки. Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші нумерувати не рекомендується. Номери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого краю сторінки.
3. Формули входять до речення як його рівноправний елемент, тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації. Двокрапка перед

формулою ставиться лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова речення, що передує формулі.

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

1. Рисунки, графіки, діаграми, фотографії та ін. розташовуються у тексті статті (після першого згадування). Їх розмір та контрастність повинні забезпечувати чітке читання.
2. Позиції на рисунках проставляються над виносками.
3. Підрисунковий підпис починається скороченим словом „Рис.», далі йдуть: пробіл, номер рисунка, який позначається арабськими цифрами, тире, пробіл та назва рисунка. Якщо на рисунку вказані позиції його елементів, то вони *обов'язково* розшифровуються у підрисунковому підписі після назви рисунка і двокрапки або за текстом статті. Крапка в кінці підрисункового підпису не ставиться. Якщо в статті тільки один рисунок, то він не нумерується.

ТАБЛИЦІ

1. Таблиці розташовують у тексті статті (після першого згадування), над таблицею з вирівнюванням по лівому краю необхідно поставити її порядковий номер – Таблиця 1 – і т.д. та назву. Якщо в статті тільки одна таблиця, то вона не нумерується. Таблиця не виходить за поля тексту.
2. Числа та позначення не замінювати „лапками”. Усі позначення вказувати повністю, без скорочень.

ДОДАТКОВІ ДОКУМЕНТИ

1. Анкетні дані автора (–ів): Прізвище І.Б., науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня адреса, номери дом., сл. телефонів.
2. Рецензія на статтю, підписана доктором технічних наук.

Подані матеріали будуть редагуватись.

Офіційний сайт видання: agrmash.info

Адреса редакції: 43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75, каб. 359.

Тел. (0332) 74–61–32.

E–mail: lab–amb@ukr.net

Наукове видання

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Збірник наукових статей
Випуск 39, 2018

Збірник входить до "Переліку наукових фахових видань
України...". Галузь наук - технічні
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Відповідальний за випуск: В.Ф. Дідух
Комп'ютерна верстка: О.М. Гапонюк

Підписано до друку 22.06.2018 р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 11,0. Наклад 100.

Друк ПП Іванюк В.П.
43021 м. Луцьк, вул. Винниченка, 65
Свідоцтво Держкомінформу України ВЛн №31 від 04.02.2004р.

Ресстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902–4374 ПР