

ISSN 2307-1699

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 27

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2014

УДК 631.3.001

Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 27. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – 162 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 8 від 25.03.2014 р.

У даний збірник включено статті, які висвітлюють питання конструювання та використання сільськогосподарської техніки. Наведено дослідження машин і процесів збирання льону, сушіння сільськогосподарських матеріалів, використання сапропелю. Розглянуто і багато інших питань.

Збірник розрахований на наукових працівників.

В настоящий сборник включены статьи, которые освещают вопросы конструирования и использования сельскохозяйственной техники. Приведены исследования машин и процессов уборки льна, сушки сельскохозяйственных материалов, использования сапропеля. Рассмотрены и многие другие вопросы.

Сборник рассчитан на научных работников.

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

© Луцький національний технічний університет, 2013
(Свідоцтво про держреєстрацію КВ №15902–4374 ПР
від 13.11.2009 р.)

УДК 631.3

© О.О. Броварець, к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПРОГНОСТИЧНО-КОМПЕНСАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІННИХ НОРМ ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ УТОЧНЕНИХ ДАНИХ ҐРУНТУ

У статті наведена прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу на основі уточнених даних ґрунту, що дозволяє на основі даних моніторингу параметрів стану сільськогосподарських угідь, отриманих від системи моніторингу оцінити стан сільськогосподарських угідь та прийняти стратегію управління агробіологічним потенціалом поля.

МОНІТОРИНГ, ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, ПРОГНОСТИЧНО-КОМПЕНСАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ

Постановка проблеми. Сьогодні вельми нагальною необхідністю є забезпечення належної якості виконання технологічних операцій, шляхом проведення моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Отримання оперативної інформації про варіабельність стану ґрунтового середовища дає можливість прийняти управлінські рішення щодо стратегії управління агробіологічним потенціалом стану сільськогосподарських угідь.

Для реалізації даної технології необхідно розробити методику реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу. Дана технологія з урахуванням специфіки стану ґрунтового середовища дає можливість вибрати стратегію управління агробіологічним станом сільськогосподарських угідь спрямовану на: виробництво органічної продукції рослинництва, зменшення питомих енергетичних витрат, отримання максимального прибутку, отримання максимальної урожайності тощо.

Очевидно, що для правильної організації управління якістю виконання технологічних операцій необхідною умовою є організація системи моніторингу. Одним з перспективних напрямків використання опосередкованої інформації про стан ґрунту з надійним алгоритмом перерахунку такої інформації в об'єктивно необхідні дані є показники електричної провідності ґрунту та магнітні властивості.

Для ефективного регулювання стану ґрунтового середовища, значну роль набувають, у першу чергу, ефективні методи екологічного моніторингу – системи спостережень, оцінки і прогнозу стану

природного середовища. Таким чином, прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу включає наступні основні напрями діяльності: спостереження за чинниками, що впливають на стан ґрунтового середовища; оцінку фактичного та прогноз майбутнього стану ґрунтового середовища.

Огляд сучасної літератури та наукових розробок показує, що останніми роками відбувається процес органічного виробництва продукції рослинництва за допомогою застосування новітніх сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь, зокрема системи точного землеробства. При цьому останній напрям є найбільш актуальним та перспективним для умов України.

Враховуючи, що в основі стратегії і тактики управління економічно прибутковим (корисним) біорізноманіттям фітоценозів, зокрема і ентоморізноманіттям, є надійний, швидкий та ефективний моніторинг стану природних та культурних екосистем, виникла необхідність розробки принципово нових ефективних і високопродуктивних сенсорних систем моніторингу, способів моніторингу залежно від обраних напрямків землеробства та ряду інших параметрів.

Проте дотепер так і не встановлено складу пристроїв єдиної високопродуктивної сенсорної системи моніторингу стану сільськогосподарських угідь, які здатні ефективно виміряти величину фізико-хімічних процесів.

Для ефективного регулювання стану ґрунту, збереження високої якості біосфери і здатності природи до відтворення, значну роль набувають, у першу чергу, ефективні методи моніторингу стану сільськогосподарських угідь – системи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища.

Тому виникає необхідність застосування сучасних сенсорних систем моніторингу рівня варіабельності стану сільськогосподарських угідь. Такі технології мають на виході велику кількість технологічної інформації, яку важливо використовувати для ефективного керування сільськогосподарським виробництвом, зокрема реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу.

Для виконання таких складних і широкомасштабних робіт необхідно мати інструментарій високопродуктивного збору та реєстрації інформації про стан ґрунту. Саме тому в світі ведуться пошуки таких методів вимірювання властивостей ґрунту, які б дозволили знизити вартість аналізу ґрунту і підвищити точність складання картограм з основних характеристик родючості.

Для забезпечення високопродуктивного збору місцевизначеної інформації найбільш перспективними на даний час вважаються моніторингові системи із вимірювання електромагнітних та електропровідних властивостей ґрунту, які показали високий кореляційний зв'язок між даними показниками та його агрохімічними та агробіологічними показниками.

Мета дослідження. Мета – забезпечення належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві, шляхом розробки методики реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу з використанням сучасних інформаційно-технічних систем моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що Україна має один з найвищих показників родючості ґрунтів у світі. У той же час, питанню охорони родючості ґрунтів не приділяється належної уваги. Щорічно, залежно від рівня врожайності, вносився 100–200 кг/га поживних речовин і вони практично протягом останнього десятиріччя не повертаються до ґрунту. Прогресують різні види руйнування і деградації ґрунтів: еродованість, інтенсивність мінералізації гумусу, переущільнення ріллі, підкислення та осолонцювання раніше нейтральних ґрунтів тощо [1-12].

Охорона ґрунтів, раціональне використання, відтворення та збереження їх родючості неможливе без проведення моніторингу стану ґрунтового покриву. На сьогодні вимогам моніторингу відповідає лише агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення, що передбачає видачу агрохімічних паспортів.

Лише на підставі матеріалів ретельної паспортизації можна раціонально розмістити культури в полях сівозміни, підібрати площі для хімічної меліорації, збалансовано, за науково-обґрунтованими нормами вносити мінеральні та органічні добрива, правильно оцінити родючість ґрунту. Крім того, за даними паспортизації мають визначатися зони для вирощування екологічно чистої продукції.

Для ефективного регулювання стану природного середовища, збереження високої якості біосфери і здатності природи до відтворення, значну роль набувають, у першу чергу, ефективні методи моніторингу ґрунтів – системи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища.

Очевидно, що для правильної організації управління якістю навколишнього природного середовища абсолютно необхідною умовою є організація системи моніторингу.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні необхідно мати велику кількість датчиків для вимірювання чисельних характеристик про стан основного засобу виробництва продукції рослинництва – ґрунт. Особливо актуальним це завдання є при застосуванні технологій точного землеробства. Інтерпретація оперативної інформації про змінний характер стану поля дає можливість ефективного застосування стратегій змінних норм внесення технологічних матеріалів. Водночас інформація про рівень варіабельності агробіологічних параметрів по площі поля є ключовим моментом для прийняття рішення про доцільність або недоцільність застосування технологій точного землеробства взагалі. Саме тому, для володіння такою інформацією вишукують маловартісні але ефективні методи та способи реєстрації місцевизначених польових даних.

Комерційний інтерес до електропровідності та електромагнітної індукції ґрунту, як на сьогодні, високий. Наприклад, підрозділ Field Star компанії Massey Ferguson за останні 5 років інвестували в ці технології близько 2,5 млн. доларів. Такі технології дають важливу інформацію для реалізації сенсор-технології.

Компанії Veris (США), Soil Doctor (США) та ряд інших проводять широкомасштабні інтенсивні дослідження по виявленню взаємозв'язків між електричною провідністю ґрунту та його агрохімічними показниками. Попередні дослідження вказують на високий рівень кореляції між цими показниками. Такі технології – могутній інструмент для ефективного ведення рослинництва. Вимірювання електропровідності ґрунту пов'язане з його водомісткістю, місткістю катіонного обміну, структурою і потужністю родючого шару ґрунту. Ці чинники є важливими для організації ефективного системи сільського господарства.

Попередньо проведені дослідження з реєстрації електропровідності та електромагнітної індукції ґрунту показали можливість значного підвищення продуктивності виконання моніторингових робіт і отримання додаткового врожаю, а також поліпшення агробіологічного стану угідь.

Все це вказує на те, наскільки важливо, з одного боку, мати інструментарій ефективного визначення рівня агробіологічного стану ґрунту і, з другого боку, наскільки складно знайти ефективні узагальнені показники і маловартісні методики оцінки і реєстрації стану ґрунту.

Таким чином, розробка прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу у рослинництві дозволяє проаналізувати комплексні зміни ґрунтових умов в межах

одного поля та визначити стратегію управління агробіологічним потенціалом поля.

Практичне значення проекту характеризується доведенням наукових положень до рівня рекомендацій для сільськогосподарських підприємств України щодо розробки новітніх сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь для органічного виробництва продукції рослинництва.

Наукова концепція прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу полягає в отриманні інформації про стан сільськогосподарських угідь (стан ґрунту та рослинності) на основі якої з використання спеціально розроблених математичних алгоритмів виконується обробка для прийняття рішення щодо реалізації технології природокористування при виробництві сільськогосподарської продукції.

На основі математичного моделювання може бути удосконалена система комп'ютерного прогнозування виробництва сільськогосподарської продукції для забезпечення органічного виробництва продукції рослинництва.

За результатами наукового дослідження слід провести широку господарську перевірку та розробити пропозиції щодо ефективного використання новітніх сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь у сучасних системах землеробства. Планується також опублікувати усі отримані результати у фахових наукових журналах. На підставі впровадження результатів наукового дослідження у сільськогосподарських підприємствах отримати акт виконаних робіт.

Без інформації про потреби рослин в елементах живлення, а також їх наявності в ґрунті неможливо одержувати стабільно високі урожаї. Коли застосовують малі дози добрив (найчастіше при сівбі та на операціях підживлення), цілком можна скористатися існуючими агрохімічними паспортами полів 5–7-річної давності. Але, якщо в господарстві працюють за інтенсивними технологіями (більше 120 кг д.р./га), розрахунки норм внесення добрив проводять балансовими і нормативними методами, для яких вже необхідні достовірні відомості про поточний агрохімічний склад ґрунтів.

Сучасна альтернатива традиційному агрохімічному обстеженню – контактні та безконтактні методи на основі електромагнітних явищ. Найчастіше це вимірювання, реєстрація, обробка, аналіз і інтерпретація електропровідних та електромагнітних властивостей ґрунту, що дає можливість визначити гранулометричний (механічний) склад ґрунту, вміст органічної речовини, солей, вологість, виділити

грунтові контури і оцінити неоднорідність ґрунтових властивостей в цілому.

Для реалізації даної технології необхідно розробити методику реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу. Дана технологія з врахуванням специфіки стану ґрунтового середовища дає можливість вибрати стратегію управління агробіологічним станом сільськогосподарських угідь, яка спрямована на: виробництво органічної продукції рослинництва, зменшення питомих енергетичних витрат, отримання максимального прибутку, отримання максимальної урожайності тощо (рис. 1).



Рис. 1 – Реалізація прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу

Очевидно, що для правильної організації управління якістю виконання технологічних операцій необхідною умовою є організація системи 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. Існує проблема організації спеціальних систем спостережень, контролю і оцінки стану природного середовища (моніторингу) як в місцях інтенсивної антропогенної дії, так і в глобальному масштабі.

Традиційні системи моніторингу стану сільськогосподарських угідь не забезпечують належної продуктивності та якості моніторингу. Тому виникає необхідність розробки нових сенсорних систем

моніторингу стан сільськогосподарських угідь. Найбільшу ефективність моніторингу варіабельності параметрів ґрунтового середовища на сучасному етапі показали сенсорні системи вимірювання електропровідності та електромагнітної індукції стану сільськогосподарських угідь та системи технічного зору (реалізація за допомогою спектрометрів). Показники, отримані з використанням даних таких систем можна використовувати як опосередковані дані про варіабельність параметрів стану ґрунтового середовища.

У зв'язку з цим виникає нагальна необхідність у розробці та дослідженні технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь у сучасних технологіях рослинництва, використання даних, які дають можливість забезпечити задану якість при виконанні технологічної операції.

Одним з таких напрямків є використання опосередкованої інформації про стан ґрунту з надійним алгоритмом перерахунку такої інформації в об'єктивно необхідні дані – наприклад, таких, як рівень поживних речовин, гумусу, вологості, мікроелементів тощо в ґрунті. Ефективними опосередкованими даними стану ґрунту можуть бути показники електричної провідності ґрунту, величина діелектричної проникності, магнітні властивості тощо. Важливим аспектом, також, є вимірювання властивостей і встановлення складу ґрунтових газів як можливих індикаторів стану ґрунту.

Для ефективного регулювання стану ґрунтового середовища, збереження високої якості біосфери і здатності природи до відтворення, значущу роль набувають, у першу чергу, ефективні методи екологічного моніторингу – системи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища. Таким чином, прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу включає наступні основні напрями діяльності:

- спостереження за чинниками, що впливають на навколишнє природне середовище, і за станом середовища;
- оцінку фактичного стану ґрунтового середовища;
- прогноз майбутнього стану ґрунтового середовища і оцінку цього стану.

Для реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу може бути використана локально-стрічкова диференційована технологія внесення технологічного матеріалу (гранульованих мінеральних добрив, насіння) із застосування спеціальних пристроїв для індивідуального привода робочих елементів машини та пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля, на основі

даних, отриманих вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) та вимірювання вмісту поживних речовин у рослині (реєстрація оптичної спектрометрії рослинності – спектри відбиття рослинності в натуральних умовах при варіюючих рівнях освітленості з різноколірною температурою), що дозволить проводити тестування великих площ сільськогосподарського поля за короткий час під час виконання технологічної операції – внесення мінеральних добрив.

Існуючі конструкції машин [1] складні за конструкцією, мають високу питому металомісткість, види мінеральних добрив незручно завантажувати у вузькі відсіки її бункера та складно регулювати задані дози внесення різних видів мінеральних добрив, які необхідно внести у ґрунт.

Також існуючі машини не забезпечують розсіювання лише постійних, установлених регульовальними заслінками, доз азотних, фосфорних і калійних мінеральних добрив незалежно від фактичної наявності азоту, фосфору і калію у ґрунті, що знижує приріст урожайності сільськогосподарських культур від застосування добрив, тобто їх ефективність.

Машини, що застосовують спектрометричний моніторинг [2] є складні конструктивно та не дають можливості забезпечити локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив, що знижує якість виконання технологічної операції, а як наслідок неможливість точної реалізації диференційних норм внесення. Також дані пристрої не враховують вмісту поживних речовин у ґрунті, що не дає можливості точно визначити необхідну норму внесення мінеральних добрив.

Машини, що використовуються для моніторингу стану ґрунтового середовища компанії Veris [2], основним робочим органом яких є система електродів, в якості яких використані 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 подібних пристроїв є розділення технологічної операції та моніторингу, значна похибка, обумовлена розділенням цих операцій та конструктивними особливостями пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунту, 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. При цьому змінюється площа контакту диска-

електрода з ґрунтом, оскільки при поперечних коливаннях плоскі диски-електроди однією стороною можуть взагалі не контактувати із ґрунтом.

Найбільш близький аналог, який доцільно взяти за прототип, машина для диференційованого розсіювання доз різних видів мінеральних добрив в залежності від вмісту їх аналогів у ґрунті, що містить транспортний засіб з машиною для внесення мінеральних добрив, яка обладнана контролером з пристроєм інформації про вміст аналогів мінеральних добрив у ґрунті, що включає дискету, на якій попередньо записана інформація, про вміст аналогів мінеральних добрив у ґрунті поля та приладу встановленому на передній частині агрегату для визначення вмісту аналогів мінеральних добрив у ґрунті поля, на якому працює машина, що функціонально з'єднаний з комп'ютером, та датчик реєстрації обертів колеса, а регулювальні заслінки обладнані виконавчими механізмами, причому датчик реєстрації обертів колеса і виконавчий механізм функціонально з'єднані з комп'ютером [3].

Недоліком цієї машини є те, що вона забезпечує розсіювання азотних, фосфорних і калійних мінеральних добрив залежно від фактичної наявності азоту, фосфору і калію у ґрунті та не враховує вміст поживних речовин у рослині, що знижує приріст урожайності сільськогосподарських культур від застосування добрив, тобто їх ефективність.

Тому для реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу необхідно забезпечити локально-стрічкове диференційованого внесення мінеральних добрив за допомогою спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив шляхом використання пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля, на основі даних, отриманих вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) та вимірювання вмісту поживних речовин у рослині (реєстрація оптичної спектрометрії рослинності – спектрів відбиття рослинності в натуральних умовах при варіюючих рівнях освітленості з різноколірною температурою), які розміщуються спереду на транспортному засобі під час виконання технологічної операції, що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від двох систем моніторингу.

Завдання вирішується тим, що машина для внесення мінеральних добрив використовується для локально-стрічкового

диференційованого внесення мінеральних добрив з спеціальним пристроєм індивідуального привода робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив та пристроями для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля, на основі даних отриманих вимірюванням вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) та вимірювання вмісту поживних речовин у рослині (реєстрація оптичної спектрометрії рослинності – спектрів відбиття рослинності в натуральних умовах при варіюючих рівнях освітленості з різноколірною температурою), які розміщуються спереду на транспортному засобі під час виконання технологічної операції. Сигнал від даних пристроїв моніторингу потрапляє на контролер, що керує роботою спеціального пристрою індивідуального привода робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив, при цьому можливий запис даних у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм від пристроїв для моніторингу стану ґрунту та рослинності (картограма завдання) та реалізації локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив (картограма реалізація), що дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт з використанням даних від двох систем моніторингу.

На рис. 2 зображено загальний вигляд машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з пристроями для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля.

Машина складається з транспортного засобу 1, машини для внесення мінеральних добрив 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля шляхом вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) 3 та пристрою для вимірювання вмісту поживних речовин у рослині (реєстрація оптичної спектрометрії рослинності– спектрів відбиття рослинності в натуральних умовах при варіюючих рівнях освітленості з різноколірною температурою) 4, які розміщуються спереду на транспортному засобі 1, контролера 5, спеціального пристрою індивідуального привода робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив 6, PC card з магнітним носієм 7, приймача сигналів супутникової навігаційної системи DGPS 8.

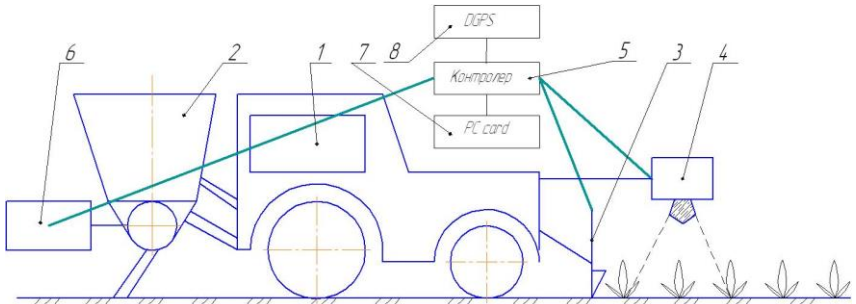


Рис. 2 – Машина для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з пристроями для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля

Машина працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу 1 з машиною для внесення мінеральних добрив 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, пристрої для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля, на основі даних від пристрою для вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами) 3 та пристрою для вимірювання вмісту поживних речовин у рослині (реєстрація оптичної спектрометрії рослинності – спектрів відбиття рослинності в натуральних умовах при варіюючих рівнях освітленості з різноколірною температурою) 4, які розміщуються спереду транспортного засобу забезпечують проведення моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Контролер 5 отримує дані від пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля та керує спеціальним пристроєм індивідуального привода 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).

Висновки. Запропонована прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу на основі уточнених даних ґрунту дозволяє реалізувати локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив з пристроями для

моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля на основі даних моніторингу фізико-механічного та агробіологічного стану ґрунтового та рослинного середовища з використанням змінних норм внесення технологічного матеріалу, шляхом вимірювання електропровідних властивостей ґрунту та вимірювання спектрів відбиття рослинного покриву для забезпечення підбору оптимальної площі живлення рослин з врахування просторової неоднорідності ґрунтового покриву та дозволяє зекономити 10...25% посівного матеріалу і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10...20 ц/га.

Література

1. А.с. СРСР №209878, МПК5 А01С 15/12.
2. [Електронний ресурс] http://www.yara.de/doc/39944_Broschuere_N-Sensor_201206.pdf.
3. Патент № 55582, опубл.15.04.2003, бюл. № 4, МПК А01С 15/00/
4. Масло І.П., Мироненко В.Г. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів //Вісник сільськогосподарської науки.-1998.-№5. - С. 56–58.
5. Пастушенко С.И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем // Техніка АПК. – 1999. – №8. – С. 12–15.
6. 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.
7. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І.Грицишина, С.М.Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.
8. Гуков Я.С., Линник Н.К., Мироненко В.Г. Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений: Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия: Рязань, 2001. – С.48–50.
9. Myronenko V., Dubrovin V. Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky. Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”. Том 5,- Praha, 2004.-С.71-75.
10. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві. Монографія. – К.: НАУ, 2005. – 271с.

11. Гром-Мазничевский Л.И., Коваль В.А., Мироненко В.Г. и др. Разработать средства и системы автоматического контроля и управления мобильными сельскохозяйственными машинами с использованием микропроцессорной техники. Научный отчет УНИИМЭСХ, 1990. – 124 с., № гос. регистрации 81096003.

12. Броварець О.О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Научно-практический журнал «Хранение и переработка зерна». – 2013. – № 6 (171). – С. 37-42.

Рецензент д.т.н., проф. В.Г. Мироненко

УДК 631.3

© В.Д. Войтюк, д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Розроблені наукові засади структурно-функціонального обґрунтування системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки. Обґрунтована схема структури управління збутом і сервісом машин за умов фірмового технічного сервісу. Розроблені структури міжсистемних взаємодій на державному, обласному (міжобласному) рівні та на рівні підприємств.

СТРУКТУРА, ОБҐРУНТУВАННЯ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА, СЕРВІС

Постановка проблеми. Ринкові відносини в АПК формують свої вимоги як до техніки, так і до сервісу. Неврахування об'єктивних умов формування цивілізованого ринку експлуатації сільськогосподарської техніки та її сервісу призвели до остаточної втрати ринку виробництва і реалізації вітчизняної техніки сільськогосподарського призначення.

Для того, щоб сформувані цивілізовані відносини між продавцем і покупцем сільськогосподарської техніки, необхідні відповідні закони, або урядові постанови про інженерно-технічну

службу в АПК і про відповідальність (юридичну, матеріальну) продавців за забезпечення роботоздатності техніки у споживачів на термін від її придбання до списання.

Практика технічного сервісу (ТС) сільськогосподарської техніки у споживачів розвинутих країн світу показує необхідність переходу до фірмового технічного сервісу через мережу дилерських фірмових центрів. Фірмові дилерські центри мають наблизити послуги від виробника до споживача, забезпечити їх обов'язковість щодо термінів і якості. При цьому необхідно передбачити перехід від знеособленого "тотального" до фірмового сервісу, що буде мати суттєві позитивні наслідки: фірми-виробники будуть зацікавлені в підвищенні технічного рівня техніки; наблизять послуги до споживача, розширять сферу послуг, поліпшать їх якість і обов'язковість; підвищення коефіцієнта технічної готовності техніки у робочий період і, відповідно, скорочення терміну виконання робіт; зменшення простоїв техніки через відмови, що неодмінно призведе до здешевлення продукції агропромислового комплексу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висока якість ТС можна досягнути лише за умови суттєвої організаційно-економічної перебудови існуючих структур ТС і техніко-технологічного переоснащення діючих формувань ТС [1-5]. В даних роботах вказано, що система ТС повинна базуватися на безмонополній мережі підприємств, до якої входять сервісні формування підприємств-виробників техніки, підприємства і бази матеріально-технічного постачання, ремонтно-обслуговуюча база господарств, приватні та інші формування ТС.

Мета дослідження. Підвищення ефективності роботи сільськогосподарських машин за рахунок їх якісного сервісного супроводження.

Результати дослідження. На основі вивчення різних організаційних форм ТС пропонується наступна принципова схема структури управління збутом техніки і реалізацією виробничих послуг з ТС за умов фірмового обслуговування (рис.1). Структурна побудова збуту техніки і реалізації виробничих послуг на засадах фірмового сервісу має враховувати кількість техніки певного виробника у даному районі (регіоні). Так, наблизеними центрами до сільгоспвиробників можуть стати типові майстерні колишніх колективних сільськогосподарських підприємств і радгоспів, які розташовані поряд з шляхами сполучення.

Під час організації сервісних центрів необхідно використовувати спеціалізовані центри з ремонту вузлів і агрегатів

сільськогосподарських машин. Наприклад, спеціалізованим майстерням з ремонту паливної апаратури, ремонту двигунів швидше і

Дилери про стіше, маючи кадри, технології і обладнання, перейти до ремонту паливної апаратури нових моделей машин, ніж іншим, неспеціалізованим майстерням.



Рис. 1 – Принципова схема структури управління збутом і сервісом машин

Отже, впроваджуючи нові принципи побудови ТС на рівні областей, необхідно враховувати географічне розташування великих ремонтних баз, їх матеріальне забезпечення, наявність техніки (її кількість, різномарочність і складність) і спеціалізацію.

За умов укрупнення сільськогосподарського виробництва необхідно передбачити створення пунктів прокату або оренди техніки. Для цього слід передбачити створення на базі регіональних сервісних центрів машинно-технологічних станцій, завданням яких було б надання послуг сільськогосподарськими машинами, транспортних послуг, а також послуг, пов'язаних з внесенням добрив і захистом рослин.

Забезпечення вказаних функцій можливе лише за умови створення міжрайонних або міжобласних (регіональних) дилерських центрів.

Під час формування сервісних центрів має бути враховано кількісний склад парку техніки, її технічний стан, складність та надійність. Формуючи структури сервісних центрів, перевагу потрібно надавати, крім регламентних значень періодичності обслуговування, таким показникам експлуатаційної надійності:

- наробітку на відмову, простоям з вірогідних відмов і трудомісткості їх усунення;
- виробничому циклу використання техніки протягом року (сезону) і циклу використання її до списання;
- темпам морального і фізичного старіння техніки та темпам збільшення витрат на експлуатаційні потреби.

Формування мережі дилерських центрів, їх технічної і технологічної потужності, зони обслуговування має базуватись на науково обґрунтованих розробках у галузі технічного сервісу.

Під час обговорення проблем ТС одним з основних питань є його організація з точки зору визначення виконавця робіт щодо сервісного супроводження техніки.

Об'єднання в одній фірмі робіт з виробництва та обслуговування виробів означає, що кінцевою продукцією даної фірми є не лише сама продукція, а й безперебійна робота техніки протягом усього терміну її служби без аварійних відмов і за мінімальної кількості профілактичних зупинок (тобто виконавцем сервісних робіт є безпосередньо виробник техніки).

Питання створення повномасштабної служби сервісу фірмою-виробником, та його вирішення можливе у разі виконання наступних умов: значні розміри виробництва і збуту; особливості виробленої продукції (наприклад, виробники унікального виробничого устаткування нерідко не мають таких служб, а формують групи монтажників, технічних консультантів); значне територіальне охоплення діяльністю збуту.

Спостерігається постійний процес укрупнення дилерських фірм, що дозволяє розширити перелік послуг, використання сучасних комп'ютерних технологій, обліку, покращення оснащеності майстерень і на базі цього підвищення оперативності та якості ТО.

Дилер, з одного боку, повинен мати на складі всі ЗЧ для термінового задоволення запитів клієнтів, з іншого – не рентабельно зберігати на складі запасні частини, продати які проблематично. Всю номенклатуру ЗЧ потрібно виокремити на три групи А, В, С. До групи А належить 5...15% найменшувальних деталей, на які припадає 60–70% вартості продаж. Дилери, як правило, повинні зберігати номенклатуру

деталей групи А. Деталі груп В і С доцільно зберігати на складі фірми – виробника, або генерального агента.

Дрібний дилер, враховуючи об'єми і види робіт може брати на обслуговування 300–500 тракторів та інших машин на рік. Ремонт полягає у заміні деталей, які вийшли з ладу, новими або придатними до подальшої експлуатації (з обмінного фонду).

Середній дилер обслуговує до 1000 тракторів у радіусі 50–70 км. Частина ремонтних робіт дилер виконує безпосередньо у замовника, але більшу частину – в своїй майстерні. Для ремонту окремих відповідальних деталей (агрегатів) дилер використовує послуги більших дилерських майстерень, а також спеціалізовані підприємства.

Створюючи сервісні центри всіх рівнів, необхідно передбачити відкриття стаціонарних або пересувних діагностичних лабораторій та лабораторій вхідного контролю якості машин, агрегатів і деталей.

Враховуючи особливості конструкції і умови використання комбайнів – складність вузлів і агрегатів, велику масу та габарити, малу придатність до транспортування і важливість забезпечення безперервної роботи під час збирання, фірми – виробники обладнують для їх ТС спеціалізовані пересувні майстерні на шасі автомобілів або причепів. Вони повинні оснащуватись обладнанням для ТС двигуна, електрообладнання, гідросистеми, зняття і встановлення двигунів, зварювальних і фарбувальних робіт тощо. Забезпечують комбайни ЗЧ з допомогою пересувних складів.

Розроблені структури міжсистемних взаємодій на державному, обласному (міжобласному) рівнях та на рівні підприємств при управлінні сервісом і збутом сільськогосподарської техніки (рис. 2-4).

Ринкові відносини в АПК, велика різномарочність вітчизняної техніки, зональний набір культур, насиченість мобільної техніки комп'ютерними, електронними, електромеханічними, електрогідравлічними системами не дозволяють шаблонно (спрощено) підходити до маркетингу, менеджменту з проблем ТС. Зазначені чинники показують недоцільність однозначної орієнтації майстерень сільгосптехніки. Використовуючи базу майстерень колишньої “Сільгосптехніки”, необхідно їх перепрофілювати згідно з різноманітними потребами споживачів. Виробничу орієнтацію сервісних послуг потрібно спрямувати на обслуговування конструкційно і технічно складних агрегатів, вузлів, систем, обслуговування яких потребує належної кваліфікації обслуговуючого персоналу, тобто тих видів робіт, які сільгоспвиробники через відсутність необхідного складного діагностичного і технологічного

обладнання не можуть виконати самі, або якість виконання таких робіт за умов сільгоспвиробника не задовольняє його потреби.

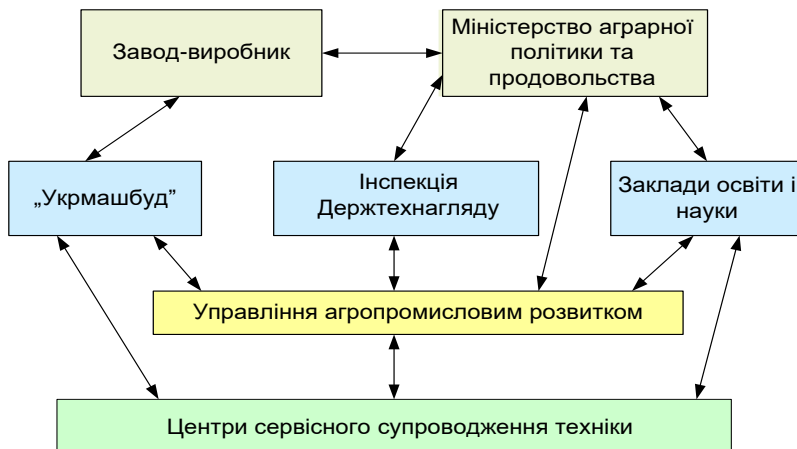


Рис. 2 – Структура міжсистемних взаємодій на державному рівні

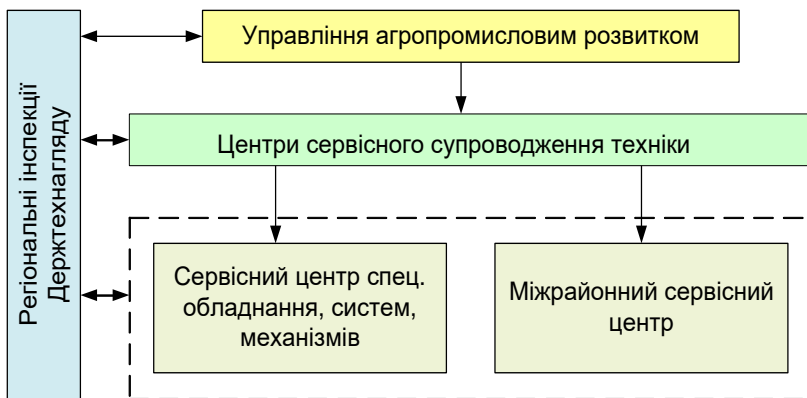


Рис. 3 – Структура міжсистемних взаємодій на обласному (міжобласному) рівні

Встановлено, що в одному районному (міжрайонному) сервісному центрі не можливо надати якісні послуги з технічного сервісу для всіх марок машин, використовуваних в АПК. З цього

можна зробити висновок про необхідність створення спеціалізованих сервісних центрів. Природно, що виробничу діяльність сервісних центрів на всіх рівнях потрібно спрямувати на забезпечення роботоздатності сільськогосподарських машин, особливо складних, до яких і належить мобільна енергонасичена техніка. Об'єми вказаних робіт повинні бути спрогнозовані згідно з маркетинговими дослідженнями, врахувавши кількість, складність і надійність техніки у регіоні, зону покриття його сервісними послугами, а також зональну спеціалізацію господарств.

Сервісні центри спеціального обладнання систем та механізмів передбачають обслуговування гідростатичних трансмісій, гідравлічних, паливних, електронних, електромеханічних, електрогідравлічних систем та механізмів.

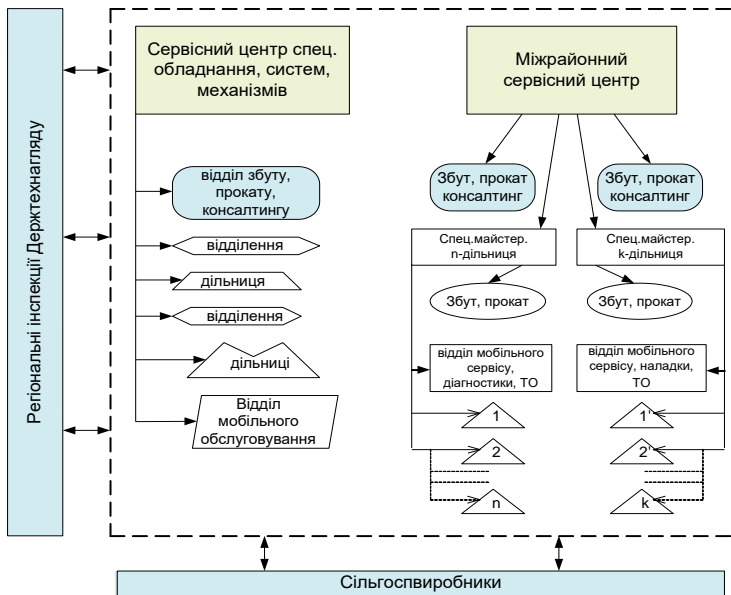


Рис. 4 – Структура міжсистемних взаємодій на рівні підприємств

Сервісні центри спеціального обладнання систем та механізмів передбачають обслуговування гідростатичних трансмісій, гідравлічних, паливних, електронних, електромеханічних, електрогідравлічних систем та механізмів.

Сервісним центрам для підвищення їх економічної ефективності доцільно сформувати відділ збуту, прокату і консалтингу. Всі зарубіжні дилерські центри (пункти) мають подібні структури, де споживач може купити необхідні запасні частини, взяти агрегати, вузли чи системи на прокат або сам відремонтувати їх на базі дилера за його консультацією.

Щоб наблизити послуги до споживачів, дилерські відділення можуть відкривати дільниці у майстернях господарств, інших (власних, орендованих) приміщеннях, де зможуть проводити незначні ремонти і налагоджування, усувати неполадки та збої.

При наявності частих відмов мобільної техніки під час роботи важливе місце у виробничих послугах з технічного сервісу займають послуги з виїздом спеціалістів на спеціалізованих сервісних автомобілях до замовника. Відмови можуть бути очевидні і приховані, що потребують високої кваліфікації персоналу для її виявлення і усунення.

Для діагностування і обслуговування техніки безпосередньо у сільгоспвиробників необхідно мати спеціальні автомобілі, оснащені діагностичними приладами, обладнанням, інструментами, технологічною документацією. Якщо сервісний центр обслуговує спеціальне обладнання, агрегати чи системи, пересувну діагностичну лабораторію потрібно укомплектувати не лише спеціальним діагностичним обладнанням для виявлення неполадок, а також мінімальним запасом ходових запасних частин, матеріалів з метою скорочення затрат часу простоїв на виявлення і усунення несправностей.

Враховуючи підвищення технічного рівня, конструкційної і технічної складності сучасних машин для посіву, обробітку ґрунту і внесення добрив та захисту рослин, а також зростання їх одиничної вартості, необхідно створювати сервісні центри з надання виробничих послуг з технічного сервісу для зазначеної групи машин (їх агрегатів, вузлів, систем). Потрібно відійти від практики колишньої “Сільгосптехніки”, яка лише ремонтувала трактори, комбайни, складні агрегати, вузли чи механізми, всі інші трудомісткі і низько кваліфіковані роботи по підтриманню роботоздатності причіпних, і начіпних машин, іншого обладнання проводилися у господарствах силами місцевих слюсарів і механізаторів. Зазначені роботи, виконані у спеціалізованих сервісних центрах, з відповідними обладнанням і матеріалами, можуть бути виконані якісно, згідно з технологічними картами за доступними цінами на умовах обміну з оплатою вартості робіт. Спеціалізовані сервісні центри по ремонту

сільськогосподарської техніки (рис. 4) позначені з штрихом. Зазначені центри можуть організувати виробничі дільниці, наближені за відстанню до споживачів, на базі майстерень колишніх КСП, інших пристосованих приміщень чи будівель. Кількість таких дільниць (k, l, n, m) визначає економічна доцільність – вартість виробничих послуг з технічного сервісу і оптимальна доцільність щодо зменшення можливих простоїв під час виконання польових робіт в оптимальні агротехнологічні терміни.

Плануючи і розробляючи організаційні заходи щодо виробничих послуг, необхідно визначитися, на яку техніку за термінами експлуатації буде перенесено основну вагу сервісних послуг. Потрібно врахувати, що більше 90% з наявної техніки у сільгоспвиробників відпрацювало амортизаційний термін, ця техніка належить до фізично зношеної і морально застарілої. Практикою і теорією доведено, що із зростанням середніх термінів експлуатації техніки збільшуються виробничі фонди, що є одним із головних чинників рентабельності виробничої експлуатації. Виробничі фонди – це сукупність основних фондів і оборотних засобів. Із збільшенням амортизаційних термінів служби машин через зношування і старіння буде зростати не тільки необхідний об'єм ремонтних робіт і технічного обслуговування, а також збільшуватиметься номенклатура цих робіт і, відповідно, буде зростати потреба в обладнанні для ремонту і обслуговування за кількістю (збільшується завантаження), і за якісним складом (збільшується номенклатура ремонтних робіт).

Потреба у складових виробничих фондів – будівлях і спорудах також буде зростати. Якщо виробнича площа, необхідна для встановлення машин на ремонт залишатиметься незмінною, то виробничі площі (ремонтні цехи, дільниці) використовувані для ремонту і обслуговування агрегатів, вузлів та систем із зростанням амортизаційного терміну служби машин мають бути збільшені. Це пояснюється також зростанням об'ємів і номенклатури робіт з ремонту і обслуговування, через зношування і старіння машин та деталей. Зміна складників виробничих витрат “обладнання” буде пропорційна зміні складника “будівлі”.

Аналогічно з основними фондами змінюються оборотні засоби, які пов'язані з ремонтом і технічним обслуговуванням. До елементів оборотних засобів, величина яких залежить від амортизаційного терміну служби машини, можна віднести матеріали і запасні частини для ремонтів.

Через зростання об'ємів робіт з ремонту і обслуговування, усунення відмов під час експлуатації зношених і старих машин,

витрати допоміжних матеріалів для обслуговування і ремонту машин (наприклад, мастила, ремонтні і лакофарбові матеріали тощо) збільшуються і, відповідно, зростають об'єми оборотних коштів, необхідних для певного їх запасу.

Елементи оборотних засобів – кількість запасних частин для ремонтів – цілком залежить від термінів експлуатації машин. Очевидно, що із зростанням термінів експлуатації машин буде збільшуватися потреба у запасних частинах, необхідних для ремонтів, усунення ймовірних відмов, а також буде мати місце збільшення оборотних коштів для створення їх необхідного запасу. Все це можливо за умови врахування чинників та складників техніко-економічного обґрунтування на базі глибокого аналізу максимально достовірного прогнозу об'ємів ринку виробничих послуг з технічного сервісу.

Висновки. Розроблені наукові засади структурно-функціонального обґрунтування системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки враховують її об'єктивну залежність від своєчасності (за тривалістю) та вчасністю (за технічним станом машин) виконання відповідних обслуговуючо-ремонтних робіт, що є основою формування адаптованої до вимог механізованих сільськогосподарських процесів системи ТОР.

Література

1. Молодик М. В. Напрями розвитку технічного сервісу в сучасних умовах / М. В. Молодик // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2003. – Вип. 86. – С. 82–86.
2. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин / М. В. Молодик. – Кіровоград : КОД, 2009. – 180 с.
3. Молодик М. В. Прогнозування розвитку та оцінка різних форм технічного сервісу в АПК України / М. В. Молодик // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К., 1999. – Вип. 6. – С 58–62.
4. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України / [Молодик М. В., Моргун А. М., Шаповал Л. І., Єна О. В. та ін.]. – К. : Рекомендації, 2001. – 170 с.
5. Сидорчук О. В. Наукові основи інженерного менеджменту технічного сервісу в рільництві / О.В. Сидорчук, С.Р. Сенчук, О.В. Кухарук. – Л. : Львів. держ. аграр. ун-т, 2001. – 170 с.

УДК 621.82

Б.М. Гевко, д.т.н., А.С. Дячун, к.т.н., Р.В. Комар, к.т.н., П.В. Босюк
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАР КОНТАКТУ ГАЛЬМІВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МУФТИ ДВОХСТОРОННЬОЇ ДІЇ

Наведена конструкція обгінної муфти двохсторонньої дії, представлені розрахункові схеми для визначення контактних сил та конструктивних параметрів пар контакту, а також виведені аналітичні залежності для визначення силових, кінематичних і технологічних параметрів.

ГАЛЬМІВНІ ЕЛЕМЕНТИ, МУФТА ДВОХСТОРОННЬОЇ ДІЇ.

Постановка проблеми. Муфти входять до складу більшості сільськогосподарських агрегатів та механізмів і мають значний вплив на їх експлуатаційні і технічні характеристики. Поряд із передачею обертового руху муфти виконують ще й інші функції. Зокрема це захист від перевантаження, компенсація зміщень з'єднаних валів, амортизація поштовхів, ударних навантажень та вібрацій, що супроводжують роботу різного роду машин та механізмів. При проектуванні нових конструкцій муфт постійною є проблема вибору їх оптимальних параметрів в залежності від їх співвідношення, умов експлуатації, бажаних функціональних характеристик та багатьох інших факторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання визначень взаємозалежностей конструктивно-силових параметрів обгінних муфт розглянуті у працях В.С. Полякова, І.Д. Барбаша, В.О. Малащенко, В.Т. Павлице [1, 2, 3]. Проте розрахунок кожного пристрою має свою специфіку, оскільки кожна із конструкцій характеризується наявністю тих чи інших конструктивних елементів, які впливають на характер їх спрацювання.

Метою роботи є розробка методики розрахунку основних конструктивно-силових параметрів пари контакту розробленого пристрою.

Робота виконується в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки “Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі” на 2006–2015 роки.

Робота муфти обгону двохсторонньої дії (рис. 1) здійснюється наступним чином. Обертовий момент передається від приводної

зірочки на зовнішню обойму, кільце 7 і розрізні циліндричні гальмівні сектори 1. Останні передають обертовий момент на гальмівні елементи 9 і вал, який обертає робочий орган силосозбирального комбайна чи іншої машини (на кресленні не показано).

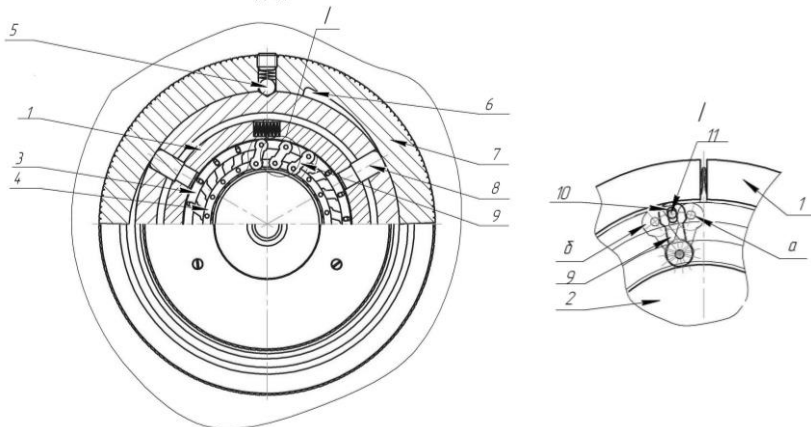


Рис. 1 – Обгінна муфта

Нижній сепаратор за допомогою пальців закріплено до кільця 7, а верхній 3 пальцями 11 до шайби. Нижніми отворами гальмівні елементи 9 є у взаємодії з пальцями 11 з можливістю відносного переміщення і які жорстко закріплені до торця внутрішнього сепаратора, а верхні розгінні видовжені отвори 10 виконані у вигляді розгінних видовжених пазів, що є у взаємодії з пальцями 11, які жорстко закріплені до торця зовнішнього сепаратора з можливістю відносного переміщення. Якщо гальмівні елементи 9 в механізмі знаходяться під нахилом вправо (поз. а, рис. 1), то вал вільно обертається проти годинникової стрілки. Зворотній рух вала неможливий через заклинювання гальмівних елементів 9 між сегментом 1 та валом.

Для зміни руху вала необхідну повернути кільце 7 таким чином, щоб направляючі пальці 5 опинилися у виїмці, тим самим циліндричні гальмівні сектори 9 за допомогою пружин 2 збільшують свій внутрішній діаметр і звільняють гальмівні елементи від навантаження. За допомогою шайби переміщують верхній сепаратор 3 вліво (поз. б, рис. 1), для чого виконані розгінні пази. Кільце 7 повертається назад до фіксації його кулькою 5. При цьому вал вільно обертається в протилежну сторону (за годинниковою стрілкою).

Дана обгінна муфта передає крутний момент за рахунок само-заклинювання гальмівних елементів під час їх контакту із внутрішньою

поверхню зовнішньої обійми пристрою. Умова самозаклинювання забезпечується комплексною дією сил тертя в точках контакту безпосередньо зовнішніх поверхонь контактних ланок внаслідок їх провертання на своїх осях.

Згідно розрахункової схеми (рис. 2) результуючу силу F_p , яка протидіє силі контакту W гальмівних елементів, яка є складовою умови самозаклинювання, можна виразити через нормалі сили N_1 і N_2 , що виникають на поверхнях контакту осі і пазів контактної ланки.

$$F_p = N_1 \sin(\alpha/2) + N_2 \sin(\alpha/2) = \sin(\alpha/2)(N_1 + N_2), \quad (1)$$

де α – кут нахилу поверхні контактної ланки.

Згідно розрахункової схеми умова рівноваги сил, при якій забезпечується умова самозаклинювання гальмівних елементів, є наступною:

$$W \geq F_p \cos(\alpha/2) + F_{T1} \cos(\alpha/2) + F_{T2} + F_{T\dot{E}} / [\operatorname{tg}(\alpha/2)]; \quad (2)$$

$$W \geq F_p \cos(\alpha/2) + F_{T1} \cos(\alpha/2) + F_{T2} + \frac{F_{T\dot{E}} \cos(\alpha/2)}{\sin(\alpha/2)}; \quad (3)$$

$$W \geq F_{T2} + \cos(\alpha/2) \left(F_p + F_{T1} + \frac{F_{T\dot{E}}}{\sin(\alpha/2)} \right). \quad (4)$$

Значення сил тертя можна виразити через одну із нормалей N_1 або N_2 . Відповідно сила тертя рівна [1]

$$F_{T1} = N_1 f; \quad (5)$$

$$F_{T2} = N_2 f; \quad (6)$$

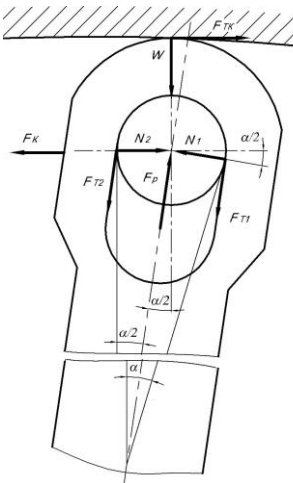


Рис. 2 – Розрахункова схема сил контакту гальмівного елемента у зачепленні муфти

$$F_{TK} = N_1 f / \cos(a/2), \quad (7)$$

де f – коефіцієнт тертя.

З урахуванням рівності (1) і залежностей (5), (6), (7) умову забезпечення самозаклинювання гальмівних елементів можна записати у наступному вигляді

$$W \text{ і } N_2 (f + \cos(a/2) \sin(a/2)) + N_1 \cos(a/2) \sin(a/2) + f + \frac{f}{\cos(a/2) \sin(a/2)} \quad (8)$$

Як видно із розрахункової схеми нормальна сила N_2 є протилежно напрямленій силі контакту F_K , але рівною їй за значенням.

$$N_2 = F_K. \quad (9)$$

Тобто силу контакту між однією ланкою і внутрішньою поверхнею муфти знайдемо з умови (8)

$$N_2 (f + \cos(a/2) \sin(a/2)) - N_1 \cos(a/2) \sin(a/2) + f + \frac{f}{\cos(a/2) \sin(a/2)} = N_2 \frac{f + \cos(a/2) \sin(a/2) + f + \frac{f}{\cos(a/2) \sin(a/2)}}{f + \cos(a/2) \sin(a/2)}, \quad (10)$$

Відповідно сила контакту однієї ланки рівна

$$F_K = \frac{W - N_1 \cos(a/2) \sin(a/2) + f + \frac{f}{\cos(a/2) \sin(a/2)}}{f + \cos(a/2) \sin(a/2)}. \quad (11)$$

Значення сили контакту можна розрахувати згідно розрахункової схеми, наведеної на рисунку 3.

Відповідно момент в кінцевому положенні контактної ланки рівний

$$M_l = W [R \sin j + r + b \sin(a/2 + j)]. \quad (12)$$

Із виразу $R = (b - r) / \sin j$ визначимо $b = R \sin j + r$ і підставивши у залежність (12), отримаємо

$$M_l = W [b + b \sin(a/2 + j)]. \quad (13)$$

де b – величина робочого ходу контактної ланки; φ – кут тертя.

Після відповідного перетворення отримаємо кінцеву залежність між моментом і силою контакту

$$M = Wb[l + \sin(\alpha/2 + j)] \frac{R}{b} \quad (14)$$

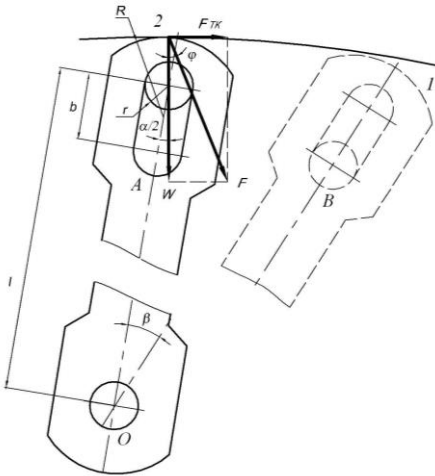


Рис. 3 – Розрахункова схема для визначення залежності між моментом і силою контакту гальмівних елементів

Метою подальших розрахунків є встановлення функціональної залежності між величиною робочого ходу b і кутом β провертання контактної ланки.

Згідно розрахункової схеми (рис. 3) під час передачі крутного моменту відбувається заклинювання поверхонь контактних ланок гальмівних елементів внутрішньою поверхнею муфти, тобто опорна площина ланки переміщується з положення 1 в положення 2, відповідно величина переміщення визначається лінійним переміщенням вісі контактної ланки по її пазу,

дана величина l є величиною робочого ходу b . Між даною величиною і кутом β провертання контактної ланки відносно нерухомої осі O існує відповідна залежність, яку можна встановити згідно розрахункової схеми (рис. 3).

Для встановлення даної залежності розглянемо трикутник ABO (рис. 3), згідно якого

$$AO = OB \varphi \cos b. \quad (15)$$

Шляхом подальших перетворень отримаємо

$$b - b \varphi \cos b = l \varphi \cos b + l - r; \quad b(1 - \cos b) = l \varphi \cos b + l - r;$$

$$b = \frac{l \varphi \cos b + l - r}{(1 - \cos b)}. \quad (16)$$

Рівність (16) і є шуканим співвідношенням між величиною робочого ходу і кутом провертання гальмівних елементів.

Для встановлення функціональної залежності між величиною робочого ходу і кутом повертання контактної ланки проведемо теоретичне дослідження рівності (16) шляхом підстановки числових значень відстані між осями контактної ланки l , радіуса осі r та кута її повертання β . Під час теоретичного дослідження числові значення відстані між осями контактної ланки конструктивно приймалися в межах $l=20\dots60$ мм; радіуса осі $r=2\dots5$ мм; кута повертання $\beta=10\dots25^\circ$.

Шляхом аналізу числових даних, отриманих в результаті розрахунку залежності (16), а також, аналізуючи отримані графічні залежності $b = f(\beta)$ встановлено, що співвідношення між величиною робочого ходу та кутом повертання контактної ланки має чітко виражену лінійну залежність в діапазоні кроку кута повертання 5° . Встановлено, що за межами $18\dots20^\circ$ спостерігається різке зростання числового значення величини робочого ходу, що на практиці може свідчити про виникнення в даному діапазоні кутів умови самозаклинювання. Проте для підтвердження даного припущення необхідна серія експериментальних досліджень.

Висновки. Розроблена конструкція муфти двохсторонньої дії приводів сільськогосподарських машин з гальмівними елементами у вигляді вісімки з поздовжнім пазом верхнього отвору, отвори гальмівних елементів встановлені на пальці для їх точного центрування. Виведені аналітичні залежності для визначення конструктивних і силових параметрів муфти двохсторонньої дії.

Література

1. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
2. Малащенко В.О., Гащук П.М., Сороківський О.І., Малащенко В.В. Кулькові механізми вільного ходу. – Львів: Новий Світ - 2000, 2012. – 212 с.
3. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. – Л.: Политехника, 1991. – 383 с.

УДК 631.358:633.521

І.М. Дударєв, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВАЛЬЦЬОВОГО ЛЬОНОБРАЛЬНОГО АПАРАТА

У статті представлені результати теоретичних досліджень роботи вальцьового льонобрального апарата. Отримано залежності для визначення потужності, що необхідна для привода вальців льонобрального апарата та умов витягування стебел льону з ґрунту.

ЛЬОНОБРАЛЬНИЙ АПАРАТ, ВАЛЕЦЬ, ПОТУЖНІСТЬ, ЛЬОН.

Постановка проблеми. У технології збирання льону однією з найбільш важливих операцій є брання льону. Саме від брання льону залежить якість сформованої стрічки льону (розтягнутість, кут перекосу стебел, пошкодження, переплутаність) та ефективність усіх наступних технологічних операцій. Існуючі конструкції бральних апаратів мають низку недоліків. Таким чином, актуальним є розробка та дослідження роботи нової конструкції льонобрального апарата з врахуванням недоліків і переваг існуючих.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняними та закордонними науковцями запропоновано різноманітні конструкції льонобральних апаратів [1, 2]. Серед них необхідно відзначити розробки вітчизняних науковців Г.А. Хайліса, О.О. Налобіної та С.Ф.Юхимчука. Разом з тим, у зв'язку з розробкою вальцьового льонобрального апарата необхідне проведення додаткових теоретичних досліджень для обґрунтування його параметрів.

Мета дослідження – дослідження роботи вальцьового льонобрального апарата.

Результати дослідження. Дослідимо процес брання стебел льону вальцьовим льонобральним апаратом [3]. Розглянемо взаємодію вальця, що має гвинтовий паз, з пучком стебел льону у момент, коли пучок стебел попадає в паз та починається витягування стебел з ґрунту. Для визначення сили нормального тиску N_2 вальця на пучок стебел припустимо, що нормальний тиск розподілений рівномірно для точок контакту вальця з стеблами:

$$dN_2 = p_2 r_{cn} d\alpha dS, \quad (1)$$

де p_2 – нормальний тиск вальця з гвинтовим пазом на пучок стебел льону, Па; r_{cn} – радіус напівкруглого поперечного січення гвинтового

паза, м; $d\alpha$ – елементарний кут контакту пучка стебел з поверхнею паза в його напівкруглому поперечному січенні, град.; dS – елементарна довжина гвинтового паза (гвинтової лінії) вздовж якої відбувається контакт пучка стебел з поверхнею паза, м.

Розташуємо початок системи координат xuz на осі вальця з гвинтовим пазом так, як показано на рис. 1 а, спрямувавши вісь z вздовж осі обертання вальця. Система координат xuz обертається разом з вальцем навколо його осі обертання (осі z) з кутовою швидкістю ω . Початок гвинтової лінії паза (точка A) має координати $x_A = r_2; y_A = 0; z_A = 0$ та кут $\varphi = 0$ (де φ – кут між додатнім напрямком осі x та проекцією радіус-вектора довільної точки, що розміщена на гвинтовій лінії, на площину xOy , град.).

Для забезпечення попадання пучка стебел у гвинтовий паз необхідно, щоб валець з пазом був довшим за гладкий валець зі сторони входження стебел у робочу зону вальців на величину $2r_{cn}$. Витягування стебел з ґрунту розпочинається з моменту потрапляння пучка в робочу зону вальців. Тобто з моменту попадання пучка в паз до моменту, коли розпочинається витягування стебел, пучок переміститься вздовж вальця з гвинтовим пазом на відстань $2r_{cn}$, при цьому валець повернеться на кут, значення якого $\varphi \rightarrow 0$. Таким чином, для подальших досліджень можна знехтувати величиною цього кута та прийняти, що витягування стебел розпочинається при куті $\varphi = 0$. У цей момент початок гвинтової лінії паза (точка A), співпадає з початком робочої зони вальців, а довжина гвинтової лінії паза $S = 0$.

Визначимо проекції елементарної сили нормального тиску на осі x , y та z :

$$\begin{aligned} dN_{2x} &= dN_2 \cos \alpha \cos j = p_2 r_{cn} \cos \alpha da \cos j dS; \\ dN_{2y} &= dN_2 \cos \alpha \sin j = p_2 r_{cn} \cos \alpha da \sin j dS; \\ dN_{2z} &= dN_2 \sin \alpha \cos \psi = p_2 r_{cn} \sin \alpha da \cos \psi dS, \end{aligned} \quad (2)$$

де ψ – кут підйому гвинтової лінії паза, град.

Диференціал довжини дуги гвинтової лінії (паза), вздовж якої відбувається контакт пучка стебел з поверхнею паза:

$$dS = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}. \quad (3)$$

Диференціали dx , dy та dz визначимо з системи рівнянь, яка описує гвинтову лінію паза:

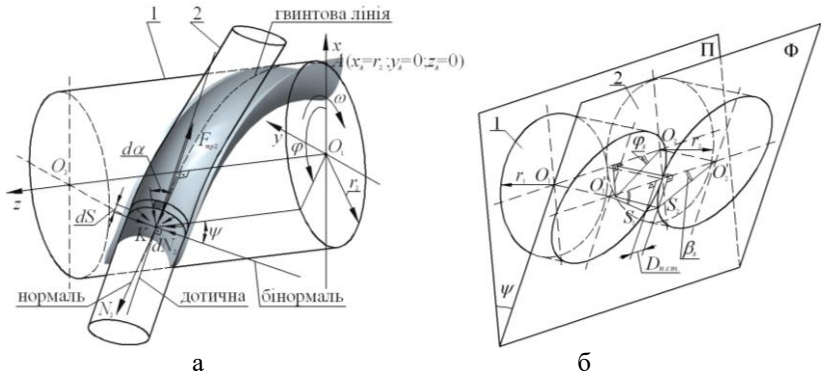


Рис. 1 – Розрахункові схеми: а – схема до визначення сили нормального тиску N_2 вальця з гвинтовим пазом на пучок стебел льону (1 – валець з гвинтовим пазом; 2 – пучок стебел); б – схема до визначення кута φ_s (1 – гладкий валець; 2 – валець з гвинтовим пазом)

$$\left. \begin{aligned} dx &= -r_2 \omega \sin(\omega t) dt; \\ dy &= r_2 \omega \cos(\omega t) dt; \\ dz &= \left[V_0 + \frac{V_0(k_{p.cm.} - 1)\omega t}{\varphi_k} \right] dt. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Після підстановки рівнянь (4) у рівняння (3), отримаємо:

$$dS = \sqrt{\frac{V_0^2(k_{p.cm.} - 1)^2 \omega^2}{\varphi_k^2} t^2 + \frac{2V_0^2(k_{p.cm.} - 1)\omega}{\varphi_k} t + r_2^2 \omega^2 + V_0^2} dt. \quad (5)$$

Позначимо $A = (V_0^2(k_{p.cm.} - 1)^2 \omega^2) / \varphi_k^2$, $C = r_2^2 \omega^2 + V_0^2$ та

$B = (2V_0^2(k_{p.cm.} - 1)\omega) / \varphi_k$, тоді матимемо $dS = \sqrt{At^2 + Bt + C} dt$.

Враховуючи, що $\varphi = \omega t$, система (2) матиме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} dN_{2x} &= p_2 r_{cn} \cos \alpha d\alpha \cos(\omega t) \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ dN_{2y} &= p_2 r_{cn} \cos \alpha d\alpha \sin(\omega t) \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ dN_{2z} &= p_2 r_{cn} \sin \alpha d\alpha \cos \psi \sqrt{At^2 + Bt + C} dt. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Нехай кут контакту пучка стебел з поверхнею паза в його напівкруглому поперечному січенні змінюється симетрично відносно осі симетрії січення в межах $\alpha \in [-\alpha_k; \alpha_k]$, проінтегруємо рівняння системи (6) по α в межах від $-\alpha_k$ до α_k :

$$\begin{aligned} N_{2x} &= 2p_2 r_{cn} \sin \alpha_k \int_0^{t_k} \cos(\omega t) \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{2y} &= 2p_2 r_{cn} \sin \alpha_k \int_0^{t_k} \sin(\omega t) \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{2z} &= 0, \end{aligned} \quad (7)$$

де t_k – час ($t_k = \varphi_s / \omega$), с; φ_s – кут між додатнім напрямком осі x та проєкцією радіус-вектора точки гвинтової лінії на площині xOy , що визначає кінець дуги гвинтової лінії (паза), вздовж якої відбувається контакт пучка стебел з поверхнею паза, град.

Визначимо кут φ_s , що визначає зону контакту вальця з гвинтовим пазом та пучка стебел. Перетнемо вальці брального апарата в зоні контакту з пучком стебел січною площиною Φ , кут між якою та площиною Π , яка перпендикулярна осям вальців, складає ψ (рис.1б). Площина Φ паралельна стеблам льону в момент їх надходження в бральну секцію. Таким чином, у січенні гладкого вальця матимемо еліпс, мала піввісь якого рівна радіусу гладкого вальця $b_{ne1} = r_1$, а велика піввісь – $a_{ne1} = r_1 / \cos \psi$. У січенні вальця з гвинтовим пазом площиною Φ матимемо теж еліпс, мала піввісь якого рівна $b_{ne2} = r_2$, а велика піввісь – $a_{ne2} = r_2 / \cos \psi$. Прийmemo, що радіуси вальців рівні $r_1 = r_2 = b_{ne1}$, кути контакту гладкого вальця та вальця, що має гвинтовий паз, з пучком стебел у площині Φ рівні між собою та рівні куту β_s . Також прийmemo, що відстань між центрами еліпсів рівна величині $2b_{ne1}$, тоді справедлива рівність:

$$r_s \cos \beta_s + r_s \cos \beta_s + D_{n.cm.} = 2b_{ne1}, \quad (8)$$

де r_s – радіус еліпса у точці еліпса S , м; $D_{n.cm.}$ – діаметр пучка стебел до його ущільнення в гвинтовому пазу, м.

Точки S_1 та S_2 у площині Φ визначають початок зони контакту вальців з пучком стебел, коли він не ущільнений.

Припустимо, що площа поперечного січення стебел на початку зони контакту за умови, що усі стебла мають однаковий діаметр d_c , складає

$F_{n.cm.} = \pi D_{n.cm.}^2 / 4$. З іншої сторони, приймаючи, що площа пучка стебел рівна сумі площ поперечних січень стебел у пучку, отримаємо $F_{n.cm.} = \pi^2 d_c^2 V_a n_{cm} b_c / (2\omega z_n)$ (де V_a – швидкість руху агрегата полем, м/с; n_{cm} – кількість стебел льону, що припадає на 1 м² поля, шт./м²; b_c – ширина захвату бральної секції, м; z_n – кількість заходів гвинтового паза вальця, шт.). Прирівнюючи вирази для $F_{n.cm.}$,

отримаємо $D_{n.cm.} = \sqrt{\frac{2\pi d_c^2 V_a n_{cm} b_c}{\omega z_n}}$. Якщо прийняти, що площина Φ січе пучок стебел вздовж нього навпіл, тоді $S_1 S_2 = D_{n.cm.}$.

Радіуси еліпсів у точках еліпсів S_1 та S_2 за прийнятих припущень однакові $O_1 S_1 = O_2 S_2 = r_s$ та визначаються за залежністю:

$$r_s = \frac{b_{nel}}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \beta_s\right)}} = \frac{b_{nel}}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \beta_s}}, \quad (9)$$

де e – ексцентриситет еліпса $e^2 = 1 - \frac{b_{nel}^2}{a_{nel}^2} = 1 - \cos^2 y = \sin^2 y$.

Після підстановки формули (9) у вираз (8) та врахування, що $D_{n.cm.} = 2r_{n.cm.}$, після перетворень матимемо:

$$b_s = \arcsin \sqrt{\frac{1}{\frac{b_{nel}^2 (\sin^2 y - 1)}{r_{n.cm.} (r_{n.cm.} - 2b_{nel})} + \sin^2 y}} \quad (10)$$

Кут φ_s визначається за залежністю (рис. 1 б):

$$\cos \varphi_s = \frac{r_s \cos \beta_s}{b_{nel}} \quad \text{або} \quad \varphi_s = \arccos \left[\frac{r_s \cos \beta_s}{b_{nel}} \right]. \quad (11)$$

Оскільки у зоні контакту пучка стебел з вальцями кут $\varphi_s < 18^\circ$, тоді з достатньою для практичних цілей точністю можна записати, що $\sin \varphi \approx \varphi = \omega t$ та $\cos \varphi \approx 1$. Тоді з системи (7) матимемо:

$$\left. \begin{aligned} N_{2x} &= 2p_2 r_{cn} \sin \alpha_k \int_0^{t_k} \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{2y} &= 2p_2 r_{cn} \omega \sin \alpha_k \int_0^{t_k} t \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{2z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Інтегруємо рівняння системи (12) по t в межах від 0 до t_k :

$$N_{2x} = \frac{p_2 r_{cn} \sin \alpha_k}{2A} \left(2At_k + B \right) \sqrt{At_k^2 + Bt_k + C} + \frac{4AC - B^2}{2\sqrt{A}} \ln \left| \frac{2At_k + \sqrt{t_k^2 + \frac{Bt_k + C}{A}} + B}{B + 2\sqrt{AC}} \right| - B\sqrt{C} \quad (13)$$

$$N_{2y} = \frac{p_2 r_{cn} \omega \sin \alpha_k}{4A^2} \left(\frac{At(4At + B) + 8AC - 3B^2}{3} \sqrt{At^2 + Bt + C} + \frac{B(B^2 - 4AC)}{2\sqrt{A}} \ln \left| \frac{B + 2At + \sqrt{t^2 + \frac{Bt + C}{A}}}{B + 2\sqrt{AC}} \right| - \frac{8AC - 3B^2}{3} \sqrt{C} \right) \quad (14)$$

Таким чином, сила нормального тиску вальця з гвинтовим пазом на пучок стебел $N_2 = \sqrt{N_{2x}^2 + N_{2y}^2 + N_{2z}^2}$, а сила тертя між вальцем з гвинтовим пазом та пучком стебел $F_{mp2} = f_2 N_2$ (де f_2 – коефіцієнт тертя між поверхнею вальця та пучком стебел).

Точки прикладання сил N_2 та F_{mp2} лежать у поперечному січненні гвинтового паза, що на половині довжини гвинтової лінії вздовж якої пучок стебел контактує з пазом вальця. Пряма, вздовж якої діє сила тертя F_{mp2} (приймаючи, що кручення пучка стебел у пазу відносно своєї осі не відбувається), паралельна дотичній до гвинтової лінії в точці, яка визначає половину довжини гвинтової лінії $S(\varphi_s/2)$ паза, вздовж якої пучок стебел контактує з поверхнею паза, а сила N_2 діє вздовж нормалі до гвинтової лінії в цій точці.

Момент проекції сили F_{mp2} на площину, що перпендикулярна осі вальця, відносно осі обертання вальця з пазом:

$$M_{f_2} = F_{mp2} h_{mp2} \cos \psi_{mp2} = f_2 N_2 h_{mp2} \cos \psi_{mp2}, \quad (15)$$

де h_{mp2} – плече сили тертя ($h_{mp2} = r_2 - r_{cn}$), м; ψ_{mp2} – кут підйому гвинтової лінії паза в точці, яка визначає половину довжини гвинтової лінії $S(\varphi_s/2)$, вздовж якої пучок контактує з поверхнею паза, град.

Потужність, необхідна для привода вальця з гвинтовим пазом:

$$W_2 = f_2 N_2 \omega (r_2 - r_{cn}) \cos \psi_{mp2}. \quad (16)$$

Якщо валець має z_n заходів гвинтового паза та враховуючи, що кут $\varphi_k < 2\pi$, тоді одночасно в робочій зоні браального апарата перебуватиме $z_{n.cm} = \varphi_k / \varphi_n$ пучків стебел (де $\varphi_n = 2\pi / z_n$ – кутовий крок між заходами гвинтового паза, рад.). Приймаючи, що усі пучки містять однакову кількість стебел з однаковими параметрами, а також що незалежно від положення пучка вздовж робочої зони вальців необхідно прикладати однакове зусилля для їх витягування, тоді потужність для привода вальця з гвинтовим багатозахідним пазом:

$$W_{2z} = f_2 N_2 \omega z_{n.cm} (r_2 - r_{cn}) \cos \psi_{mp2}. \quad (17)$$

Приємо, що довжина зони контакту пучка стебел з гладким вальцем рівна довжині гвинтового паза (гвинтової лінії), вздовж якої пучок стебел контактує з вальцем. Нехай зона контакту пучка стебел з гладким вальцем симетрична до такої ж зони вальця з пазом відносно вертикальної площини в якій лежить лінія контакту вальців, а ширину зони контакту приймаємо $2r_{cn} \cos \psi_{mp2}$. Згідно з припущеннями, кручення пучка стебел у пазу не відбувається, тоді сила тертя F_{mp1} між пучком і гладким вальцем спрямована симетрично до F_{mp2} відносно вертикальної площини. Для визначення сили нормального тиску N_1

гладкого вальця на пучок припустимо, що нормальний тиск розподілений рівномірно для точок контакту вальця з стеблами:

$$dN_1 = 2p_1 r_{cn} \cos\psi_{mp2} dS, \quad (18)$$

де p_1 – нормальний тиск гладкого вальця на пучок стебел льону, Па.

Розташуємо початок системи координат xuz на осі гладкого вальця так як на рис. 2 а. Система координат xuz обертається разом з гладким вальцем навколо його осі z з кутовою швидкістю ω . Витягування стебел з ґрунту починається у момент, коли кут $\varphi = 0$, а вісь x проходить через початок робочої зони вальців. Визначимо проєкції елементарної сили нормального тиску на осі x , y та z :

$$\left. \begin{aligned} dN_{1x} &= dN_1 \cos\varphi = 2p_1 r_{cn} \cos\psi_{mp2} \cos\varphi dS; \\ dN_{1y} &= dN_1 \sin\varphi = 2p_1 r_{cn} \cos\psi_{mp2} \sin\varphi dS; \\ dN_{1z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

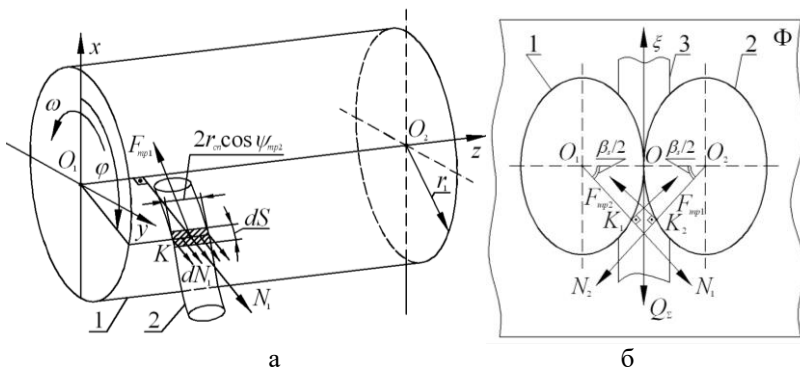


Рис. 2 – Розрахункові схеми: а – схема до визначення сили нормального тиску N_1 (1 – гладкий валець; 2 – пучок стебел); б – схема до визначення умови витягування стебел льону з ґрунту (1 – гладкий валець; 2 – валець з гвинтовим пазом; 3 – пучок стебел)

Приймаючи, що $\sin \varphi \approx \varphi = \omega t$ та $\cos \varphi \approx 1$, матимемо:

$$\left. \begin{aligned} N_{1x} &= 2p_1 r_{cn} \cos \psi_{mp2} \int_0^{t_k} \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{1y} &= 2p_1 r_{cn} \omega \cos \psi_{mp2} \int_0^{t_k} t \sqrt{At^2 + Bt + C} dt; \\ N_{1z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Інтегруємо рівняння системи (20) по t в межах від 0 до t_k :

$$N_{1x} = \frac{p_1 r_{cn} \cos \psi_{mp2}}{2A} (At_k + B) \sqrt{At_k^2 + Bt_k + C} + \frac{4AC - B^2}{2\sqrt{A}} \ln \left| \frac{2At_k + \sqrt{t_k^2 + \frac{Bt_k + C}{A}} + B}{B + 2\sqrt{AC}} \right| - B\sqrt{C} \quad (21)$$

$$N_{1y} = \frac{p_1 r_{cn} \omega \cos \psi_{mp2}}{4A^2} At(4At + B) + \frac{8AC - 3B^2}{3} \sqrt{At^2 + Bt + C} + \frac{B(B^2 - 4AC)}{2\sqrt{A}} \ln \left| \frac{B + 2A\sqrt{t^2 + \frac{Bt + C}{A}}}{B + 2\sqrt{AC}} \right| - \frac{8AC - 3B^2}{3} \sqrt{C} \quad (22)$$

Таким чином, сила нормального тиску гладкого вальця на пучок стебел $N_1 = \sqrt{N_{1x}^2 + N_{1y}^2 + N_{1z}^2}$, а сила тертя між гладким вальцем та пучком стебел $F_{mp1} = f_1 N_1$ (де f_1 – коефіцієнт тертя між поверхнею

вальця та пучком стебел). Момент проекції сили F_{mp1} на площину, що перпендикулярна осі вальця, відносно осі обертання гладкого вальця:

$$M_{f1} = f_1 N_1 r_1 \cos \psi_{mp2} \cdot \quad (23)$$

Потужність, що необхідна для привода гладкого вальця:

$$W_1 = f_1 N_1 \omega r_1 \cos \psi_{mp2} \cdot \quad (24)$$

Якщо у бра́льній секції поряд з гладким вальцем встановлено валець, що має z_n заходів гвинтового пазу, тоді матимемо:

$$W_{1z} = f_1 N_1 \omega z_{n.cm} r_1 \cos \psi_{mp2} \cdot \quad (25)$$

На рис. 3 а представлені графічні залежності потужностей, що необхідні для привода вальців, від кутової швидкості ω .

Прийемо, що нормальний тиск гладкого вальця та вальця з гвинтовим пазом на пучок стебел льону рівні $p_1 = p_2 = p$:

$$p = E\varepsilon = E(1 - F_{cn}/F_{n.cm}) = E(1 - l/l_c), \quad (26)$$

де E – модуль пружності, Па; ε – відносна деформація пучка стебел ($\varepsilon = (F_{n.cm} - F_{cn})/F_{n.cm}$); F_{cn} – площа січення гвинтового пазу, м²; l_c – коефіцієнтом заповнення перерізу групою стебел.

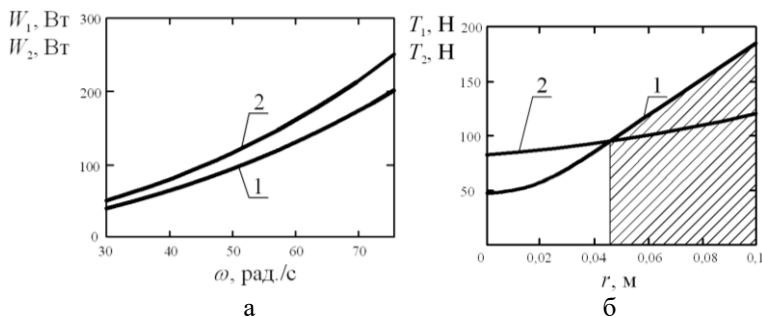


Рис. 3 – Графічні залежності (при $d_c=0,0015$ м; $V_a=1,39$ м/с; $b_c=0,25$ м; $\omega = 54,5$ рад./с; $r=0,05$ м; $z_n=8$ шт., $\lambda_c=2$; $f_1=0,6$; $f_2=0,7$; $n_{cm}=2000$ шт./м²; $k_{p.cm}=1,8$; $\varphi_k = \pi$ рад.; $E=2 \cdot 10^6$ Па; $\psi_{mp2}=0,47$ рад.; $Q=7$ Н; $z_{n.cm}=1$ шт.): а) 1 – потужності необхідної для привода гладкого вальця від кутової швидкості $W_1(\omega)$; 2 – потужності необхідної для привода вальця з гвинтовим пазом від кутової швидкості $W_2(\omega)$; б) 1 – $T_1(r)$; 2 – $T_2(r)$ (заштрихована область – область допустимих значень радіуса вальця)

Визначимо умову за якої буде забезпечено рух пучка стебел вверх вздовж гвинтового паза вальця (витягування стебел з ґрунту) у початковий момент брання. Для цього спроекуємо усі сили на вісь ξ (рис. 2 б), що спрямована вверх у площині Φ , кут між якою та площиною, яка перпендикулярна осям вальців, складає ψ_{mp2} :

$$(F_{mp1} + F_{mp2}) \cos(\beta_s/2) > (N_1 + N_2) \sin(\beta_s/2) + Q_\Sigma, \quad (27)$$

де Q_Σ – сумарне зусилля з яким стебла у пучку, що знаходиться в гвинтовому пазу, чинять опір витягування, Н.

Сумарне зусилля Q_Σ спрямоване вздовж осі пучка стебел у площині Φ . З допустимою точністю для конструктивних розрахунків сумарне зусилля можна визначити наступним чином:

$$Q_\Sigma = i_c Q, \quad (28)$$

де i_c – кількість стебел у пучку, шт.; Q – середнє значення зусилля, необхідне для витягування одного стебла льону, Н.

Оскільки радіуси вальців рівні $r_1 = r_2 = r$, тоді позначивши $T_1(r) = (F_{mp1} + F_{mp2}) \cos(\beta_s/2)$ та $T_2(r) = (N_1 + N_2) \sin(\beta_s/2) + Q_\Sigma$, умова (27) матиме вигляд $T_1(r) > T_2(r)$. Аналізуючи графічні залежності на рис. 3 б, приходимо до висновку, що для витягування стебел льону з ґрунту радіус вальців брального апарата має бути $r > 0,05$ м.

Висновок. Отримані теоретичним шляхом залежності дозволяють визначити потужність, що затрачається на привод вальців льонобрального апарата. Також встановлена умова витягування стебел льону з ґрунту вальцьовим бральним апаратом.

Література

1. Дударев І.М. Теоретичні основи розрахунку машин для універсальної технології збирання та післязбиральної обробки льону: Монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид. від. ЛНТУ, 2013. – 164 с.
2. Юхимчук С.Ф. Безпасові льонобральні апарати // С.Ф.Юхимчук, С.В. Синій // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 4. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – С. 197–200.
3. Пат. №102634 Україна, МПК А01 D45/06, А01 F11/00. Вальцьовий льонобральний апарат / Дударев І.М. Заяв. 25.04.2012; опубл. 25.07.2013; Бюл. № 14.
4. Пат. №103445 Україна, МПК А01 D45/00, А01 D45/06, А01 F11/00. Вальцьовий льонобральний апарат / Дударев І.М.; Заяв. 03.12.2012; опубл. 10.10.2013; Бюл. № 19.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 622.331

© В.Ф. Дідух, д.т.н.

Львівський національний аграрний університет

С.Ф. Бабарика, к.т.н.

Ковельський промислово-економічний коледж Луцького НТУ

В.В. Сацюк, к.т.н., М.М. Поліщук, Ю.А. Хомич

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБУРЮЮЧИХ СИЛ НА КОЛИВАННЯ МАШИНИ

У статті подано результати дослідження впливу збудуючих сил на процес коливання машини для внесення твердих органічних добрив.

КОЛИВАННЯ, БІТЕР, СИЛА ІНЕРЦІЇ, МАСА, МАШИНА, МОДЕЛЬ.

Постановка проблеми. Проведення лабораторно-польових досліджень машини для внесення твердих органічних добрив МТО-7 показало, що в процесі їх розкидання виникають значні динамічні коливання машини, які передаються на МТА загалом [1]. При цьому амплітуда коливань зростає із зменшенням маси органічних добрив у кузові машини.

Коливання машини виникають як у вертикальній, так і у горизонтальних площинах. Коливання у вертикальній площині викликаються, як правило, нерівностями поверхні поля. Тому конструкція ходової частини машини передбачає гумовий хід та наявність торсійної підвіски. Горизонтальні коливання є більш небезпечними з точки зору руйнування як самих збудуючів коливань, якими є активні розкидаючі пристрої, так і окремих елементів складових вузлів машини, що утворюють механічні системи та сприймають виниклі динамічні навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження процесу коливання машин проведено авторами [2], але вплив збудуючих сил на процес коливання машини для внесення твердих органічних добрив із вертикально розташованими бітерами розглянутий недостатньо.

Мета досліджень. Визначити вплив збудуючих сил на коливання машини для внесення твердих органічних добрив.

Результати дослідження. Імітаційну модель роботи вертикального бітерного розкидача зображено на рис.1. Аналіз даної механічної системи вказує, що джерелом виникнення горизонтальних коливань будуть бітери, поверхні яких, з певним допущенням, можна представити у вигляді зосереджених мас m_i , що обертаються із сталими кутовими швидкостями w_i відносно центрів O_i . Такі припущення дозволяють дослідити появу дисбалансів при зміні мас m_i .

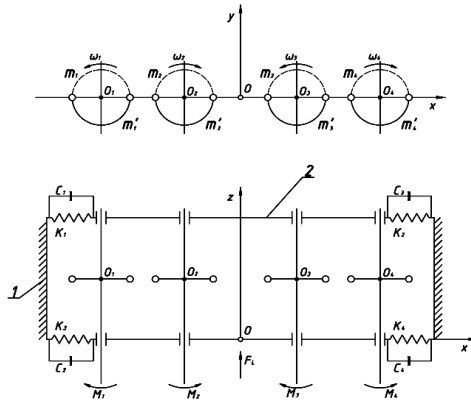


Рис.1 – Розрахункова схема визначення збуджуючих сил на коливання кузова машини: 1 – кузов розкидача; 2 – чотирибітерний розкидаючий пристрій

Розкидаючий пристрій машини МТО-7 складається із чотирьох вертикально розміщених бітерів, які попарно обертаються з кутовою швидкістю w_1, w_2, w_3, w_4 у протилежні напрями.

Навантаження F_i , яке створює вимушені навантаження на валу бітерів від взаємодії сапропелів з бітерами, що подаються ланцюгово-планчастим транспортером визначатиметься за формулою:

$$F_i = F_{rc} \Psi \sin nt, \tag{1}$$

де F_{rc} – горизонтальна складова від тиску сапропелю, що виникає під час роботи бітера (залежить від маси сапропелів та його густини, частоти обертання бітера); n – циклічна частота коливання бітерів, що виникає внаслідок нерівномірності попадання сапропелів на поверхні окремих бітерів.

Зображену на рис. 1 модель представлено у вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними зв'язками. Пружні зв'язки є

допустимо невагомими і характеризуються постійним коефіцієнтом жорсткості.

Місцевими напруженнями і деформаціями окремих елементів нехтуємо. До зосереджених мас відносимо: $M_0(t)$ - масу добрив; M_1 – масу кузова із розміщеними у ньому механізмами. M_2 – масу розкидаючого пристрою, змонтованого у жорстку раму.

Зв'язок між масами M_1 і M_2 є в'язкопружний і характеризується наступними параметрами: k_1, k_2, k_3, k_4 і c_1, c_2, c_3, c_4 (де

$k_i [кг / c_2]$; c_i відповідно лінійні коефіцієнти жорсткості та в'язкості. Дане з'єднання встановлюється між кузовом машини та

рамою розкидаючого пристрою і служить для гасіння коливань. Конструкція таких з'єднань має мати в'язко-пружні елементи для врахування виникнення резонансів їх усунення у випадках накладання частот коливань пружних елементів і елементів механічної системи.

Для коректного введення зміни величини маси сапропелю у динамічну модель, уникнувши від'ємних значень, використовуємо допоміжну алгебологічну функцію:

$$M'_0(t) = \frac{M_0(t) + P_c - |M_0(t) - P_c| + |M_0(t) + P_c - |M_0(t) - P_c||}{4}, \quad (2)$$

де P_c – допоміжна константа.

Сила тертя $F(t)$ між органічним добривом і кузовом виникає під час переміщення добрива, тому вона носить дискретний характер. Цю силу визначаємо за формулою:

$$F(t) = M'_0(t) \cdot g \cdot f, \quad (3)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ; f – коефіцієнт тертя між добривом і кузовом.

Для математичного опису коливань у механічній системі згідно запропонованої моделі та врахуванням зміни маси органічних добрив у кузові машини (рис.1) застосуємо принцип Д'Аламбера:

$$\begin{aligned} m \ddot{x} + k \dot{x} + cx &= e^{-\gamma t} P_i \cos(\omega t + j_i); \\ m \ddot{y} + k \dot{y} + cy &= e^{-\gamma t} P_i \cos(\omega t + j_i); \\ I_0 \ddot{\theta} + k_j \dot{\theta} + c_j \theta &= e^{-\gamma t} P_i \cos(\omega t + j_i); \end{aligned} \quad (4)$$

де m – маса матеріалу, яка сприяє виникненню дисбалансу у i -му бітері, $кг$; P_i – збурююча сила, $Н$; I_0 – момент інерції відносно т. О; l_i –

відстань від точки прикладання збурюючої сили до точки прикладання крутного моменту на i -му бітері, м; k_j, c_j – відповідно кутові в'язкість та жорсткість в'язко-пружної системи, (Па·с, Н·м); b – кутове зміщення відносно т. О, град; j_i – кутове фазове зміщення виникнення сили інерції на i -му бітері, рад.

Сили інерції на приведених масах i -го бітера визначаємо:

$$\begin{aligned} P_{ix} &= m_i R_{np} \omega^2 \sin(\omega t + y_i), \\ P_{iy} &= m_i R_{np} \omega^2 \cos(\omega t + y_i), \end{aligned} \quad (5)$$

де m_i – приведена маса органічних добрив, що викликає дисбаланс, кг; R_{np} – приведений радіус гвинтового бітера, м; ω – частота обертання бітера, об/хв.; y_i – кутове фазове зміщення виникнення сили інерції на i -му бітері, рад.

Тоді загальна збурююча сила для чотирибітерного розкидача:

$$\begin{aligned} p &= p_1 \cos[\omega t + j_1] + p_2 \cos[\omega t + j_2] + p_3 \cos[\omega t + j_3] + \\ &+ p_4 \cos[\omega t + j_4]. \end{aligned} \quad (6)$$

Порядок рішення диференціальних рівнянь (4) наступний:

- для першого рівняння:

$$x[t] = \frac{p}{c} + e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m} t} C[1] + e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m} t} C[2]. \quad (7)$$

Постійні інтегрування $C[1]$ і $C[2]$ з початкових умов: при $t=0$

– зміщення $X=0$, швидкість $\dot{x}(t) = 0$:

$$dx = dt \left[\frac{p}{c} + e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m} t} C[1] + e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m} t} C[2] \right]. \quad (8)$$

Із системи рівнянь при $t=0$ постійні інтегрування:

$$C[1] = -\frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}, \quad C[2] = -\frac{(k + \sqrt{k^2 - 4cm})p}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}. \quad (9)$$

В результаті по x :

$$x = e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} \frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}} e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} \frac{(k + \sqrt{k^2 - 4cm})p}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}. \quad (11)$$

Аналогічний буде розв'язок для параметрів по y і b :

$$y[t] = \frac{p}{c} + e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} C[1] + e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} C[2]. \quad (12)$$

Постійні інтегрування $C[1]$ і $C[2]$ з початкових умов: при $t=0$ – зміщення $y=0$, швидкість $y'(t) = 0$:

$$dy = dt \left[\frac{p}{c} + e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} C[1] + e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} C[2] \right]. \quad (13)$$

Із системи рівнянь при $t=0$ постійні інтегрування:

$$C[1] = -\frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}, \quad C[2] = -\frac{(k + \sqrt{k^2 - 4cm})p}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}. \quad (14)$$

В результаті по y :

$$y = e^{-\frac{k + \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} \frac{p}{2c} + \frac{kp}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}} e^{-\frac{k - \sqrt{k^2 - 4cm}}{2m}t} \frac{(k + \sqrt{k^2 - 4cm})p}{2c\sqrt{k^2 - 4cm}}. \quad (15)$$

Для параметра b :

$$b[t] = \frac{lp}{c_j} + e^{-\frac{k_k - \sqrt{4c_j I_0 + k_j^2}}{2I_0}t} C[1] + e^{-\frac{k_j + \sqrt{4c_j I_0 + k_j^2}}{2m}t} C[2]. \quad (16)$$

Постійні інтегрування $C[1]$ і $C[2]$ з початкових умов: при $t=0$ – зміщення $b = 0$, швидкість $b'(t) = 0$:

$$db = dt \left[\frac{lp}{c_j} + e^{-\frac{k_j - \sqrt{4c_j I_0 + k_j^2}}{2m}t} C[1] + e^{-\frac{k_j + \sqrt{4c_j I_0 + k_j^2}}{2m}t} C[2] \right]. \quad (17)$$

Із системи рівнянь при $t=0$ постійні інтегрування:

$$C[I] = -\frac{lp}{2c_j} + \frac{k_j lp}{2c_j \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}}, \quad C[2] = -\frac{(k_j + \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2})lp}{2c_j \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}}. \quad (18)$$

В результаті по b :

$$b = \frac{lp}{c_j} - \frac{e^{\frac{k_j - \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}}{2I_0}} (k_j + \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}) p}{2c_j \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}} + e^{\frac{k_j - \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}}{2I_0}} \left(\frac{lp}{2c_j} + \frac{k_j lp}{2c_j \sqrt{-4c_j I_0 + k_j^2}} \right) \quad (20)$$

Для правої частини системи рівнянь (4) приймаємо, що збурення проявляється у вигляді складових: вертикальної P_b і горизонтальної P_g . Одна із них діє вздовж вісі ox , а інша вздовж вісі Oy . При цьому вони створюють момент відносно точки, яка знаходиться на головній вісі симетрії привідної цапфи вала бітера (рис.1) $M_b = P_b r$, де: r – радіус бітера (допускаємо, що сила сконцентрована на максимальній віддалі від центральної вісі бітера) і $M_g = P_g l$, де: l – відстань від точки прикладання моменту до точки прикладання навантаження. Тоді, результуючий момент буде визначатись як: $M = M_g + M_b = P_g l + P_b r$, що дорівнюватиме значенню статичної збурюючої сили.

З врахуванням циклічності необхідно ввести тригонометричну функцію $P_i(M_i) \sin(\omega t + j_i)$. Найбільш складний випадок буде коли j_i – зміщення фаз буде співпадати на валах, що мають один напрям обертання і коли зміщення буде на π на валах, що мають протилежний напрям обертання.

Для прикладу візьмемо $P_b = P_g$, $r = 0,1$ м, $h = 0,3$ м.

Аналітичний розв’язок системи диференціальних рівнянь (4) при різних правих частинах (збуреннях) і різних параметрах демпфера k -в’язкості і c -жорсткості, дозволяє будувати різні залежності (рис. 2), які вказують на характерні особливості коливань та дозволяють виявити причини появи, розробити заходи для їх усунення.

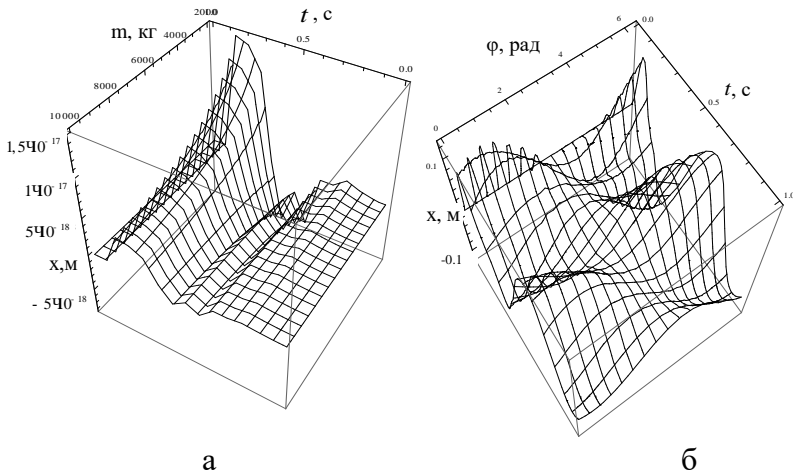


Рис. 2 – Характер виникнення коливань машини у напрямку вісі X в залежності від маси кузова з добривами, кг (а) та зсуву по фазі між збуреннями у бітерах, що обертаються в одному напрямі, рад. (б)

Висновки. Аналіз отриманих графіків (рис 2) вказує на доцільність встановлення в'язко-пружних елементів на стику з'єднання кузова машини та бітерного гвинтового розкидача, так як виникнення коливань у ньому носить випадковий характер. Частково викликані дисбалансом коливання гасяться за рахунок попарного обертання двох суміжних бітерів та встановленням у зоні приводів розкидних горизонтальних дисків, які виконують функцію маховиків.

Література

1. Бабарика С.Ф. Результати експериментальних досліджень технологічного процесу поверхневого внесення сапропелів у ґрунт / В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика, М.М. Заїкін, І.Б. Гевко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва» – Харків, 2009. – Вип. 78. – С.76-84. (дисертантом розроблено методику проведення експериментальних досліджень).
2. Вибрация в технике. Справочник. В 6-ти томах. / Под ред. Э.Э. Левенделла. – М.: Машиностроение, 1989. – 420 с.

УДК 629.3.07

В.І.Захарчук, к.т.н., Ю.В.Захарчук
Луцький національний технічний університет

ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ

Наведено результати розрахункових досліджень перспективності застосування альтернативних моторних палив в засобах технологічного транспорту методом інтегральної оцінки рівня екологічної безпеки та технічної досконалості транспортних засобів.

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Постановка проблеми. Нафта є основною сировиною для виробництва моторних палив (на потреби автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки тратиться більше 50% від загальної кількості її видобутку). Прогнозована, у зв'язку зі скороченням запасів нафти, нестача палива нафтового походження може бути компенсована застосуванням його альтернативних видів. Переведення дизелів, які знаходяться в експлуатації, на альтернативні палива призводить до зміни ряду їх експлуатаційних якостей [1], в тому числі екологічних характеристик відпрацьованих газів (ВГ). В цьому випадку підбір палива на основі екологічних характеристик ВГ дозволяє вирішити зразу два задання: знизити екологічну небезпеку транспортних засобів (ТЗ) та скоротити використання нафти на потреби мобільної техніки.

Аналіз основних досягнень і літератури. Численними дослідженнями, проведеними в останні роки різними авторами, виявлені такі особливості роботи двигунів та транспортних засобів на альтернативних паливах: зменшення потужності двигунів у порівнянні з базовими, зменшення вантажопідйомності та запасу ходу, збільшення витрати палива та ін.[1, 2, 3]. Не дивлячись на накопичений численний матеріал по застосуванню альтернативних палив на автомобільному та інших видах транспорту, використання цього матеріалу для порівняльної оцінки ефективності транспортного процесу утруднено. Це обумовлено неоднаковими умовами проведення експериментів і практичної експлуатації транспортних засобів, а часто і суперечними результатами. Тому комплексне та системне вирішення питань, пов'язаних з покращенням експлуатаційних показників транспортних засобів, дозволить виявити раціональні шляхи розширення використання альтернативних моторних палив.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження зміни екологічних характеристик такого виду технологічного транспорту, як колісний трактор МТЗ-80, під час його роботи на альтернативних моторних паливах: природному газі та новому біодизельному паливі – ізопропіловому ефірі ріпакової олії.

Результати досліджень. Аналіз кількісних характеристик відпрацьованих газів ТЗ, які оцінюються шляховими викидами шкідливих речовин (ШР), дозволяє встановити їх склад, вміст окремих речовин та пріоритетність речовин за масою викиду. Але речовини, які входять до складу ВГ, чинять різний вплив на організм людини. Тому за кількісними характеристиками неможливо скласти уявлення про екологічну небезпеку ВГ. Комплексним показником екологічної небезпеки ВГ є категорія небезпеки ТЗ [4]:

$$КНТ = \sum_{i=1}^n КНД_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де $КНД_i$ – категорія небезпеки i -ої речовини, $м^3/с$; M_i – кількість викидів i -ої речовини, $г/с$; $ГДК_i$ – середньодобова гранично-допустима концентрація i -ої речовини, $г/м^3$; α_i – безрозмірна константа, яка дозволяє співставити класи небезпеки i -ої речовини і діоксиду сірки (III клас небезпеки); n – кількість шкідливих речовин у ВГ.

КНТ включає кількості викидів всіх нормованих шкідливих речовин, які містяться у відпрацьованих газах, та характеристики їх токсичності, тому виражає абсолютну екологічність ВГ.

Важливою перевагою такого підходу до інтегральної оцінки ВГ є той факт, що КНТ дозволяє порівнювати між собою небезпеку транспортного засобу і промислового підприємства (стаціонарного джерела забруднення атмосфери).

При розрахунку категорії небезпеки на основі даних виконаних випробувань виникає необхідність в обчисленні кількостей викидів окремих речовин M_i . Вказаний розрахунок виконується за виразом (2):

$$M_i = \frac{M_i^L \cdot L}{t} = \frac{M_i^I}{t}, \quad (2)$$

де M_i^L – питомий викид i -ї речовини, $г/км$; M_i^I – питомий викид i -ї речовини, $г/випробування$; L – протяжність їздового циклу, $км$; t – час циклу, $с$.

Аналіз отриманих інтегральних характеристик ВГ дозволяє визначити кількісні вирази їх абсолютної екологічної небезпеки, визначити найбільш небезпечні речовини в них, оцінити вплив виду

палива на екологічну небезпеку ВГ. Але КНТ не дає уявлення про ступінь екологічної небезпеки ВГ і ступінь технічної досконалості ТЗ, працюючого на альтернативних паливах, з позиції екологічної небезпеки.

Технічна готовність двигуна до роботи на альтернативних паливах оцінюється за критерієм T , який дозволяє визначити рівень пристосованості двигуна до альтернативних палив за екологічними характеристиками ВГ:

$$T = \frac{KHT}{KHT_0}, \quad (3)$$

де KHT – категорія безпеки ТЗ, який працює на альтернативному виді палива, $\text{м}^3/\text{с}$; KHT_0 – категорія безпеки ТЗ, що працює на базовому виді палива, $\text{м}^3/\text{с}$.

За виразом (3) з використанням розрахованих значень КНТ, знаходяться числові значення критерію T , за якими робиться висновок про рівень технічної пристосованості двигуна до даного альтернативного палива, тобто, про те наскільки розглядувана сумісність виду палива і конструкції двигуна відрізняється від базового варіанта з позиції екологічної безпеки.

Аналіз наявних запасів та експлуатаційних властивостей різних видів палив, які можуть застосовуватись у дизелях, показав, що найбільш перспективними альтернативними паливами для нашої держави є біодизельне паливо та природний газ. Проведемо оцінку перспективності їх використання на прикладі колісного трактора МТЗ-80, який є найпоширенішим засобом технологічного транспорту в сільському господарстві.

Технічна пристосованість трактора до різних видів палива оцінювалась за зміною його експлуатаційних параметрів. Необхідні для оцінки дані були отримані нами в ході експериментальних та теоретичних досліджень [5] трактора за їздовим циклом.

Так, перехід з нафтового дизельного палива на біодизельне паливо супроводжується зростанням питомої ефективної витрати палива, зменшенням ефективної потужності та крутного моменту. Перехід з дизельного палива на природний газ супроводжується зростанням ефективної витрати палива та деяким збільшенням потужності та крутного моменту. Таким чином, двигун Д-240 з позиції тягової динамічності та паливної економічності пристосований до природного газу та мало пристосований до біодизельного палива.

Відпрацьовані гази трактора, працюючого на природному газі, містять в 1,03 рази менше оксидів азоту NO_x, в 1,75 рази більше оксиду вуглецю CO, в 9,3 рази більше вуглеводнів CH₄, зовсім не містять твердих частинок ТЧ у порівнянні з відпрацьованими газами трактора, працюючого на дизельному паливі. Перехід з дизельного палива на біодизель дає менше зниження викидів ШР.

За сумарним показником кількості шкідливих викидів лідирує природний газ. Друге місце займає нафтове дизельне паливо. Третє місце визначено за біодизелем.

Аналіз отриманих даних показав, що ШР у відпрацьованих газах трактора МТЗ-80 в середньому на 46% складаються з CO, на 36% складаються з NO_x, та на 39% з вуглеводнів. Тобто за кількістю шкідливих викидів найбільш значимим компонентом є оксид вуглецю CO.

Кількісний аналіз складу відпрацьованих газів дає уявлення про кількість викидів окремих шкідливих речовин, сумарній їх кількості та дозволяє виявити найбільш значимі за масою компоненти. Але дати оцінку екологічній безпеці на основі такого аналізу неможливо, так як не враховуються токсичність та клас небезпеки шкідливих речовин. Тому нами проведена комплексна оцінка екологічної небезпеки ВГ трактора МТЗ-80 на основі категорії небезпеки транспортного засобу (табл. 1). Фактично КНТ являє собою кількість повітря в м³/с, яке необхідне для того, щоб токсичну речовину розбавити до безпечної концентрації.

Найбільш екологічно небезпечними є відпрацьовані гази трактора МТЗ-80, працюючого на дизельному паливі. Категорія небезпеки трактора, працюючого на біодизелі в 1,05 рази менша, а на природному газі в 1,16 рази менша, ніж на дизельному паливі. Причому екологічна небезпека відпрацьованих газів для всіх видів палива в середньому на 92% визначається небезпекою оксидів азоту NO_x, масовий вміст яких не є найбільшим. Значить, оксиди азоту є найбільш небезпечною речовиною ВГ. На частку інших шкідливих речовин приходится не більше 8% категорії небезпеки транспортного засобу.

За екологічними характеристиками ВГ нами проведена оцінка технічної пристосованості двигуна Д-240 до альтернативних палив. Даний двигун пристосований як до природного газу (Тг=0,798), так і до біодизельного палива (Тбд=0,91). Рівень технічної пристосованості двигуна Д-240 до природного газу (ПГ) вищий, ніж до біодизельного палива.

Таблиця 1 – Категорія небезпеки ВГ колісного трактора під час роботи його двигуна на різних паливах

Паливо	Категорія небезпеки різних речовин ВГ							
	NO _x		СО		СН		ТЧ	
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
дизельне паливо	2789,1	87,8	9,1	0,29	1,9	0,06	377,5	11,9
природн. газ	2599,8	98,7	15,1	0,57	17,4	0,66	-	-
біодизель	2694,1	89,8	12,8	0,42	4,5	0,15	288,2	9,6

Не дивлячись на те, що рівень екологічної небезпеки трактора МТЗ-80 при переході з дизельного палива на альтернативні палива зменшується, він залишається небезпечним джерелом забруднення атмосфери. Цей факт пояснюється недосконалістю конструкції дизеля Д-240, транспортний засіб з яким за європейськими екологічними нормами не може бути допущений до експлуатації.

Висновки. Узагальнивши вищевикладене, можна стверджувати, що саме критерій екологічної безпеки ТЗ дозволяє не тільки об'єктивно оцінювати як ТЗ в цілому діє на навколишнє середовище, але і вирішувати багато екологічних та технічних задач, пов'язаних з експлуатацією ТЗ. Найбільш небезпечною речовиною ВГ автотракторного двигуна при його роботі на різних паливах є оксиди азоту. Тому для двигунів технологічного транспорту, який певний час працює в приміщеннях з обмеженим повітрообміном важливим є застосування нейтралізаторів ВГ, які зменшують викиди саме цієї речовини.

Література

1. Марков В.А., Ефанов А.А., Девянин С.Н. Альтернативные топлива и методика оценки их экологических качеств //Грузовик. – 2007. – №6. – с. 27–34.
2. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. – М.: РУДН, 2008. – 248 с.
3. Использование альтернативных топлив в самоходной технике. Научно-информационный материал//М., Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горякина, 2010. – 95 с.

4. Цыцура А.А., Дворников Г.П., Бондаренко Е.В. Оценка влияния автомобильного транспорта на качество воздушной среды Оренбуржья // Вестник ОГУ. – 2000. - №1, с. 47-49.

5. V.Zaharchuk, V.Tkachuk, O.Zaharchuk. Estimation of biodiesel fuel on the basis of rape oil and isopropyl alcohol// Polish academy of sciences, branch in Lublin, volume XI, Lublin, 2011, p. 450-456.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631. 563.9 (621.798)

© А.Я. Здобицький , к.т.н., Я.В. Семен, к.т.н.
Львівський національний аграрний університет

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАЦІОНАРНОГО ОБГОРТАЧА РУЛОНІВ СІНАЖУ

Викладено методику та результати проведеної економічної оцінки ефективності застосування технології заготівлі сінажу в рулонах, обгорнутих полімерною стрічкою, на основі порівняння стаціонарного та мобільного обгортачів рулонів. Обґрунтовано доцільність використання схеми обгортання (2+2), що дає можливість зменшити кількість намотаних шарів полімерної стрічки.

СТАЦІОНАРНИЙ ОБГОРТАЧ РУЛОН, СІНАЖ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Постановка проблеми. Аналіз та удосконалення енергозберігаючих технологій і засобів для заготівлі та зберігання кормів дає можливість повною мірою обґрунтувати економічну ефективність їх застосування. Основним критерієм економічної ефективності машин від покращання технічних і технологічних параметрів є економічний ефект, який визначається за різницею зведених затрат на виконання річного обсягу робіт, кількості і якості отриманої продукції (обгорнутих рулонів) та трудових ресурсів для машин, що порівнюються.

Тому постає актуальним завдання проведення економічної оцінки ефективності від застосування технології заготівлі сінажу в рулонах, обгорнутих полімерною стрічкою, на основі порівняння стаціонарного та мобільного обгортачів рулонів сінажу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізувавши технології та засоби для обгортання рулонів сінажу полімерною стретч-плівкою за критеріями корисності, енергоємності процесу встановлено, що обгортання рулонів сінажу в стаціонарних умовах дасть змогу зменшити затрати енергії на пересування машини, шкідливий вплив рушіїв агрегату на ґрунт, а також втрати внаслідок пошкодження плівкового покриття (розгерметизації) під час виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт [1, 2].

Провівши дослідження розробленої експериментальної установки обгортача рулонів сінажу полімерною стрічкою [3], встановлено наступні технологічні параметри обгортання для рулонів діаметром 1,2...1,5 м, довжиною 1,2...1,5 м, масою 400...800 кг, діаметром вальців 0,156 м, шириною обгортувальної стрічки 0,5 м, зусиллям її натягу 200 Н та взаємним перекриттям витків 50% (0,25 м): частота обертання опорно-приводних роликів становить 6,6 об./хв; частота обертання водила – 9,5 об./хв; тривалість процесу становить близько 2,0 хв. [4].

Мета дослідження. Визначити економічну ефективність використання стаціонарного обгортача рулонів сінажу на основі порівняння з мобільним обгортачем за однакових умов.

Результати дослідження. Обгортач рулонів відноситься до галузі механізації сільського господарства і може бути використаний при заготівлі сінажу в рулонах, обгорнутих полімерною плівкою або подібного матеріалу з плівковим захисним покриттям.

Розрахунок показників економічної ефективності обгортачів рулонів сінажу полімерною стрічкою здійснювали, виходячи з однакових агротехнічних умов, згідно стандартизованих вимог, методики розрахунку та нормативних даних [5, 6]. Ціну техніки вибирали на основі рекламної інформації заводу-виготовлювача. Годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначали з умови отримання середньодобової оплати праці в межах 130 грн.

Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини визначається за формулою:

$$E_p = (P_o - P_n + E')B_3, \quad (1)$$

де P_o, P_n – зведені затрати для базової та модернізованої машин, грн/га; E' – зведений економічний ефект від зміни якості продукції, грн/га; B_3 – річне напрацювання модернізованої машини, рулонів/рік.

Економічний ефект від виробництва і використання за термін використання модернізованої машини:

$$E_{ce} = \frac{E_p}{a_n + E}, \quad (2)$$

де a_n – коефіцієнт відрахувань на реновацію модернізованої машини;
 E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Річна економія праці під час експлуатації модернізованої машини:

$$Z_p = (Z_{nb} - Z_{nn})B_z, \quad (3)$$

де Z_{nb} , Z_{nn} – зведені затрати праці базової і модернізованої машин, люд.-год/га.

Ступінь зміни затрат від експлуатації модернізованої машини:

$$C = \frac{Z'_{pb} - Z'_{pn}}{Z'_{pb}} \cdot 100, \quad (4)$$

де Z'_{pb} , Z'_{pn} – річні затрати (праці, прямі експлуатаційні, зведені, капітальні вкладення) для базової і модернізованої машин.

Зведені затрати на одиницю напрацювання:

$$П = И + KE, \quad (5)$$

де $И$ – прямі експлуатаційні затрати на одиницю напрацювання, грн/га; K – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн/га.

Прямі експлуатаційні затрати:

$$И = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (6)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

Γ – затрати на паливо-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

P – затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн/га; A – затрати на реновацію, грн/га; Φ – інші прямі затрати на допоміжні матеріали і зберігання техніки, грн/га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу:

$$Z = \frac{1}{W_{zm}} \sum_j Л_j \tau_j k_{jd}, \quad (7)$$

де W_{zm} – продуктивність машини за годину експлуатаційного часу, га/год; $Л_j$ – чисельність j -го виробничого персоналу; τ_j – годинна тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу за j -м розрядом, грн/люд.-год; k_{jd} – коефіцієнт, що враховує доплати за класність та стаж роботи, кваліфікацію, оплату премій та відпусток j -го виробничого персоналу.

Затрати на паливо-мастильні матеріали та електроенергію:

$$\Gamma = qЦ, \quad (8)$$

де q – витрата паливно-мастильних матеріалів і електроенергії, кг/га, кВт год/од.; C – комплексна ціна 1 кг палива та електроенергії грн/кг, грн./кВт год/од.

Затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт:

$$P = \sum_i \frac{B_i (r_{mi} + r_{ki})}{W_{зм} T_{pi}}, \quad (9)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату, грн; r_{mi} – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової агрегату; r_{ki} – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт i -ої складової агрегату; T_{pi} – річне завантаження i -ої складової агрегату, год.

Річне завантаження агрегату (машини):

$$T_{pi} = D \cdot t, \quad (10)$$

де D – число днів роботи машини за агротехнічний термін; t – число годин роботи машини за день (експлуатаційний час).

Затрати на реновацію машини:

$$A = \sum_i \frac{B_i a_i}{W_{зм} T_{pi}}, \quad (11)$$

де a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію i -ої складової агрегату.

Інші прямі затрати на допоміжні матеріали і зберігання техніки:

$$\Phi = C_{дм} + Z_B, \quad (12)$$

де $C_{дм}$ – вартість допоміжних матеріалів грн/рул.

Z_B – затрати на зберігання, приймали в розмірі 6,5% від затрат на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт.

Вартість допоміжних матеріалів:

$$C_{дм} = \sum h_{дми} + \Pi_{дми} \quad (13)$$

де $h_{дми}$ – витрата i -го виду матеріалу, кг/рул; $\Pi_{дми}$ – оптова ціна одиниці, грн.

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \sum_i \frac{B_i}{W_{зм} T_{pi}}. \quad (14)$$

Затрати праці на виконання обслуговуючим персоналом виробничого процесу:

$$Z_{пр} = \frac{Л}{W_{зм}}, \quad (15)$$

де Л – чисельність обслуговуючого персоналу, осіб.

Річне напрацювання модернізованої машини становить:

$$B_z = W_{зм} T_p. \quad (16)$$

Зведені затрати визначають за формулою:

$$Z = И + E\Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (17)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Річний економічний ефект від експлуатації машини E_m визначають за формулою:

$$E_m = (Z_б - Z_н)B_p, \quad (18)$$

де $Z_б$, $Z_н$ – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн/га; B_p – річне напрацювання модернізованої машини, га.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни затрат C у відсотках:

$$C = 100(Z_{рб} - Z_{рн})/Z_{рб}, \quad (19)$$

де $Z_{рб}$, $Z_{рн}$ – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Одержані результати розрахунків (табл.) проведених за формулами (1) – (19), свідчать про доцільність запровадження технології заготівлі сінажу в рулонах, обгорнутих полімерною стрічкою, із використанням стаціонарного обгортача, що забезпечує необхідну герметизацію (протягом усього терміну зберігання) рулонів у чотири шари стрічки (за два проходи механізму обгортання).

Таблиця – Економічна ефективність використання стаціонарного обгортача рулонів сінажу

Показник	Мобільний обгортач	Стаціонарний обгортач
1	2	3
Річне напрацювання, рул.	3750	2250
Прямі затрати на, (грн/га):		
оплату праці	0,4	0,66
пально-мастильні матеріали та електроенергію	2,24	0,047
технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонти	1,79	1,20

Продовження табл.

1	2	3
Реновацію	1,52	1,312
інші прямі затрати	11,6	8,44
зберігання	0,17	0,08
всього прямих затрат	17,66	11,74
Капітальні вкладення, грн/га	11,02	9,24
Зведені затрати, грн/га	19,31	13,13
Затрати праці, люд.-год/га	51,17	85,33
Річний економічний ефект, грн		13791,93
Зміна затрат, (%):		
праці		-66,6667
прямих затрат		33,6
зведених затрат		32,1
капітальних вкладень		16,1
Економічний ефект за термін служби, грн		47232,63
Термін окупності, років.		1,5

Як бачимо із табл., що застосування технології заготівлі кормів з обгортанням рулонів сінажу в стаціонарних умовах уможливило зниження затрат на проведення технічного обслуговування, поточного і капітального ремонтів приблизно на 0,06 грн/га.

За рахунок використання електропривода робочих органів обгортача зменшуються затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, що становлять 0,047 грн/га.

Висновки:

1. У результаті використання технології заготівлі сінажу в рулонах, обгорнутих полімерною стрічкою, із застосуванням стаціонарного обгортача уникають втрат внаслідок порушення цілісності покриття рулону під час скочування його на стерню.

2. Використання стаціонарного обгортача із сумарною споживаною потужністю, що не перевищує 2 кВт у порівнянні із мобільним обгортачем дозволяє знизити зведені затрати на 32,1 %, які становлять 13,3 грн/га, а капітальні вкладення на 16,1 % та становлять 9,24 грн/га.

3. Проведені розрахунки підтверджують ефективність застосування стаціонарного обгортача рулонів сінажу та доцільність використання схеми обгортання (2+2), що в 1,5 рази зменшує кількість намотаних шарів полімерної стрічки й дає змогу отримати річний економічний ефект із площі 67 га в сумі 13791,93 грн.

Література

1. Здобицький А. Я. Стан і тенденції у заготівлі сінажу / А. Я. Здобицький // Вісник ЛДАУ : агроінженерні дослідження. – 2007. – № 11. – С. 148–152.

2. Особов В. И. Зерноуборочные комбайны, кормоуборочная техника и тракторы фирмы „CLAAS“: аналитический обзор / В.И. Особов. – М., 2006. – 88 с.

3. Пат. 21911 Україна, МПК В65В11/00. Обгортач рулонів сінажу полімерною плівкою / Здобицький А. Я., Бурнаєв М. Д., Пйонтик Л. Д. та ін.; заявник і патентовласник ЗФ ННЦ ІМЕСГ УААН. – № u200610884 ; заявл. 16.10.06 ; опубл. 10.04.07, Бюл. № 4.

4. Сиротюк В. М. Обгортач рулонів сінажу полімерною плівкою / В. М. Сиротюк, А. Я. Здобицький // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву : каталог наукових розробок. – Львів : Львів. держагроуніверситет, 2008. – Вип. 8. – С. 125 – 126.

5. Шевчук Р. С. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: Методичні рекомендації. / Р.С. Шевчук, О. М. Крупич. – Львів, 1994. – 27 с.

6. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки : навч.-метод. посіб. для студентів економічних спеціальностей / М. Г. Данильченко, Б.Б. Гладич, Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Екон. думка, 2001. – 61 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 677.051

© М.М. Ковалев, д.т.н., А.П. Апыхин, к.т.н., Д.Ю. Лачуга, к.т.н.
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации
льноводства Россельхозакадемии
Толстушко Н.А.
Луцкий национальный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ЛЬНОВОЛОКНА В КИПЫ

Показано влияние обязательного материала на величину «отдачи» волокна в кипе после прессования. Установлено, что для сохранения плотности волокна в кипе после прессования обязательный материал должен обладать малой деформацией растяжения.

ЛЬНОВОЛОКНО, ДАВЛЕНИЕ, ОБЪЕМ, ПЛОТНОСТЬ, КИПА, ОБВЯЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ.

Постановка проблемы. Прессование льноволокна (далее волокна) в кипы является конечной операцией в процессе переработки льнотресты. От плотности волокна в готовой кипе зависит эффективность их транспортировки автотранспортом, железнодорожным транспортом, фрахтовкой судов и др.

Анализ последних исследований и публикаций. Из-за упругих свойств волокна сформированная в камере пресса паковка стремится расширяться, причем в большей степени в направлении, обратном воздействию прессующей плиты. Для исключения неконтролируемого расширения паковка согласно ГОСТ 7563-73 [1] должна быть увязана четырьмя поясами в четырех местах крутцом (веревкой) размером по окружности не менее 0,025 м. Однако качество обязательного крутца зачастую не удовлетворяет требованиям ГОСТ по таким показателям, как прочность и удлинение. В результате плотность волокна в готовой кипе существенно уменьшается по сравнению с его плотностью под плитой пресса, о чем свидетельствуют результаты замера габаритов кип короткого волокна, запрессованного в поточной линии ЛПК [2].

Цель исследования – повысить эффективность прессования льноволокна в кипы.

Результаты исследования. Эксперименты проводились с использованием короткого волокна № 3, влажностью 12%. Масса кип 60 кг. Количество измерений (повторностей) в опытах – 10. Средние результаты показаны в табл. 1. Плотность волокна в готовой кипе

снизилась в 1,55 раза, а объем кипы во столько же раз увеличился, что свидетельствует о низком качестве обвязочного крутка, а также о наличии процесса «отдачи» волокна.

Таблица 1 – Результаты исследования плотности

Кипа в камере пресса		Кипа вне пресса	
объем V , м ³	плотность ρ , кг/м ³	объем V , м ³	плотность ρ , кг/м ³
0,15	400	0,233	258

Теоретическое исследование «отдачи» волокна после прессования рассмотрено в работе [3]. В ней приводится математическая зависимость определения «отдачи» волокна после сжатия, описываемое приближенной формулой:

$$h = h_0 + A \cdot t^B, \quad (1)$$

где h – высота образца после снятия нагрузки, м; h_0 – высота образца под нагрузкой, м; t – время сжатия, мин; A и B – постоянные коэффициенты.

Анализ показывает, что в формуле (1) отсутствует главный фактор процесса – зависимость величины «отдачи» волокна от плотности прессования в камере пресса.

Для установления зависимости между плотностью ρ волокна, сжатого в камере пресса, и его «отдачей» h после снятия нагрузки были проведены экспериментальные исследования. Опыты проводились на Новоржевском льнозаводе Псковской области с использованием пресса РП-5УМ. Объемный вес короткого волокна на выходе из куделеприготовительного агрегата составлял 7,3 кг/м³. Объем сжатой навески волокна постоянный – 0,162 м³. Время выстоя после отвода прессующей плиты – 2 минуты. Волокно короткое № 3, влажностью 10%. Количество измерений в каждом опыте – 5. Результаты экспериментов подвергались дисперсионному и регрессионному анализу [4]. Полученная зависимость «отдачи» волокна от его плотности графически показана на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что увеличение «отдачи» волокна в паковке наблюдается до плотности 275...285 кг/м³ (заштрихованная зона на рис. 1).

Дальнейшее увеличение плотности приводит к уменьшению величины «отдачи» волокна в паковке. В гипотетическом случае, при высоком давлении на волокно и плотности прессования около 1500 кг/м³ «отдача» волокна в паковке будет стремиться к нулю (к плотности твердого тела).

Результаты дисперсионного анализа показали, что действие фактора – плотности волокна на его величину «отдачи» в кипе достоверно с уровнем вероятности 0,95 [4].

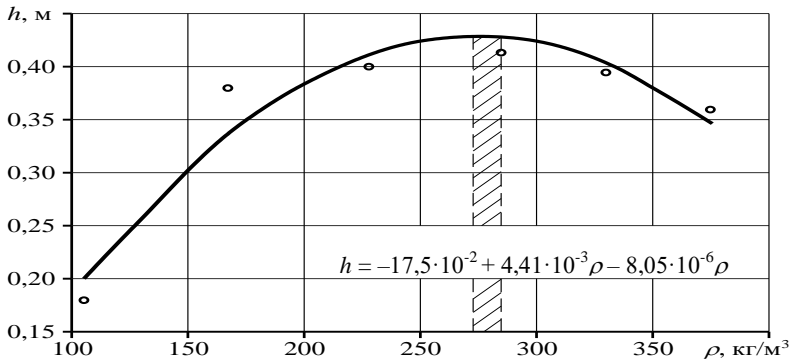


Рис. 1 – Зависимость «отдачи» h волокна от его плотности ρ в кипе

Регрессионным анализом получена зависимость между величиной «отдачи» волокна и его плотностью в кипе в форме квадратной параболы (рис. 1). Эта регрессионная модель адекватна экспериментальным данным (критерий Фишера $F_{\phi}=19 > F_{\text{табл.}}$).

В реальных условиях для сохранения приемлемой плотности волокна в кипе применяются обвязочные пояса, изготовленные из крутца, применение которого не обеспечивает требуемой плотности волокна в готовой кипе.

Для обоснования параметров обвязочного материала кип необходимо располагать значениями усилий, действующих на него. До настоящего времени достаточно обоснованных данных о величине этих усилий не было. Так авторы работы [5] считают, что для обеспечения необходимой плотности волокна в готовой кипе, общее усилие, которое необходимо воспринять обвязочным материалом, составляет 700...1000 кг при усилия сжатия волокна 2500 kN/m^2 и плотности прессования 1000 kg/m^3 для длинного волокна и 800 kg/m^3 для короткого. Однако в работе [6] установлено, что наиболее рациональным (с точки зрения экономии энергозатрат) является давление на волокно в камере пресса, не превышающее 1200 kN/m^2 , при этом плотность паковки волокна будет: короткого – $645...660 \text{ kg/m}^3$, длинного – $620...640 \text{ kg/m}^3$. В существующих прессах, применяемых в нашей стране для формирования кип короткого и

длинного волокна (РП-5УМ, ГПВ, ЛПК), усилие прессования не превышает 700 кН/м^2 .

В связи с этим были проведены эксперименты по определению сил растяжения, действующих на обвязочные пояса в указанном выше рабочем диапазоне давлений на волокно при его прессовании. Эксперименты проводились с использованием устройства для выталкивания и обвязки кип поточной линии для прессования короткого волокна ЛПК. Замер сил растяжения осуществлялся с помощью пружинных динамометров ДПУ-0,5. Цена деления $0,005 \text{ кН}$. Погрешность измерений $\pm 2\%$. Для подключения приборов были изготовлены из стальной проволоки два приспособления в виде разомкнутых квадратных рамок с захватами и натяжными устройствами (рис. 2). Две другие рамки (замкнутые) также выполняли функцию обвязочных поясов, что соответствовало требованиям ГОСТ 7563-73 [1].

Замеры проводились следующим образом. Сформированная кипа плитой пресса вталкивалась в насадку (на рис. 2 показан разрез кипы и вид сверху). В держатели, расположенные на наружной

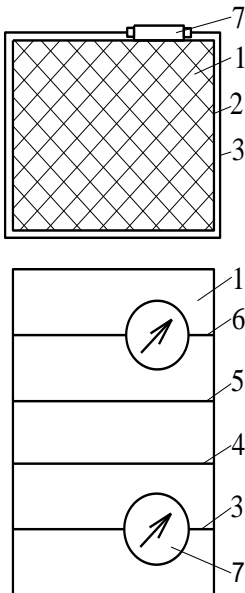


Рис. 2 – Схема замера сил растяжения, действующих на обвязочные пояса: 1 – кипа; 2 – насадка; 3, 4, 5, 6 – проволочные рамки (обвязочные пояса); 7 – динамометр

стороне насадки, вставлялись два замкнутых пояса (рамки) и два разомкнутых пояса со встроенными динамометрами. Затем плитой толкателя кипа выталкивалась из насадки, причем одновременно с кипой (с той же скоростью и синхронно) перемещались рамки, которые, сходя с насадки, охватывали кипу. Силы растяжения на пояса фиксировались динамометрами. Сеткой опытов предусматривался одновременный замер сил растяжения в двух поясах: сначала в 3-ем и 6-ом, затем в 4-ом и 5-ом (рис. 2). Каждая серия опытов выполнялась в 10 повторностях. Для эксперимента использовалось короткое льноволокно № 3 при влажности 10%. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

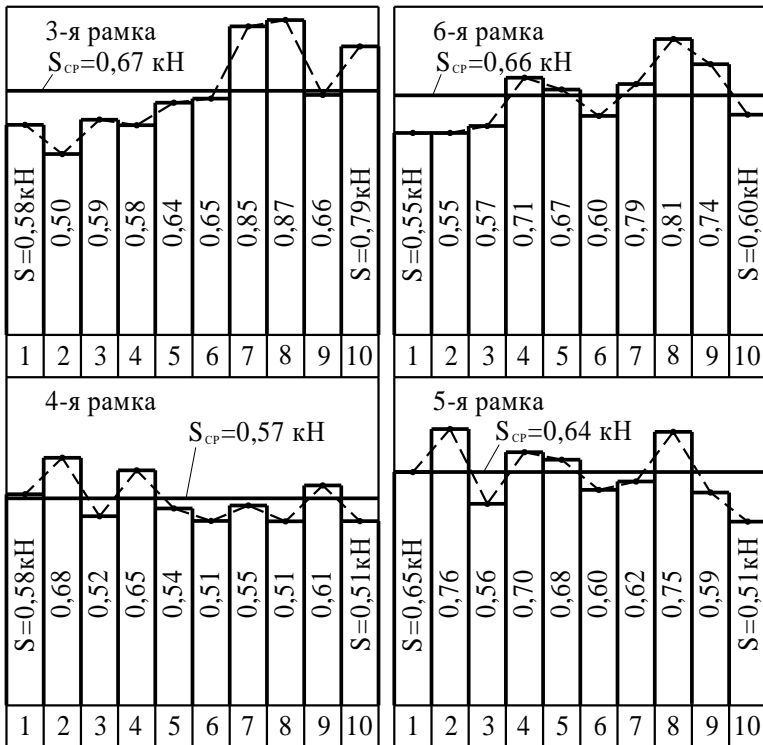


Рис. 3 – Диаграммы сил растяжений S , действующих на обвязочные пояса (рамки) при прессовании короткого волокна в кипы: 1–10 номера измерений сил растяжений обвязочных поясов

Анализ результатов эксперимента показывает (рис. 3), что между измерениями в опытах имеются различия на всех четырех рамках. В тоже время существенных различий в средней величине сил растяжений S_{cp} на крайних 3 и 6 и средних 4 и 5 рамках не наблюдается. Максимальная сила растяжения на рамку составила 0,87 кН (на рамке 3), а средняя суммарная сила растяжения S_{cp} на четырех рамках (3,4,5 и 6) равна 2,54 кН.

Изучение опыта прессования хлопка, кенафа, шерсти, химических волокон [3, 5] дает основание утверждать, что с точки зрения сохранения наибольшей плотности волокна в готовой кипе предпочтительнее является обвязка их материалом, обладающим малой деформацией растяжения, например, стальной проволокой. С учетом коэффициента запаса прочности возможно использование для обвязки кип волокон стальной проволоки диаметром 3...4 мм.

Для подтверждения этих предположений из стальной проволоки диаметром 4 мм были изготовлены опытные рамки. Эксперименты по обвязке кип проволокой в сравнении с обвязкой крутцом проводились с использованием поточной линии ЛПК. Использовалось короткое волокно № 3 влажностью 10%. Масса кип 60 кг. Количество повторностей в опыте – 5. Средние результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры готовой кипы вне пресса

При обвязке крутцом		При обвязке стальной проволокой	
объем V , м ³	плотность ρ , кг/м ³	объем V , м ³	плотность ρ , кг/м ³
0,224	268	0,185	335

Результаты экспериментов показали, что применение стальной проволоки для обвязки кип обеспечивает более высокую плотность волокна в них.

Выводы. Увеличение «отдачи» волокна в паковке после прессования, а значит и сохранение упругости волокна, происходит до плотности 275...285 кг/м³. При прессовании короткого волокна при давлении 700 кН/м² максимальная сила растяжения на обвязочный пояс не превышает 0,87 кН, а суммарная на четыре пояса – 2,54 кН. Для сохранения плотности волокна в кипе после прессования обвязочный материал должен обладать малой деформацией растяжения. Применение стальной проволоки для обвязки кип вместо льняного крутца обеспечивает увеличение плотности волокна в готовой кипе в 1,25 раза.

Литература

1. ГОСТ 7563-73. Волокно льняное и пеньковое. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1974. – 4 с.

2. Храмцов В.Н. Справочник по заводской первичной обработке льна / В.Н. Храмцов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 510 с.

3. Комаров В.И. Влияние сжатия льняных волокон в массе на их структуру и механические свойства: дис. канд. техн. наук / В.И. Комаров. – Кострома, 1965. – 214 с.

4. Хайлис Г.А. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 180 с.

5. Арно А.А. Создание прессы для лубяных волокон / А.А. Арно, Т.М. Плужник // Сб. рефератов НИТ ЦНИИЛВ. – М.: Гизлегпром, 1958. – Вып. 2. – С. 86...89.

6. Ковалев М.М. Обоснование плотности прессования паковок льноволокна / М.М. Ковалев, А.П. Апыхин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 6. – С. 24-26.

УДК 631.674

© О.О. Налобіна, д.т.н., О.В. Маркова, к.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування

АНАЛІЗ РАЦІОНАЛЬНИХ СПОСОБІВ ПОЛИВУ КУЛЬТУР В АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Подано аналіз способів поливу. Увага приділена крапельному зрошенню. Окреслено переваги та недоліки цього способу. Розглянуто технічні засоби для здійснення крапельного зрошення.

ПОЛИВ, ЗРОШЕННЯ, СИСТЕМА.

Постановка проблеми. У сучасних умовах в Україні отримують розвиток дрібні та середні фермерські господарства. Функціонування фермерських господарств, які спеціалізуються на вирощуванні овочевих і фруктових культур, потребують використання сучасної високопродуктивної та енергоощадної техніки для обробки ґрунту, внесення добрив та сучасних технологічних засобів для поливу культур.

Аналіз досліджень. Особливості технологій поливу та технічні засоби для їхнього здійснення розглянуто в роботах Зубця В.М. [1], Багрова М.Н. [2], Волошина П.В. [3], Майєра А.В. [4], Овчиннікова А.С. [5] та інших авторів. Дослідження спрямовані в основному на підвищення експлуатаційної надійності системи поливу та розробку ресурсозберігаючих технологій.

З аналізу відомих конструкцій машин і обладнання для зрошування випливає, що на сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу в Україні найбільш поширені є два способи поливу: дощування та крапельне зрошування.

Метою даної роботи є аналіз відомих способів поливу та технічних засобів для їхнього здійснення.

Результати дослідження. Відомими є п'ять способів зрошення: крапельне зрошення, дрібнодисперсне зрошення, дощування, внутрішньо-грунтовий полив, поверхнєве зрошення. Машини та обладнання для поливу працюють із заданим режимом. При цьому повинна виконуватись вимога мінімізації витрат води. Вода, яка подається на поле повинна рівномірно розподілятися по полю, створюючи в ґрунті потрібну вологість. До машин ставлять вимоги щодо продуктивності. Продуктивність збільшується завдяки автоматизації процесу поливу.

В агрокліматичних умовах Рівненської області найбільш рентабельними є такі культури як картопля, ягідники та фруктові дерева. Для вирощування згаданих культур найбільш доцільно застосовувати крапельне зрошення, яке дозволяє суттєво зменшити витрати праці та здійснення процесу поливу, та води на фільтрацію та випаровування. Крім того, застосування крапельного зрошення дозволяє зменшити витрати на обробку міжрядь, через те, що даний вид зрошення не стимулює розвитку бур'янів у міжряддях. Крапельне зрошення передбачає локальне зволоження ґрунту в зонах розвитку кореневої системи рослин. Ще однією перевагою даного способу поливу є не вимивання добрив із зони коренів.

Розглянемо тенденції розвитку систем крапельного зрошення.

Як виявив аналіз тенденцій розвитку систем поливу, крапельне зрошування вперше було запроваджено у 60-х роках минулого століття в Ізраїлі на вирощуванні овочевих культур.

В Україні крапельне зрошення почали використовувати в 90-х роках минулого століття для поливу огірків і томатів, а також для поливу виноградників у південних областях і Криму.

На даний час для здійснення крапельного зрошення у господарствах України використовують системи Мелітопольського

ТОВ «Техносервіс», а також поливну техніку відомих фірм «Drop» (Греція), «Siplast» (Ізраїль), «T-System» (Америка).

Розглянемо основні складові системи крапельного зрошення (рис. 1).

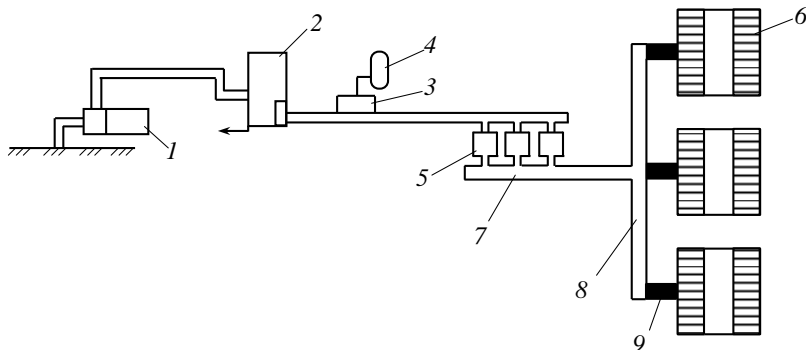


Рис. 1 – Схема системи крапельного зрошення: 1 – станція насосна; 2 – станція фільтрування; 3 – вузол внесення добрив; 4 – ємність для добрив; 5 – система очищення; 6 – лінії; 7 – трубопровід; 8 – розподільник; 9 – регулятор тиску

До складових елементів системи крапельного зрошення також відносяться заслінки, крани, регулятори тиску, прилади для заміру тиску та рівня води.

Комплектація систем, та джерела водопостачання можуть різнитись для різних виробників; різняться також типи насосних станцій (рис.2).



Рис. 2 – Види насосних станцій: а – електрична станція постійного розміщення; б – електрична станція тимчасового розміщення

Для оснащення систем крапельного зрошення потрібні трубки, фільтрувальні прилади, стрічки крапельного зрошення (рис. 3). Нажаль в Україні відсутнє виробництво розподільчих, магістральних, крапельних трубопроводів.



Рис. 3 – Загальний вигляд магістральних і розподільчих трубопроводів:
1 – магістральний трубопровід; 2 – розподільчий трубопровід

Системи крапельного зрошення також використовують для підживлення рослин поживними речовинами у розрахованих дозах і концентрації. Застосовують три види пристроїв для введення добрив: дозатори, місткості, інжектори. На рис. 4 наведено фото інжектора «Вентурі».



Рис. 4 – Інжектор «Вентурі»: 1 – інжектор; 2 – місткість для розчину,
3 – лічильник води

Рентабельність вирощування культур із застосуванням систем крапельного зрошення становить близько 50%. Але система крапельного зрошення має й ряд недоліків:

- 1) утворення сольових зон (причиною є подача води в одну й ту саму зону);
- 2) встановлення системи потребує значних капітальних вкладень (понад 2000 доларів на га).

Але не зважаючи на зазначені недоліки, крапельне зрошення є перспективним способом поливу, який ефективний до застосування у місцевості з ухилами, що є характерною для земель Рівненщини.

Висновок. Крапельне зрошення – принципово новий спосіб вносити добрива у розчинному вигляді, регулювати РН води. Система крапельного зрошення рекомендується до використання для поливу овочевих культур, кущів і садів у господарствах Рівненської області, як така, що здатна забезпечити оптимальну вологість ґрунту.

Література

1. Зубець В.М. Эксплуатация закрытых осушительных систем / В.М. Зубец, А.Е. Вакар. М.: Агропромздат, 1989. – 136 с.
2. Багров М.Н. Оросительные системы и их эксплуатация / М.Н. Багров, И.Н. Кружилин. М.: Агропромздат, 1988. – 255 с.
3. Волошин П.В. Машини для зрошування / П.В. Волошин, Д.П. Поліщук, П.Я. Рибальський. – К.: Урожай, 1986.
4. Майер А.В. Новая технология комбинированого орошения // Современные проблемы перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки: Материалы международной научно-практической конференции. – Махачкала: 2010. – С. 478–481.
5. Овчинников А.С. Конструктивные особенности капельного и внутрпочвенного орошения / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского аграрного университета. – 2007 – №1(5). – С. 54–56.

УДК 631.35: 633.521

© О.О. Налобіна, д.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування
В.С. Пуць, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОБОТИ МЕХАНІЗМУ СТРУШУВАННЯ

У статті виведені рівняння, які описують динаміку кінематичної пари, яка входить до складу механізму струшування підбиваючого пристрою.

ЛЬОН, МЕХАНІЗМ, ДИНАМІКА, КІНЕМАТИЧНА ПАРА.

Постановка проблеми. В умовах фінансової кризи сільськогосподарські підприємства відмовляються від вирощування та

переробки продукції, яка є збитковою. На жаль саме такою продукцією для підприємств України став льон-довгунець.

Не зважаючи на такий стан льонарства в Україні, дана культура є дуже перспективною і конкурентноздатною на світовому ринку. Ляне волокно – чудовий натуральний замітник синтетичних матеріалів. Високі харчові та фармакологічні властивості має й насіння. Костриця знайшла своє застосування в меблевій промисловості та будівництві.

Для реалізації ідеї розвитку льонарства в Україні необхідно:

- 1) розробляти та впроваджувати нові, адаптовані до кліматичних умов технології вирощування та збирання льону;
- 2) поглибити дослідження, спрямовані на удосконалення засобів механізованого збирання льону.

Аналіз досліджень. Кінцевим продуктом лляного комплексу є волокно, насамперед, довге. Для отримання такої продукції прагнуть інтенсифікувати збиральні роботи за рахунок впровадження рулонної технології. Збирання льону рулонами характеризується потоковістю технологічного процесу і має суттєвий недолік – низька якість рулонів через їх розтягнутість. Остання суттєво впливає на якість процесів первинної переробки льону, зокрема на вихід довгого волокна. Проблема процесів збирання льону присвячені роботи М.І. Шликова [1], Г.А.Хайліса [2], М.М. Ковальова [3] та інших науковців.

Аналіз чинних досліджень виявив, що одним із можливих напрямків зменшення розтягнутості стрічки льону є застосування операції підрівнювання стебел на стадії виконання збиральних робіт, або вже під час розмотування рулонів, що надійшли на первинну переробку. Для здійснення даної операції розроблялись спеціальні підбивні (підрівнювальні) механізми. Дослідженню даних механізмів присвячено роботи [4, 5, 6]. Зокрема, авторами цих робіт розроблено та досліджено роботу пристрою для підрівнювання стебел [7]. У ході виконаних досліджень авторами не розглядалися процеси коливання стрічки транспортера під впливом кулачків.

Тому **метою** даної роботи є дослідження процесу коливання стрічки транспортера зі стеблами.

Результати досліджень. На рис. 1 зображено схему пристрою для підрівнювання стрічки стебел льону.

Поданий на рис. 1 пристрій містить два механізми: механізм струшування і механізм підбивання. Механізм струшування містить кулачки 6 і 7 та механізм привода, що складається з ланцюга 9, ведучої зірочки 10, яка кріпиться на валі ведучого шківів 11 транспортера, веденої зірочки 12, на валі якої закріплений кулачок 6, і проміжної зірочки 13 на одному валі з кулачком 7. З обох боків транспортера

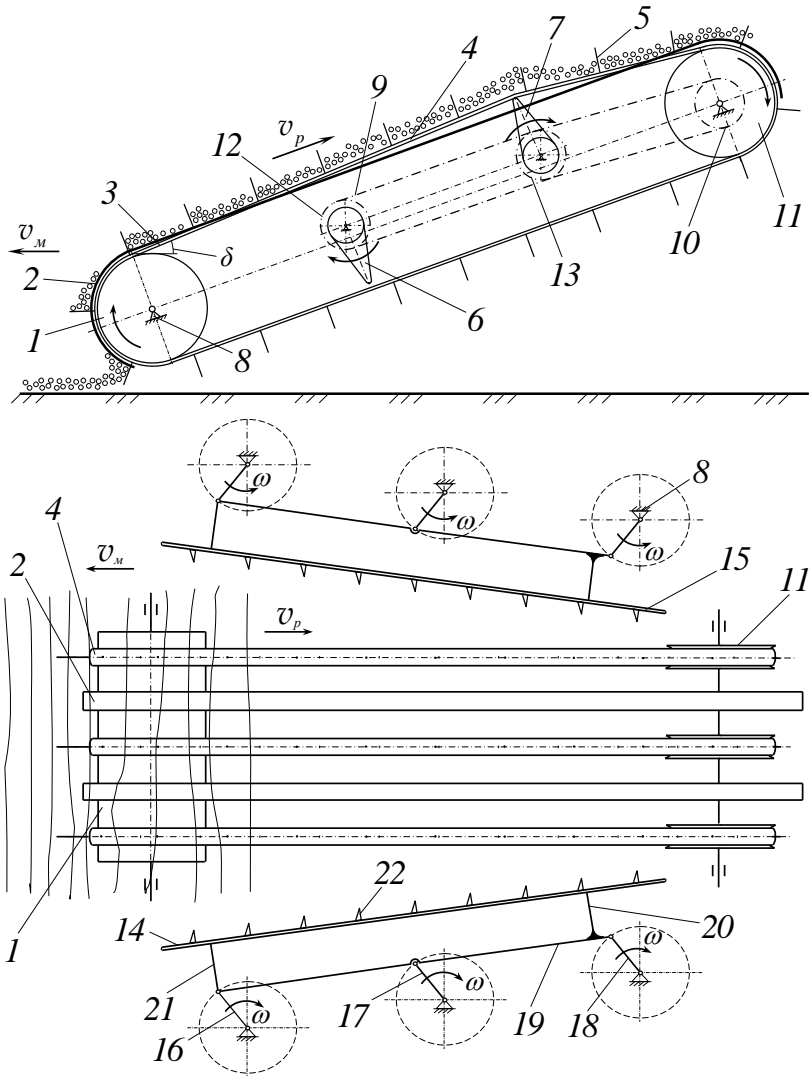


Рис. 1 – Схема пристрою для підрівнювання стебел льону: 1 – барабан; 2 – напрямна; 3 – транспортер; 4 – пас; 5 – палець; 6, 7 – кулачки; 8 – рама; 9 – ланцюг; 10 – зірочка ведуча; 11 – шків; 12, 13 – зірочки ведені; 14, 15 – підбійки; 16, 17, 18 – кривошипи; 19 – шатун; 20, 21 – опори; 22 – ребра

симетрично розташовані з його торців дві підбійки 14 і 15, які являють собою паралелограмні механізми, кожен з яких складається з кривошипів 16, 17, 18 та шатуна 19, до одного кінця якого жорстко кріпиться регульована пружинна опора 20. Така ж опора 21 кріпиться шарнірно на кінці другого шатуна. Висота кожної опори регулюється гайкою. Кожна опора містить пружину, закриту стаканом. Опори 20 і 21 з іншого боку шарнірно з'єднані з підбійками 14 і 15, які містять ребра 22. Механізми пристрою змонтовані на рамі 8 і приводяться в рух від вала відбору потужності трактора.

Запропонована раніше конструкція [8] додатково оснащена рухомою підружиненою опорою 3 (рис. 2).

Рівняння руху виділеного елемента стрічки транспортера у векторному вигляді запишеться:

$$m_1 \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = \frac{\partial \vec{F}}{\partial x} + \vec{q}, \quad (1)$$

де m_1 – маса одиниці довжини транспортерної стрічки; \vec{V} – швидкість руху стрічки; \vec{F} – рівнодійна поперечних сил і сил натягу стрічки; \vec{q} – питома сила тиску; x – координата (система $x_1y_1z_1$ жорстко зв'язана зі стрічкою).

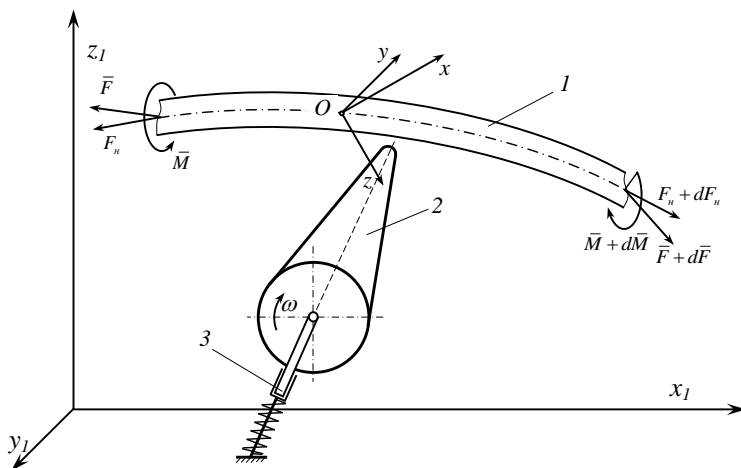


Рис. 2 – Динамічна модель пари: стрічка транспортера – зовнішня поверхня кулачка; 1 – стрічка; 2 – кулачок; 3 – рухома підружинена опора

Згідно з [9], рівняння в проєкціях на вісі набувають вигляду:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \frac{dV}{dt} - m_1 V_z \omega_y &= \frac{\partial F_x}{\partial x} - \frac{1}{\rho} F_z + q_x; \\ m_1 \frac{dV_z}{dt} - m_1 V \omega_y &= \frac{\partial F_x}{\partial x} - \frac{1}{\rho} F_x - q_z, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де $\vec{V} = V_z \vec{i} + V \vec{\tau}$; $\vec{F} = F_z \vec{i} + F_x \vec{\tau}$; $\vec{q} = q_z \vec{i} + q_x \vec{\tau}$; $\vec{\omega} = \omega_y \vec{j}$; \vec{i} , \vec{j} , $\vec{\tau}$ – одиничні вектори.

Рівняння, яке опише рух зовнішньої поверхні кулачка за умови відтворення заданого закону збудження рухомої опори, запишеться:

$$\begin{aligned} m \left(\frac{\partial^2 l}{\partial t^2} \cos \alpha \right) + Kl \cos \alpha + c \frac{\partial l}{\partial t} \cos \alpha = \\ = Kl \cos \alpha + c \frac{\partial l}{\partial t} \cos \alpha + F_T \cos \alpha - F_p \cos^2 \alpha, \end{aligned} \quad (3)$$

де l – зміщення m ; K – жорсткість пружного елемента рухомої опори кулачка; α – кут між осями $х$ і лінією дії збуджуючої сили; F_T – рівнодійна сил тертя (сили тертя між транспортерною стрічкою і поверхнею кулачка; сили тертя стрічки і повітря, кулачка і повітря); F_p – сила тиску; c – коефіцієнт демпфування.

Рівняння 3 описує динамічні явища, які проявляються в кінематичній парі: транспортер – підпружинений кулачок, який виступає у якості поверхні віброуючої (збуджуючої).

Висновок. Отримані рівняння руху поверхні підпружиненого кулачка за умови заданого закону збудження опори тертя та диференціальне рівняння динаміки пари: кулачок – стрічка транспортера. Подальший розв'язок даних рівнянь буде покладено в основу виведення математичної моделі коливних процесів, які виникають під час роботи пристрою.

Література

1. Шлыков М.И. Основные свойства льна / Шлыков М.И.// Теория, конструкция и производство сельхозмашин. – М.: Сельхозизгиз., 1936. – том. II. – С. 50–84.
2. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
3. Ковалев Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев Н.Н. – М.: ИК Родник, журнал Аграрная наука, 1998. – 208 с.
4. Хайліс Г.А. Об отгибе ветвей ремней транспортера

льноподборщика под действием вращающихся кулачков / Г.А. Хайлис, М.С. Драган, В.С. Пуць // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2002. – №49. – С. 344–353.

5. Пуць В.С. Дослідження процесу підвінювання стрічки льону на пасовому транспортері/ В.С. Пуць // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2007. – № 115. – С. 66–72.

6. Налобіна О.О. Дослідження процесу підбивання стебел із застосуванням методу математичного планування експерименту / О.О. Налобіна, В.С. Пуць, О.П. Герасимчук// Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ. – 2008. – № 21. – С. 204–215.

7. Пат. на КМ 928 Україна А01D45/06. Підбирач стрічки льону / О.О. Налобіна, Л.М. Дацюк, В.С. Пуць, Г.А. Хайліс (Україна) – №20001060898; заявл. 30.10.00; опубл. 16.07.01, Бюл. №6.

8. Пат. 40899 А Україна А01D45/06. Вирівнювач стебел льону/ Г.А. Хайліс, О.О. Налобіна, С.Ф. Юхимчук, В.С. Пуць (Україна) – №2000105790; заявл. 13.10.00; опубл. 15.08.01, Бюл. № 7.

9. Светлицкий В.А. Сборник задач по теории колебаний: учебное пособие/ В.А. Светлицкий, И.В. Стасенко. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.

УДК 621.86

© Ю.Б. Паладійчук к.т.н., Ю.М. Тарасюк
Вінницький національний аграрний університет
Р.О. Любачівський

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ У КОНВЕЄРІ ІЗ КОЛИВНИМ ОСЬОВИМ РУХОМ ШНЕКА

Наведено конструкцію змішувача гвинтового вібраційного для дослідження енергосилових параметрів у конвеєрі із коливним осьовим рухом. Виведено аналітичні залежності для визначення основних енергосилових параметрів при різних режимах роботи.

ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР, КОЛИВНИЙ РУХ РОБОЧОГО ОРГАНА, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ.

Постановка проблеми. Робота більшості транспортуючих гвинтових пристроїв зазвичай супроводжується певними динамічними навантаженнями, які частково спричиняються неточністю монтажу

ланок кінематичного ланцюга певного механізму. У практиці транспортування сипких вантажів за допомогою гвинтового конвеєра часто спостерігаються випадки його пуску у завантаженому стані, після попередньої зупинки без вивантаження вмісту, наприклад у дозаторах чи навантажувачах зерна, піску, інших матеріалів. Явища, які виникають у цьому випадку, суттєво відрізняються від пуску порожнього гвинтового конвеєра. Крім цього, зовнішні навантаження на робочі елементи конвеєрів носять не постійний характер, що призводить до зростання динамічних навантажень на елементи конвеєра, які можуть привести до виходу з ладу конструктивних частин конвеєра. Тому одним із напрямків вирішення даної проблеми є застосування конвеєрів із коливним осьовим рухом робочого органу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи та методи визначення конструктивних, кінематичних, динамічних, технологічних, функціональних, експлуатаційних та інших параметрів і характеристик гвинтових конвеєрів викладені в багатьох літературних джерелах. Серед них роботи Григорьєва А.М., Гевка Б.М., [2] Рогатинського Р.М., [3] та багатьох інших. Проте не враховано зміни навантаження, що виникають у гвинтових конвеєрах із шнеками з коливним осьовим рухом, та не розглянуто детально моменти інерції елементів системи.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження енергосилових параметрів у конвеєрі із коливним осьовим рухом шнека і виведення відповідних аналітичних залежностей.

Результати дослідження. На прикладі гвинтового гравітаційного вібраційного змішувача розглянемо роботи шнека з коливним осьовим рухом для покращення умов їх роботи і розширення технологічних можливостей. Змішувач гвинтовий вібраційний (рис. 1) виконано у вигляді підставки 1, на якій жорстко закріплена опора 2, а зверху на ній встановлено механізм регулювання кута нахилу гвинтового змішувача 3. До механізму регулювання 3 жорстко закріплено корпус 4 гвинтового змішувача з циліндричною транспортною трубою 5 з можливістю зміни положення кута нахилу, знизу якої жорстко до корпусу 4 закріплено електродвигун 6. До привідного вала електродвигуна 6 через запобіжну муфту 7 під'єднано вал 8, до якого жорстко прикріплено гвинтову спіраль 9, яка по всій довжині зовнішнього діаметра виконана у вигляді радіусних заокруглень глибиною 1,1...1,3 ширини спіралі, з їх кількістю 2–3 заокруглення на один виток, а у міру підйому вверх крок гвинтової спіралі збільшується. При цьому якість змішування покращується за рахунок інтенсивності проникнення сипкого матеріалу однієї фракції в

іншу. Знизу до циліндричної транспортної труби 5 під'єднано бункер 10, а зверху вала 8 жорстко закріплено лопатки 11, які служать для вивантаження змішаного матеріалу у вивантажувальне вікно 12, яке закривають шибером 13.

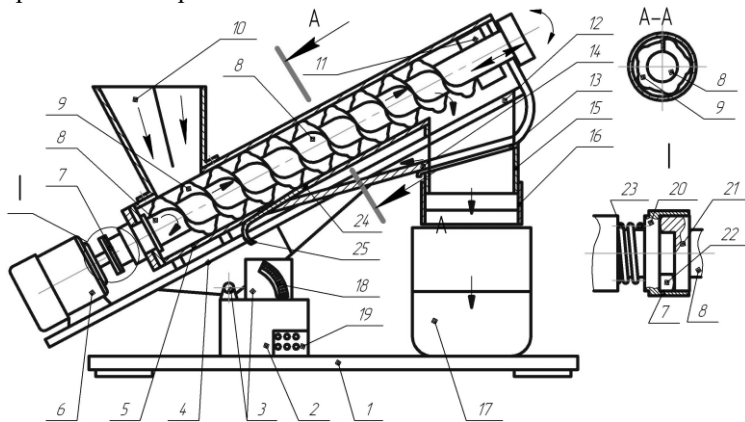


Рис. 1 – Змішувач гвинтовий вібраційний

Верхня частина циліндричної транспортної труби виготовлена розширеної бочкоподібної форми 14, кут нахилу якої є меншим кута нахилу осі змішувача по горизонту. Така форма труби забезпечує переміщення змішаного матеріалу по стрілці в нижню частину змішувача по замкнутому циклу при закритому шибері 13. Знизу розширеної бочкоподібної форми 14 труби 5 напроти вивантажувального вікна 15 закріплено рукав 16, яким вивантажувальна зона змішувача з'єднана з ємністю 17. Регулювання положення змішувача в просторі здійснюється по пазу 18 кріпильними елементами, які на кресленні не показані. Керування роботою змішувача здійснюється з пульта керування 19.

Для забезпечення ударних вібрацій в процесі транспортування і змішування порошкових матеріалів, що сприятиме покращенню виконання технологічного процесу без утворення мертвих зон, запобіжна муфта 7 виконана у вигляді з'єднувальної ведучої 20 і веденої 21 півмуфт з півкруглими кулачками 22, які розміщені рівномірно по колу. При цьому ведуча півмуфта 20 жорстко закріплена до привідного вала електродвигуна 6, а ведена півмуфта 21 жорстко встановлена на валу 8 з можливістю кругового і осевого переміщення на шліцьовому з'єднанні (на кресленні не показані) і вони підтиснуті пружиною стиснення 23. Це буде сприяти покращенню умов

транспортування порошкових матеріалів і позбавленню утворення мертвих зон в конструкції змішувача.

Крім цього, в зоні перевантаження 24 циліндричної транспортної труби 5, в нижній її частині, встановлено шибрене 25 перекриття.

До переваг змішувача гвинтового вібраційного відноситься розширення технологічних можливостей і покращення якості змішування і позбавлення умов утворення мертвих зон.

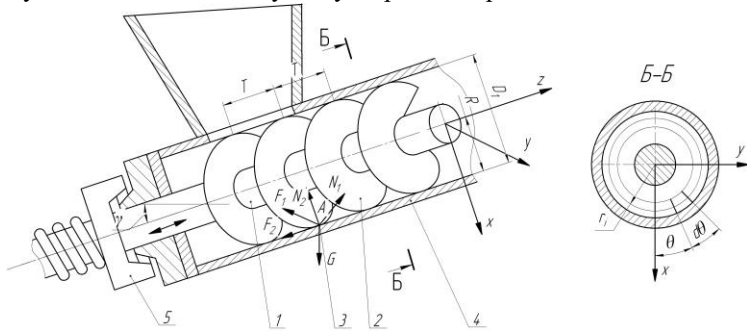


Рис. 2 – Розрахункова схема переміщення частинки вантажу у нахиленому гвинтовому конвеєрі: 1 – привідний вал; 2 – шнек; 3 – частинка вантажу; 4 – кожух; 5 – кулачкова піфмуфта

Рівняння для визначення силових параметрів під час переміщення частинки згідно рис. 2 можна знайти на основі рівняння рівноваги всіх сил, що прикладені до неї [1]:

$$\begin{cases} \sum x = N_{1x} + N_{2x} + F_{1x} + F_{2x} - m \ddot{x} + G_x = 0; \\ \sum y = N_{1y} + N_{2y} + F_{1y} + F_{2y} - m \ddot{y} + G_y = 0; \\ \sum z = N_{1z} + N_{2z} + F_{1z} + F_{2z} - m \ddot{z} + G_z = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де N_{1x}, N_{1y}, N_{1z} – проекції нормальної реакції від поверхні шнека відповідно на осі x, y, z , Н; N_{2x}, N_{2y}, N_{2z} – проекції нормальної реакції від поверхні кожуха відповідно на осі x, y, z , Н; F_{1x}, F_{1y}, F_{1z} – проекції сили тертя між частинкою та поверхнею шнека відповідно на осі x, y, z , Н; F_{2x}, F_{2y}, F_{2z} – проекції сили тертя між частинкою та поверхнею кожуха відповідно на осі x, y, z , Н; m – маса частинки, кг; G_x, G_y, G_z – проекції сили ваги відповідно на осі x, y, z , Н.

Нормальна реакція N_1 від поверхні шнека та поверхні кожуха N_2 направлена по вектору нормалі \vec{n} до цих поверхонь, тобто

$$\vec{N}_1 = N_1 \vec{n}; \quad (17)$$

$$\vec{N}_2 = N_2 \vec{n}, \quad (18)$$

де N_1, N_2 – нормальні реакції відповідно від поверхні шнека та поверхні кожуха, N ; \vec{n} – вектор нормалі.

Сили тертя F_1 та F_2 від вказаних реакцій N_1 та N_2 направлені протилежно вектору відносної швидкості частинки, а їх проекції можна визначити за залежностями:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1x} = -f_1 N_1 \frac{\dot{x}_1}{|\dot{s}_1|}; \\ F_{1y} = -f_1 N_1 \frac{\dot{y}_1}{|\dot{s}_1|}; \\ F_{1z} = -f_1 N_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|}; \end{array} \right. \quad (19)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{2x} = -f_2 N_2 \frac{\dot{x}_2}{|\dot{s}_2|}; \\ F_{2y} = -f_2 N_2 \frac{\dot{y}_2}{|\dot{s}_2|}; \\ F_{2z} = -f_2 N_2 \frac{\dot{z}_2}{|\dot{s}_2|}; \end{array} \right. \quad (20)$$

де F_1, F_2 – сили тертя, що виникають між частинкою та відповідно з поверхнею шнека та поверхнею кожуха, N ; f_1 – коефіцієнт тертя між частинкою і поверхнею шнека; f_2 – коефіцієнт тертя між частинкою і поверхнею кожуха; $\&$ – модуль абсолютної швидкості руху частинки по шнеку, м/с; $\&$ – модуль абсолютної швидкості руху частинки по кожуху, м/с; $\dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{z}_1$ – швидкості руху частинки відносно шнека в

напрямку осей x, y, z , м/с; $\dot{x}_2, \dot{y}_2, \dot{z}_2$ – швидкості руху частинки відносно кожуха в напрямку осей x, y, z , м/с.

У загальному вигляді коефіцієнти тертя залежать від швидкості руху частинки і їх можна визначити за формулами:

$$f_1 = f_{01} + k |s_1|; \quad (21)$$

$$f_2 = f_{02} + k |s_2|, \quad (22)$$

де f_{01}, f_{02} – початкове значення коефіцієнтів тертя відповідно між вантажем і шнеком та між вантажем і кожухом; k – коефіцієнт, що враховує величину зміни коефіцієнта тертя залежно від швидкості руху частинки.

Оскільки швидкість обертання шнека змінюється не в значних інтервалах, коефіцієнт тертя прийемо постійною величиною.

Проекції нормальних реакцій від поверхні шнека та поверхні кожуха на осі координат xuz приймуть вигляд:

$$\begin{cases} N_{1x} = -N_1 \cdot \sin \alpha \sin \theta; \\ N_{1y} = N_1 \cdot \cos \alpha \cos \theta; \\ N_{1z} = N_1 \cdot \cos \alpha; \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} N_{2x} = -N_2 \cdot \cos \theta; \\ N_{2y} = -N_2 \cdot \sin \theta; \\ N_{2z} = 0, \end{cases} \quad (24)$$

де α – кут нахилу витків шнека, рад.

Проекції сили ваги частинки на осі координат xuz будуть наступними:

$$\begin{cases} G_x = mg \cdot \cos \gamma; \\ G_y = 0; \\ G_z = -mg \cdot \sin \gamma, \end{cases} \quad (25)$$

де γ – кут нахилу осі шнека, рад; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Враховуючи залежності(19), (20), (23-25) рівняння (16) набудуть вигляду:

$$\begin{cases} \sum x = N_1 \left(-\sin \alpha \sin \theta - f_1 \frac{\dot{x}_1}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(-\cos \theta - f_2 \frac{\dot{x}_2}{|\dot{s}_2|} \right) - m\ddot{x} + G_x = 0; \\ \sum y = N_1 \left(\sin \alpha \cos \theta - f_1 \frac{\dot{y}_1}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(\sin \theta - f_2 \frac{\dot{y}_2}{|\dot{s}_2|} \right) - m\ddot{y} + G_y = 0; \\ \sum z = N_1 \left(\cos \alpha - f_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(-f_2 \frac{\dot{z}_2}{|\dot{s}_2|} \right) - m\ddot{z} + G_z = 0. \end{cases} \quad (26)$$

У розширеному вигляді систему рівнянь (26) можна записати наступним чином:

$$\begin{cases} N_1 \left(-\sin \alpha \sin \theta - f_1 \frac{R \cdot \sin \theta \cdot \left(\omega - \frac{d\theta}{dt} \right)}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(-\cos \theta - f_2 \frac{-R \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}}{|\dot{s}_2|} \right) - \\ - m \left(R \cos \theta \frac{d\theta}{dt} \left(\omega - \frac{d\theta}{dt} \right) - R \sin \theta \frac{d^2\theta}{dt^2} \right) + mg \cdot \cos \gamma = 0; \\ N_1 \left(\sin \alpha \cos \theta - f_1 \frac{-R \cdot \cos \theta \cdot \left(\omega - \frac{d\theta}{dt} \right)}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(\sin \theta - f_2 \frac{R \cdot \cos \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}}{|\dot{s}_2|} \right) - \\ - m \left(R \sin \theta \frac{d\theta}{dt} \left(\omega - \frac{d\theta}{dt} \right) + R \cos \theta \frac{d^2\theta}{dt^2} \right) = 0; \\ N_1 \left(\cos \alpha - f_1 \frac{\frac{T}{2\pi} \omega + A \cdot k \cdot \omega \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t)}{|\dot{s}_1|} \right) + N_2 \left(-f_2 \frac{\frac{T}{2\pi} \omega + A \cdot k \cdot \omega \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t)}{|\dot{s}_2|} \right) - \\ - m \left(-\frac{T}{2\pi} \frac{d^2\theta}{dt^2} - A \cdot k^2 \omega^2 \sin(k \cdot \omega \cdot t) \right) - mg \cdot \sin \gamma = 0. \end{cases} \quad (27)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (26), знаходимо нормальні реакції від поверхонь шнека і кожуха.

Вказана система рівнянь відносно параметра θ в загальному випадку не має розв'язку і її аналіз проводиться на ЕОМ, застосовуючи чисельний метод Рунге-Кутта. Оскільки коефіцієнт внутрішнього тертя вантажу, що піддається транспортуванню в основному значно перевищує коефіцієнт тертя між вантажем та кожухом і шнеком, то рух потоку вантажу в першому наближенні можна розглядати як рух частинок з незмінними характеристиками зовнішніх зв'язків, що не залежать від внутрішніх взаємодій частинок [2].

Із третього рівняння системи (26) отримаємо:

$$N_2 = \frac{-N_1 \left(\cos \alpha - f_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|} \right) + m\ddot{z} - G_z}{-f_2 \frac{\dot{z}_2}{|\dot{s}_2|}} \quad (28)$$

Із першого і третього рівнянь системи (26) отримаємо:

$$N_1 = \frac{m\ddot{z} - G_z \left(-\cos \theta - f_2 \frac{\dot{x}_2}{|\dot{s}_2|} \right) + m\ddot{x} - G_x}{f_2 \frac{\dot{z}_2}{|\dot{s}_2|}} \cdot \left(-\sin \alpha \sin \theta - f_1 \frac{\dot{x}_1}{|\dot{s}_1|} + \frac{\left(\cos \alpha - f_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|} \right) \left(-\cos \theta - f_2 \frac{\dot{x}_2}{|\dot{s}_2|} \right)}{f_2 \frac{\dot{z}_2}{|\dot{s}_2|}} \right) \quad (29)$$

Розглянемо також стабільний режим транспортування у тихохідному конвеєрі, в якому вантаж рухається по лінійній траєкторії і для якого дійсні умови: $\theta = \text{const}$, $\frac{d\theta}{dt} = 0$, $\frac{d^2\theta}{dt^2} = 0$, $\frac{dR}{dt} = 0$, $R = \text{const}$. Нормальна реакція від поверхні шнека на основі (29), із врахуванням (15):

$$N_1 = \frac{m \left(\frac{-A \cdot k^2 \omega^2 \sin(k \cdot \omega \cdot t) - g \cdot \sin \gamma}{-f_2} \cos \theta - g \cdot \cos \gamma \right)}{-\sin \alpha \sin \theta - f_1 \frac{\dot{x}_1}{|\dot{s}_1|} - \frac{\left(\cos \alpha - f_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|} \right)}{f_2} \cos \theta} \quad (30)$$

Нормальна реакція від поверхні кожуха на основі формули (28):

$$N_2 = \frac{-N_1 \left(\cos \alpha - f_1 \frac{\dot{z}_1}{|\dot{s}_1|} \right) + m \left(-A \cdot k^2 \omega^2 \sin(k \cdot \omega \cdot t) + g \cdot \sin \gamma \right)}{-f_2} \quad (31)$$

Важливою складовою для визначення енергосилових параметрів гвинтових конвеєрів є маса вантажу m_b , яка піддається одночасному транспортуванню, і якщо рух потоку вантажу в першому наближенні можна розглядати як рух частинок, то у вищенаведених формулах, можна замість маси частинки m використовувати масу вантажу m_b , яку можна визначати за формулою [3]:

$$m_g = \frac{\pi \cdot i (D^2 - d^2)}{4} \varphi_0 T_0 \rho, \quad (32)$$

де d – діаметр вала шнека, м; φ_0 – коефіцієнт завантаження, що формується у завантажувальному отворі; ρ – густина вантажу, кг/м³.

Крутний момент на шнекові визначаємо за виразом:

$$M = N_1 \cdot R (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha) + N_2 R f_2. \quad (33)$$

Потужність на приводі шнека

$$N = Mn/9750. \quad (34)$$

Реальне значення величини крутного моменту є більшим унаслідок особливостей вантажу, що переміщується, неточності виготовлення гвинтової транспортної системи, тертя в опорах і визначається за формулою

$$M_p = k_n k_n k_T k_g M, \quad (35)$$

де k_n – коефіцієнт, що враховує витрати на перемішування, дроблення, зачемлення й залипання вантажу; k_n – коефіцієнт, що враховує неточність виготовлення шнека; k_T – коефіцієнт, що враховує тертя в опорах; k_g – коефіцієнт, що враховує зміну міжвиткового об'єму.

Висновки. Приведено конструкцію змішувача гвинтового вібраційного для дослідження енергосилових параметрів у конвеєрі із коливним осьовим рухом. Виведено аналітичні залежності для визначення основних енергосилових параметрів при різних режимах роботи.

Література

1. Гевко І. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи / І. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2011. – Т. 16, № 1. – С. 69-77.
2. Рогатинський Р. М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва : дис. ... докт. техн. наук : 05.20.01, 05.05.05 / Рогатинський Роман Михайлович. – К., 1997. – 502 с.
3. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский. – Львів : Вища школа, 1989. – 176 с.
4. Патент України № 62633 на винахід. Змішувач гвинтовий вібраційний / Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Комар Р.В., Диня І.І., Олендр В.М. Бюл. №17, 2011.

Рецензент д.т.н., проф. Б.М. Гевко

УДК 631.365.22

© С.Г. Панасюк, к.т.н., О.В.Лисик
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ СИРОВИНИ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ

У статті приведено результати дослідження впливу попередньої обробки плодів яблук та температури сушильного агента на тривалість та інтенсивність процесу сушіння.

СУШІННЯ, СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, ТЕМПЕРАТУРА, КРИВА СУШІННЯ, ШВИДКІСТЬ СУШІННЯ.

Постановка проблеми. Проблема зберігання продукції у міжсезоння з мінімальними втратами її корисних властивостей є особливо важливим завданням у процесі виробництва харчових продуктів.

Переважна більшість рослинних продуктів у свіжому вигляді містить в собі 80–90% води. Така висока вологість та особливості біохімічного складу фруктів, овочів та зелені обмежують термін зберігання цих продуктів до декількох годин чи діб. Оскільки список сільськогосподарських культур, що вимагають якнайдовшого їх зберігання з максимальним збереженням їх поживної цінності постійно збільшується, то варто сказати, що одним із важливих завдань науки та переробної промисловості є розробка і впровадження технологій консервування для тривалого зберігання поживної цінності та корисних властивостей фруктів та овочів.

У вирішенні цього завдання важливу роль необхідно відвести такому методу консервування продукції як сушіння. Сутність такого виду консервування полягає в тому, що з фруктів та овочів випаровується велика кількість вологи, за рахунок чого підвищується концентрація розчинних сухих речовин, в тому числі консервантів – цукрів і органічних кислот. Внаслідок високої концентрації цих та інших речовин, зменшення вмісту вологи, біохімічні процеси майже повністю припиняються. При сушінні значно зменшуються маса і об'єм продуктів, що впливає на транспортні витрати, потреби в тарі і складських приміщеннях. Сушені овочі і фрукти при оптимальних умовах добре зберігаються і вимагають менше площі для зберігання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченню проблем сушіння матеріалів присвячено багато наукових праць. Проте ряд питань із дослідження процесу видалення вологи з плодоовочевої сировини залишається невивченим.

Мета дослідження полягала у вивченні ефекту попередньої обробки плодів яблук та впливу температури сушильного агента на тривалість процесу сушіння.

Результати дослідження. На сьогодні існує велика різноманітність способів сушіння харчових матеріалів, що обумовлено методами передачі теплоти, особливостями матеріалів, що піддаються сушінню, видом зв'язку вологи з матеріалу.

Сушіння є складним дифузійним процесом, у якому взаємопов'язані масоперенесення та теплоперенесення. На цей процес впливає ряд факторів, до основних з яких можна віднести температуру сушильного агента, швидкість повітряного потоку, відносну вологість повітря, тиск, ступінь подрібнення матеріалу, товщину шару.

Температура сушильного агенту є одним з основних факторів, від якого залежить швидкість протікання та тривалість процесу, а також якість сухофруктів. Максимально допустима температура сушіння залежить від виду матеріалу та способу сушіння. Найоптимальнішою вважається невисока температура 40...60 °С, що дозволяє практично повністю зберегти вітаміни, біологічно активні речовини, природний колір і аромат продукту, а також зменшити енерговитрати. Варто зазначити, що занадто підвищена температура теплоносія може призвести до нерівномірної зовнішньої та внутрішньої дифузії вологи, до пересушування і перегрівання зовнішніх зон продукту і утворення шкірочки та тріщин, а також до небажаних змін в хімічному складі сушеної продукції.

Якщо температура сушильного агента становить 80 °С і вище, то біохімічні процеси у плодоовочевій сировині протікають дуже інтенсивно, а тому при сушінні разом з парами води видаляються леткі речовини: альдегіди, спирти, складні ефіри та інші речовини, які забезпечують аромат та смакові якості продукту.

Також важливу роль для процесу сушіння відіграють підготовчі операції. Їх суть полягає в тому, щоб в результаті сушіння отримати готовий продукт, який придатний для споживання і задовольняє відповідні вимоги діючих стандартів. Чим вища якість сировини, тим вища якість сушеного продукту.

Підготовчий етап сировини для сушіння зазвичай складається з операцій миття, інспекції по якості, калібрування, очищення, різання, а також бланшування і сульфитація.

Важлива операція підготовки сировини до сушіння – бланшування. Бланшування при температурі 95–100°С викликає денатурацію білків, гідроліз протопектину, що призводить до втрати тургору клітин. Завдяки цьому зберігається природне забарвлення

(м'якоть не темніє), аромат і смак, підвищується відновлюваність сушеного продукту, а також зменшують втрати вітамінів. Бланшування здійснюється до або після подрібнення. В останньому випадку втрати водорозчинних речовин значно вищі.

При бланшуванні змінюється конфігурація білкових молекул, відбувається їх денатурація. Це призводить до усадки і ущільнення рослинних тканин, до зменшення їх гідрофільності. Цим створюються кращі умови для сушіння. Бланшовані частинки овочів втрачають крихкість, набувають еластичність і пружність.

Однією з важливих заключних операцій підготовчого етапу сировини до сушіння вважається сульфитація, яка застосовується для попередження потемніння сировини. При сульфитації порушується проникність клітинних оболонок. У продуктах, що піддаються сульфитації краще зберігаються колір та вміст аскорбінової кислоти, каротину та ферментів мікрофлори, але значно руйнуються вітамін В₁ та тіамін.

З метою визначення оптимальних режимів сушіння плодів яблук було досліджено вплив температури сушильного агента та попередньої обробки на тривалість процесу сушіння. Дослідження проводились з використанням сушильної установки конвективного типу. Результати експериментальних досліджень сушіння пластинок яблук товщиною 5 мм при різних температурах сушильного агента у зоні контакту з матеріалом зображені на рис. 1.

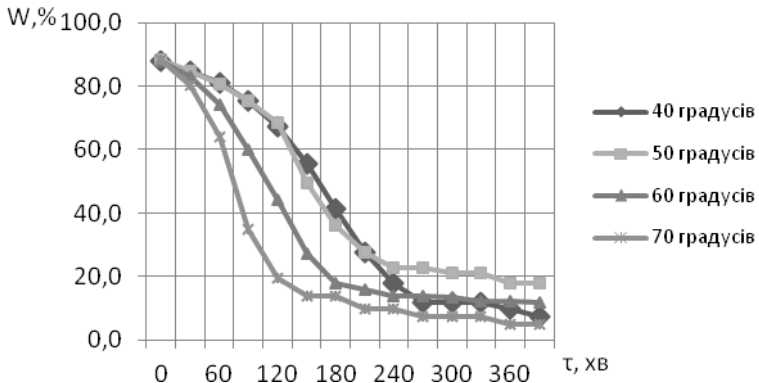


Рис. 1 – Криві сушіння на першій касеті залежно від температури сушильного агента

Інтенсивність конвективного сушіння визначається із співвідношення [4]:

$$\alpha(t_c - t_n) = rj_n + c\rho_0 R_v \frac{dt}{d\tau}, \quad (1)$$

де α – коефіцієнт теплообміну; r – питома теплота пароутворення води; t_c, t_n – відповідно температури сушильного агента та поверхневого шару пластинок яблук; j_n – інтенсивність видалення вологи з поверхневих шарів; c – питома теплоємність води; R_v – площа поверхні теплообміну; ρ_0 – густина матеріалу.

Звідси інтенсивність сушіння визначиться за формулою:

$$j_n = \frac{1}{r} \left[\alpha(t_c - t_n) - c\rho_0 R_v \frac{dt}{d\tau} \right]. \quad (2)$$

Інтенсивність сушіння буде зростати із зростанням коефіцієнта теплообміну α та різниці температур $(t_c - t_n)$. Очевидно, що температура поверхневих шарів пластинок яблук буде зростати з самого початку процесу сушіння і незабаром прийме постійне значення рівне температурі мокрого термометра t_m . Ця температура буде залишатися постійною у період сталої швидкості сушіння до першої критичної точки $W_{кр}$, яка з кривих сушіння для пластинок яблук, представлених на рис.1, буде рівною 37–40 %. Через випаровування вологи всередині пластинок яблук на початку сушіння буде виникати різниця температур поверхневого та внутрішнього шарів. Період постійної швидкості сушіння характеризується відсутністю градієнта температури, але після першої критичної точки температура внутрішнього шару пластинки яблука зростатиме, і знову виникне різниця температур поверхневого та внутрішнього шарів. При досягненні матеріалом рівноважної вологості температура у всіх точках пластинки яблука стане однаковою і дорівнюватиме температурі сушильного агента.

При створенні змінного режиму сушіння із подачею сушильного агента різної температури та з різною швидкістю буде відбуватися зростання інтенсивності сушіння.

Ефект попередньої обробки пластинок яблук перед сушінням вивчався у порівнянні тривалості їх сушіння із тривалістю сушіння пластинок яблук без обробки при температурі сушильного агента $t_c = 60^0C$. Проводилась попередня обробка сировини, а саме: бланшування парою протягом 30 с, проморожування тривалістю 2 хвилини, витримання в 20-% цукровому сиропі. За отриманими результатами побудовано криві сушіння, зображені на рис. 2. Як показав аналіз кривих, попередня обробка має відносно невеликий

вплив на тривалість процесу, проте дозволяє отримати продукт з відмінними смаковими якостями та гарним товарним виглядом.

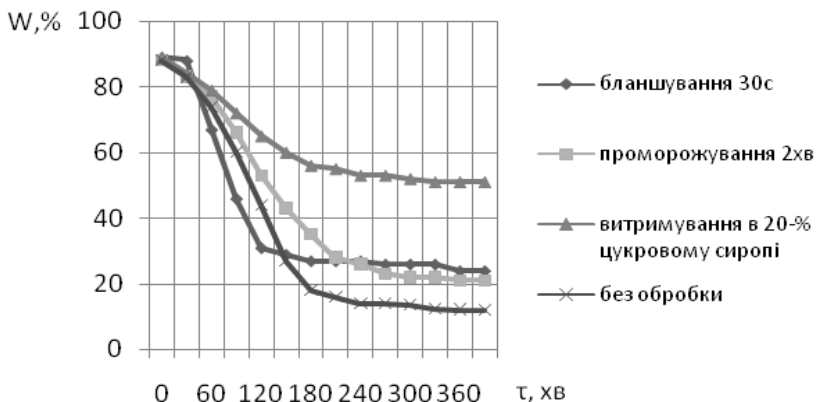


Рис. 2 – Криві сушіння яблук після попередньої обробки

Висновок. Отже, можна підсумувати, що на сьогодні особливо актуальним є дослідження впливу на процес сушіння основних факторів для різноманітних видів сировини, а також методів попередньої обробки сировини, що сприятиме інтенсифікації сушіння та вибору найоптимальніших комбінацій поєднання способів сушіння фруктів та овочів, з метою отримання якісної кінцевої продукції з мінімальними витратами та втратами.

Література

1. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. –1979. – 528 с.
2. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів. – Луцьк: РВВ ЛДТУ. – 2
3. Кришер О. Научные основы техники сушки. – М.: Энергия, 1968. - 471 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.365:631.53.01:633.2

© А.М. Пидляк, Л.Ю. Забродоцька, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВЕНТИЛЮВАННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ

У статті представлені результати експериментальних досліджень зміни швидкості повітряного потоку від висоти шару насіннєвого матеріалу. Запропоновано спосіб вивантаження матеріалу з сушарки. Представлена схема конструктивного виконання і описаний принцип роботи сушарки з спіралеподібною поверхнею нової конструкції.

ВЕНТИЛЮВАННЯ, ШВИДКІСТЬ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ, НАСІННЄВИЙ МАТЕРІАЛ.

Постановка проблеми. Основним недоліком сушіння насіннєвого матеріалу є нерівномірне просушування матеріалу за об'ємом. Така нерівномірність є наслідком вентиляювання шарів із різною інтенсивністю. На інтенсивність вентиляювання впливають структура шарів, фізико-механічні властивості матеріалу: щільність, шпаруватість, вологість. Виникає необхідність у дослідженні впливу цих параметрів на процес вентиляювання. Крім того, способи підведення та режими сушіння, що застосовуються при роботі сушарок, зумовлюють нерівномірне сушіння. Це є енергозатратним та потребує подальших досліджень з метою оптимізації процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню дослідження процесів сушіння сипких сільськогосподарських матеріалів присвячені праці ряду науковців [1-3]. У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що основними факторами, які впливають на процес сушіння, є температура і швидкість сушильного агенту, режими його подачі, початкова вологість, розмірні характеристики насінин та інші фактори.

Отримані результати вказують на те, що зазначені параметри є визначальними при встановленні енергозберігаючих засобів і методів сушіння. Але це питання потребує додаткових досліджень, оскільки структура формування шарів насіннєвого матеріалу має свої особливості.

Мета дослідження. Дослідити вплив зміни швидкості повітряного потоку на інтенсивність вентилявання насінневого матеріалу.

Результати дослідження. Під зміною інтенсивності вентилявання розуміємо зміну швидкості повітряного потоку за висотою шару. Шари матеріалу, маючи різну щільність та шпаруватість, чинять різний опір повітряному потоку. При розгляді способу підведення повітряного потоку на інтенсивність вентилявання шарів матеріалу за висотою, слід враховувати, що матеріал розміщений у герметичній сушильній камері, тобто повітряний потік повним об'ємом проходить через нього.

Підведення повітряного потоку під шар матеріалу (метод протитечії) зумовлює сушіння частини матеріалу, який знаходиться найближче до сторони підведення повітряного потоку. Це призводить до зміни параметрів повітряного потоку та падіння його швидкості внаслідок аеродинамічного опору матеріалу. В даному випадку, зволожується та частина шару, яка у наступному такті буде особливо інтенсивно вентиляватися та сушитися. Відбувається розподіл вологи за висотою шару, що забезпечує рівномірне сушіння матеріалу та раціональне використання потенціалу сушильного агента.

Дослідження процесу вентилявання насінневого матеріалу (ворох вівсяниці лучної) проводили на лабораторній установці, зображеній на рис. 1, а.

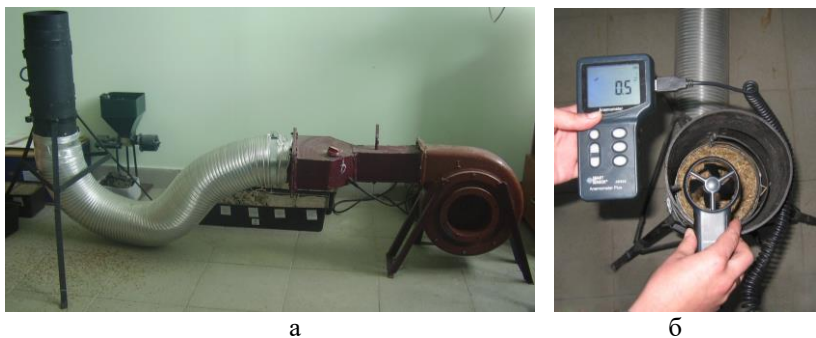


Рис. 1 – Лабораторна установка: а – загальний вигляд; б – вимірювання швидкості повітряного потоку після проходження через шар матеріалу

Швидкість повітряного потоку до шару матеріалу визначали встановленням анемометра AR826 у порожній сушильній камері зі

сторони підведення повітряного потоку, для всіх варіантів вона складала 1,8 м/с. При збільшенні початкової швидкості повітряного потоку спостерігали вилітання матеріалу з сушильної камери. Потім касету, заповнену дослідним матеріалом, висотою 0,015 м встановлювали у лабораторну установку. Вмикали вентилятор та проводили вимірювання швидкості повітряного потоку після проходження шару матеріалу. Далі встановлювали наступну касету з матеріалом і проводили аналогічні вимірювання. Загальна висота матеріалу – 0,12 м.

Експериментальне дослідження процесу вентиляції насінневого матеріалу проводилися після запуску установки, встановлення усталеного режиму повітряного потоку і підготовки партії матеріалу.

Отримані дані фіксували (рис. 1, б). Вимірювання швидкості повітряного потоку проводилися з трикратною повторюваністю. Вологість матеріалу в усіх варіантах 14÷15%. Результати експериментальних досліджень показано на рис. 2.

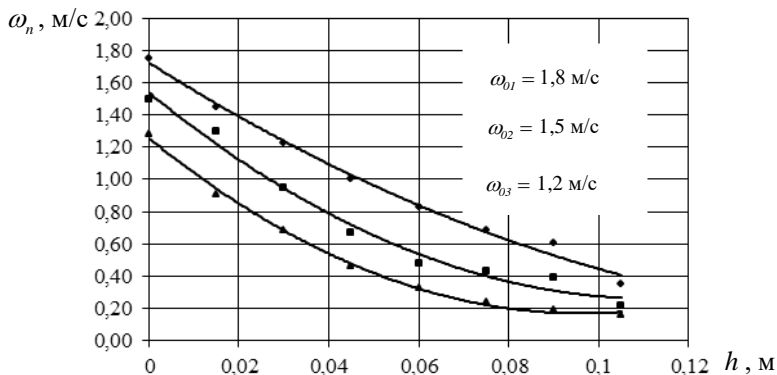


Рис. 2 – Залежність зміни швидкості повітряного потоку ω_n від висоти шару h матеріалу при: $\psi = 0,69$; $\nu = 18,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $K_s = 47,86$

Розглянемо процес проходження повітряного потоку (сушильного агента) крізь шар матеріалу в сушарці (рис. 3) [4], яка містить сушильну камеру, вентилятор, електрокалорифер (на рисунку не показано) та вивантажувальний шнек. В середині сушильної камери розташована спіралеподібна перфорована поверхня.

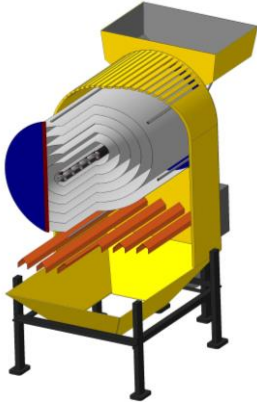


Рис. 3 – 3D-модель сушарки з спіралеподібною поверхнею

У процесі роботи сушарки матеріал завантажувальним шнеком подається в сушильну камеру на перший виток перфорованої поверхні. Під час обертання перфорованої поверхні матеріал, ковзаючи витками, за один оберт опускається на нижчий ярус. З кінця останнього витка перфорованої поверхні матеріал просипається між коробами і вивантажується на транспортерну стрічку.

Під час обертання перфорованої поверхні сушильний агент, проходячи через шари матеріалу знизу вгору за принципом протитечії, підсушує його. Відпрацьований сушильний агент виводиться назовні через перфоровану вставку у верхній частині кожуха.

Під час обертання спіралеподібною поверхні сушильної камери відбувається як переміщення, так і пересипання матеріалу між витками. При підвищенні швидкості повітряного потоку ($\omega_0 > 1,8$ м/с), що проходить знизу вгору, насінневий матеріал починає інтенсивно і безладно пересипатися в обсязі шару, що зберігає постійну висоту. Шпаруватість насінневого матеріалу підвищується і, тим самим, збільшується площа контакту матеріалу з повітряним потоком (сушильним агентом).

Так як в сушарці (рис. 3) матеріал вивантажується через короби (вниз), реалізувати підвищення швидкості повітряного потоку не можливо.

Запропоновано конструктивне вирішення задачі (рис. 4). Спіралеподібна поверхня розміщується в нерухомій циліндричній обичайці в нижній частині якої передбачено вікно для вивантаження матеріалу з витків спіралеподібною поверхні та проходження сушильного агента, а в верхній частині – перфорація для відведення з сушильної камери відпрацьованого сушильного агента. Циліндрична обичайка розміщена в кожусі, який обладнано в нижній та верхній

частинах перфорацією для циркуляції сушильного агента, а також вивантажувальним отвором. У просторі між обичайкою та кожухом передбачено полицки, що здійснюють обертальний рух. Процес вивантаження матеріалу з сушарки відбувається таким чином: матеріал з останнього витка спіралеподібної поверхні надходить в простір між обичайкою та кожухом, де захоплюється полицками та транспортується до вивантажувального отвору в кожусі.

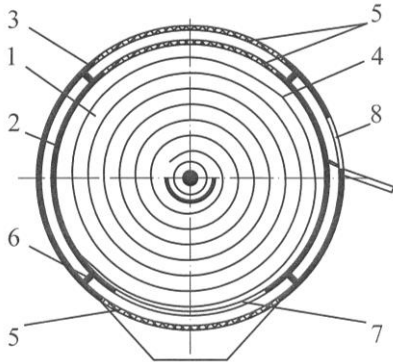


Рис. 4 – Сушарка з спіралеподібною поверхнею: 1 – сушильна камера; 2 – циліндрична обичайка; 3 – кожух; 4 – спіралеподібна поверхня; 5 – перфоровані вставки; 6 – полицка; 7 – вікно для вивантаження матеріалу; 8 – вивантажувальний отвір

Висновок. Аналіз експериментальних досліджень показав, що підвищення швидкості повітряного потоку забезпечує збільшення площі контакту його з насіннєвим матеріалом, а, отже, інтенсифікує процес вентилявання. Також запропоновано спосіб вивантаження матеріалу з сушарки та його конструктивну реалізацію.

Література

1. Котов Б.И. Технологические и теплотехнические основы повышения эффективности сушки растительного сырья: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / УААН, Ин-т механизации и электрификации с.х. / Борис Иванович Котов. – Глеваха, 1994. – 440 с.
2. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів: Монографія / Володимир Федорович Дідух. – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165 с.
3. Кршеминский В.С. Сушка семян трав / В.С. Кршеминский, Н.Я. Попов. – М.: Колос, 1984.
4. Пат. № 85766 Україна, МПК (2009) F26 B11/00. Барабанна сушарка / Дударев І.М., Кірчук Р. В., Кокалюк Л.Ю.; заявник і власник патенту Луцький державний технічний університет. – № а200706074; заявл. 01.06.2007р.; опубл. 25.02.2009, Бюл. №4.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК.631.421.2

© М.М. Поліщук

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛІВ ПРУЖНОСТІ ТА В'ЯЗКОСТІ ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ

У статті наведені методика, результати встановлених модулів пружності і в'язкості озерного природного стану та твердих включень після тривалого зберігання у буртах промороженого сапропелю.

В'ЯЗКІСТЬ, КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА АПАРАТУРА, МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ, КОЛИВАННЯ.

Постановка проблеми. При вирішенні проблеми проектування робочих органів машин для внесення сапропелєвих добрив не з'ясовано деякі їх визначальні фізико-механічні властивості. Так, при тривалому зберіганні проморожених сапропелів у буртах утворюються тверді агрегати, які при внесенні необхідно подрібнити [1]. Серед властивостей промороженого та сирого озерного сапропелю, яким не приділяли належної уваги є модулі пружності та в'язкості. Їх дослідження може бути здійснено за допомогою спеціально розробленої методики та відповідного експериментального обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що в літературі відсутні властивості, які характеризують пружність та в'язкість промороженого та сапропелю природного стану. Для їх встановлення необхідно визначитись із методикою і мати відповідне лабораторне устаткування. Для цього підходить відоме апаратно-програмне забезпечення у вигляді віртуальних вимірювально-управляючих комплексів з використанням прикладних комп'ютерних технологій, що забезпечують синхронну реєстрацію і обробку експериментальних даних та їх збереження, наприклад, таких систем, як LabVIEW, розроблених фірмою National Instruments [1].

Мета досліджень. Визначити модулі пружності сапропелів різної вологості після зневоднення сушінням і проморожування.

Результати досліджень. Процес подрібнення промороженого сапропелю в машині для локального несення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі здійснюється подрібнювальним пристроєм [2], який характеризується змінними навантаженнями лопатей на сапропелєву масу. Тому дослідження

модулів пружності необхідно здійснювати динамічним методом в діапазоні часу, який відповідає тривалості взаємодії лопатей з сапропелем. Для цього розроблено експериментальне обладнання з використанням комплексу вимірювальних приладів, які дозволяють отримати візуальне відображення осцилограм коливань системи зразок-удар в реальному масштабі часу їх обробки.

Для досліджень був використаний свіжодобутий озерний сапропель з о. Синове Старовижівський району Волинської області та проморожений, який зберігався у відкритих умовах навколишнього середовища у бурті протягом 4 років висотою – 1,5 м. При цьому нижній пласт товщиною 0,5–0,6 м являє собою суміш у складі якої відмічені тверді включення розміром від 2 до 12 см.

Устаткування для визначення модулів пружності та в'язкості зразків сапропелю представлено на (рис. 1, 2), що складається з основи 1, на якій встановлювали досліджуваний зразок 2, зверху на якому розташовано вантаж 3 і давач переміщення електромагнітного типу 4, що закріплений на штативі 5.

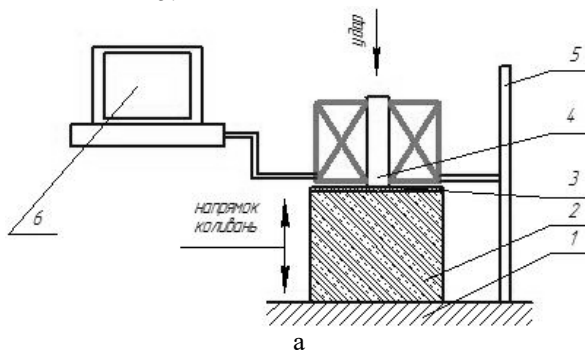


Рис. 1 – Установа для визначення модуля пружності першого роду динамічним методом: а – схема; б – загальний вигляд

Давач переміщення 4 з'єднаний з платою АЦП (USB 6008), яка підключена до комп'ютера 6 із програмним забезпеченням.

Дослідження модулів пружності здійснюється динамічним способом у режимі вільних коливань системи "зразок-вантаж".

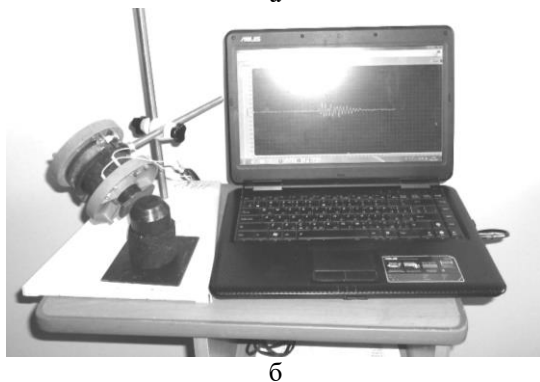
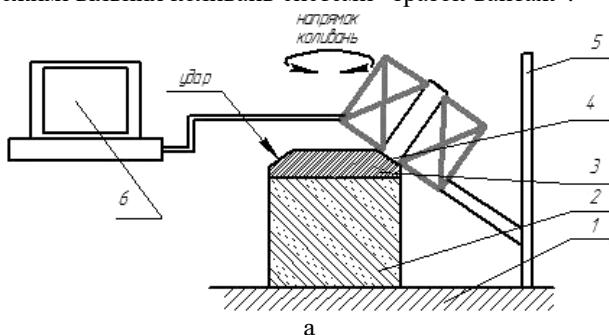


Рис. 2 – Установка для визначення модуля пружності другого роду динамічним методом: а – схема; б – загальний вигляд

Збурення вертикальних коливань системи здійснюється нанесенням легкого удару по металевому вантажу (див. рис. 1, 2) гумовим молотком (для запобігання коливань у тілі вантажу на високих частотах). Переміщення торця зразка з вантажем сприймаються здавачем електромагнітного типу, пересилаються в аналоговій формі на вхід плати USB 6008, яка перетворює їх у цифровий еквівалент.

Для відображення, обробки та зберігання інформації розроблена програма в середовищі LabVIEW [3, 4]. Зразок осцилограми коливного процесу наведено на рис. 3.

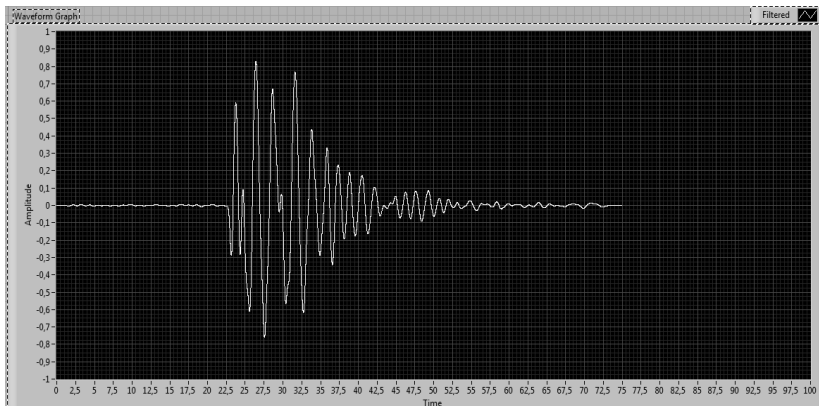


Рис. 3 – Зразок осцилограм коливного процесу

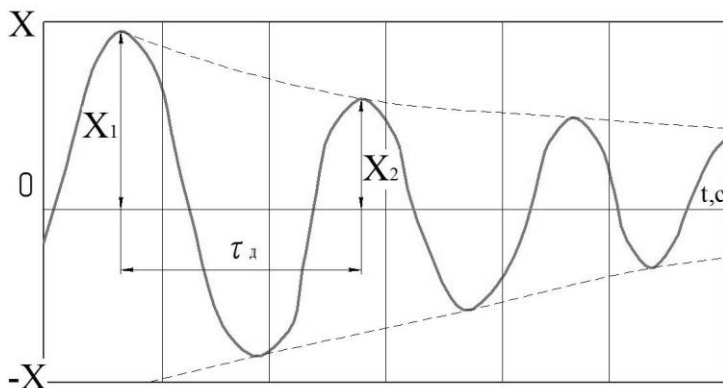


Рис. 4 – Діаграма згасаючих коливань

Далі згідно з методикою [5, 6], користуючись декрементом згасання коливань (див. рис. 4), визначаємо модулі пружності зразка сапропелю за такими формулами:

одновісного розтягу (стиску)

$$E = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f_1^2 \cdot L^2 \cdot \rho}{\beta_1^2}, \text{ Па} \quad (1)$$

зсуву

$$\mu = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f_2^2 \cdot L^2 \cdot \rho}{\beta_2^2}, \text{ Па} \quad (2)$$

де f_1, f_2 – частоти осьових і крутильних коливань, Гц; L – довжина дослідного зразка озерного сапропелю, м; ρ – густина дослідного зразка сапропелю, кг/м^3 ; β_1, β_2 – параметри, що залежать від відношення маси зразка до маси вантажу;

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{S \cdot \rho \cdot L}{m_e}}, \quad \beta_2 = \sqrt{\frac{j_{sp}}{j_e}}; \quad (4)$$

тут j_{sp}, j_e – полярні моменти інерції дослідного зразка і вантажу, $\text{кг}\cdot\text{м}$; S – площа поперечного перерізу зразка, м^2 ; m_e – маса вантажу, кг .

$$f = 1/t_\delta, \quad (4)$$

де t_δ – період коливань, (визначаємо з рис. 4)

Користуючись декрементом затухань (рис. 3) визначали в'язкість зразка озерного сапропелю за формулою:

$$h\mathcal{B} = 2n\mathcal{C}m_e; \quad (5)$$

$$n = d/t_\delta; \quad (6)$$

$$d = \ln \frac{x_{mi}}{x_{m(i+1)}}. \quad (7)$$

Після обрахунку, за результатами модулів пружності та в'язкості, будувались графіки залежностей. (Рис. 5, 6, 7).

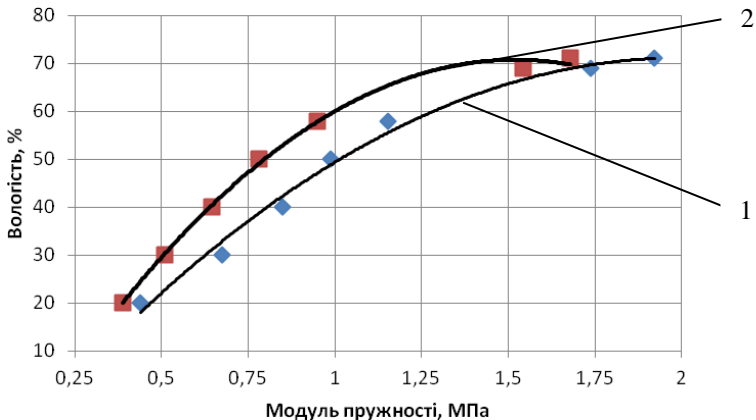


Рис. 5 – Графік залежності зміни модулів пружності при зниженні вологості методом сушіння: 1 – модуль пружності першого роду; 2 – модуль пружності другого роду

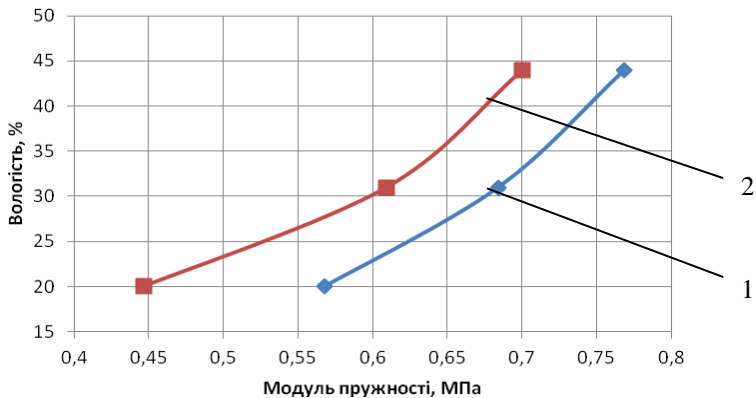


Рис. 6 – Графік залежності зміни модулів пружності промороженого сапропелю з врахуванням його вологості: 1 – модуль пружності першого роду; 2 – модуль пружності другого роду

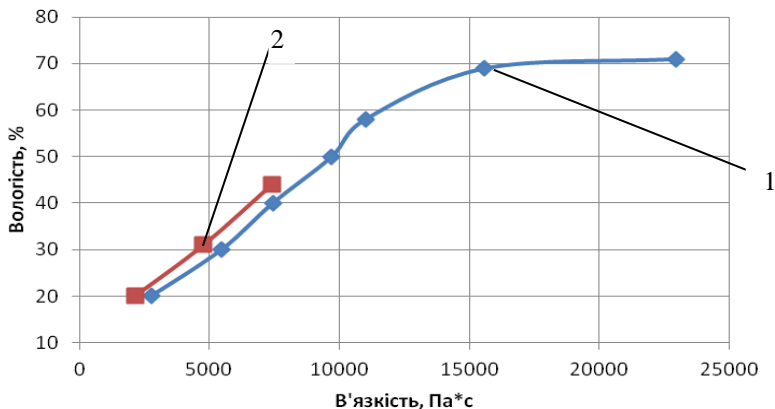


Рис. 7 – Графік залежності в'язкості від вологості: 1 – сапропель природного стану; 2 – проморожений сапропель

Висновки. Віртуальна інформаційно-вимірювальна система для дослідження модулів пружності зразків сапропелю забезпечує, як візуальний, так і цифровий запис отриманих результатів. Дозволяє зменшити затрату коштів та значно спростити контрольно-вимірювальну апаратуру.

Аналіз графіків показав, що модулі пружності, як промороженого, так і зневодненого сапропелю природного стану

методом сушіння, знаходяться у криволінійній залежності. Різниця полягає в тому, що у першому випадку, криві розташовуються випуклістю доверху, а у другому – навпаки. Згідно графіків (рис. 7) в'язкість сапропелю знаходиться у лінійній залежності від вологості 60%. При її збільшенні до 70 відсотків пряма, розміщена під кутом, плавно переходить майже у горизонтальну пряму.

Література

1. Сиротюк В. М. Методика дослідження модулів пружності рулонів сінажу / В. М. Сиротюк, А. Я. Здобицький, З. О. Гошко // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2009. – № 13, т. 1. – С. 131–138.
2. Патент №84229 Україна, МПК А01С 9/00, АС01С 15/00. Машина для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі / М.М. Поліщук, В.Ф. Дідух, В.В. Сацюк, С.Ф. Бабарика (Україна). – №u201305630; Заявл. 30.04.2013; Опубл. 10.10.2013 Бюл. №19.
3. Виноградова Н.А. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW: учеб. пособие / Н.А. Виноградова, Я.И. Листратов, Е.В. Свиридов. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 50 с.
4. Пейч Л.И. LabVIEW для новичков и специалистов / Л.И. Пейч, Д.А. Точилин, Б.Л. Поллак. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 384 с.
5. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко. – М.: Наука, 1967. – 444 с.
6. Тимошенко С.П. Теория упругости: пер. с. англ. / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 575 с.
7. Поліщук М.М., Бабарика С.Ф. Дослідження процесу подрібнення замороженого сапропелю. // Сільськогосподарські машини. – Зб. наук. ст. Вип. 24. – Луцьк: Ред. – вид. відділ ЛНТУ, 2013. – С. 298–305.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 621.928:167

© С.С. Тарасюк

Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРАТОРІВ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті наведено огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалів та запропоновано їх класифікацію.

СЕПАРАТОР, КЛАСИФІКАЦІЯ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ.

Постановка проблеми. У процесі виробництва сипких продуктів харчування виникає потреба в їх розділенні на однорідні фракції. Так, у виробництві борошна після подрібнення зерна одержане борошно сортують на окремі фракції. В крохмалє-патоковому, спиртовому, пивоварному виробництвах зерно, що надходить на переробку, очищують від домішок. Крім цього, в багатоступеневих подрібнювачах сипкої сировини, що використовуються у харчовій промисловості, після кожної стадії подрібнення сировину сортують, частинки матеріалу потрібних розмірів подають на наступну стадію подрібнення, а більші частинки повертають на повторне подрібнення. Тобто, в харчовій промисловості доволі часто постає завдання очистити та розділити на фракції сипкі матеріали.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній літературі [1-3] розглянуті різні способи та обладнання для очищення та розділення на фракції зернової маси. Однак потребує подальших досліджень розгляд конструкцій існуючого обладнання з метою визначення їх переваг і недоліків для обґрунтування найбільш перспективної конструкції.

Мета дослідження – проаналізувати конструкції існуючих сепараторів сипких матеріалів та визначити їх переваги і недоліки.

Результати досліджень. Обладнання для поділу зернової маси на фракції можна класифікувати наступним чином (рис. 1): а) машини з плоскими ситами; б) машини з барабаними ситами. Кожна група включає по декілька підгруп існуючого обладнання, яке відрізняється характером руху сит (для машин з плоскими ситами) та просторовим розміщенням осі обертання (для машин з барабаними ситами). Машини з барабаними ситами класифікують також за формою сит, які можуть бути циліндричними, конічними, призматичними та пірамідальними.

Розглянемо найбільш поширені конструкції сепараторів.

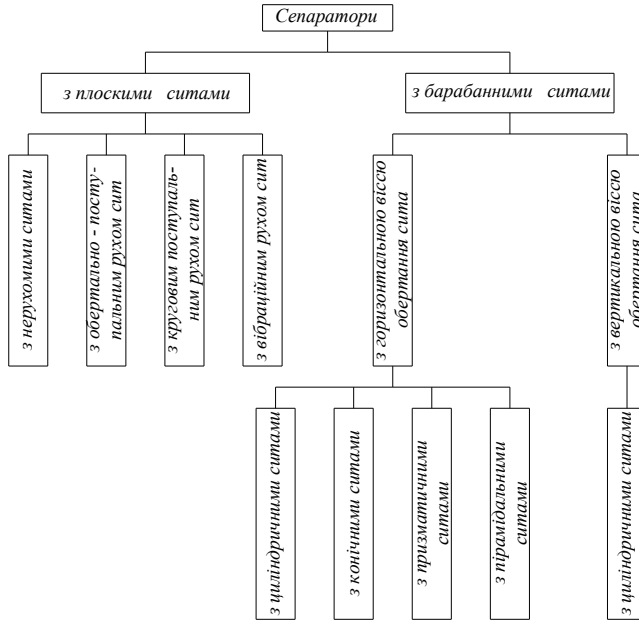


Рис. 1 – Класифікація обладнання для розділення на фракції сипких матеріалів

Решетний сепаратор для сортування сипких сумішей (рис. 2) [1]. Решетний сепаратор складається з завантажувального пристрою, який включає лоток 1, циліндричну щітку 2, решета 3, приймачі розділених фракцій 4, 5 і 6.

Решето 3 виконане у вигляді решітки, набраної з направляючих стержнів 7, які розташовані в паралельних площинах, віддалених одна від одної на однакову відстань. Кінці стержнів 7 один через один зміщені в напрямку, перпендикулярному до робочої поверхні решета, так, що усі парні стержні знаходяться в одній площині і паралельні між собою, а усі непарні – паралельні між собою, але розташовані в іншій площині, величина кута між якими визначає ступінь розширення робочих каналів решета 3. Для встановлення та регулювання розширення робочих каналів решета 3 кінці парних і непарних стержнів 7 виготовлені різної довжини і при регулюванні опираються відповідно на протилежні кінці пластини 8, яка закріплена до осі 9 і може обертатися навколо неї.

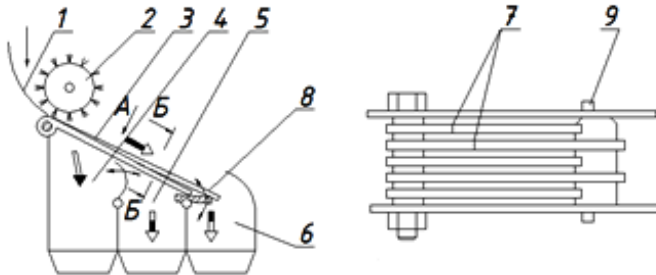


Рис. 2 – Решетний сепаратор: 1 – лоток; 2 – циліндрична щітка; 3 – решета; 4, 5, 6 – приймальники розділених фракцій; 7– пластини; 8 – вісь

Сепаратор працює наступним чином. Оброблюваний матеріал надходить у лоток, де за допомогою циліндричної щітки, що обертається, тонким шаром з заданою швидкістю подається на робочу поверхню решета. При цьому дрібні частинки проходять через решето в приймачі розділених фракцій, а крупні – сходять з решета в крайній приймач. Внаслідок розширення робочих каналів частинки, що відрізняються за розмірами можуть бути розділені на окремі фракції.

Недоліки конструкції – низька ефективність розділення, висока енергоємність.

Інерційний повітряно-решітний сепаратор (рис. 3) [2] складається з бункера 1, регулятора подачі 2, колосового решета 3, повітряного каналу 4, кожухів 5 та 8, лопатевого ротора 6, підсвітного решета 7 та відвантажувального рукава 9.

Технологічний процес роботи сепаратора полягає в наступному: при відкритті регулятора подачі зерновий ворох переміщується до колосового решета, рухаючись яким піддається дії повітряного потоку, що створюється лопатевим ротором. При цьому крупні домішки, що не просіваються крізь колосове решето, сходять з нього і з'єднуються з легкими домішками, які виносяться повітрям. Зерно основної культури разом з дрібними домішками, просіявшись крізь колосове решето, спрямовується до лопатевого ротора, який захоплює порцію зернового вороху і прискорює її. Під час руху матеріалу решетом частинки, що мають розміри менші ніж робочі канали, просіваються і потрапляють до приймача дрібної фракції. Очищена від дрібних домішок маса йде сходом з решета і виводиться з сепаратора через рукав без застосування додаткових пристроїв.

Недоліки сепаратора – низька продуктивність, висока енергоємність, низька ефективність розділення.

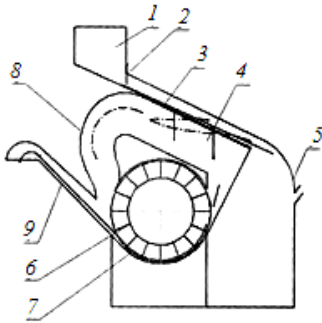


Рис. 3 – Інерційний повітряно-решітний сепаратор: 1 – бункер; 2 – регулятор подачі; 3 – колосове решето; 4 – повітряний канал; 5 – кожух; 6 – лопатевий ротор; 7 – решето; 8 – кожух; 9 – відвантажувальний рукав

Для сепарування сипких матеріалів пропонується конструкція призматичного сепаратора (рис. 4) [3], який містить раму та каркас, що виконаний з можливістю обертання. Каркас виконаний у вигляді ребер горизонтально розміщеної правильної призми. До ребер каркаса з зовнішньої сторони кріпляться змінні решета. Каркас з решетами утворює робочу камеру сепаратора. Крім того, до ребер з внутрішньої сторони кріпляться спрямовувачі, які встановлюються перпендикулярно до поверхні змінних решіт та під кутом до ребер каркаса, що забезпечує переміщення матеріалу вздовж горизонтальної осі сепаратора. З торців до каркаса кріпляться завантажувальна та вивантажувальна конусоподібні горловини. Каркас розташовано в кожусі, що нерухомо кріпиться на рамі. У нижній частині корпусу кожуха передбачено жолоб з вивантажувальним шнеком. У торцевих кришках кожуха передбачено отвори для завантажувального та вивантажувального лотків. З внутрішньої сторони до кришки кожуха прикріплено підпружинений чистик.

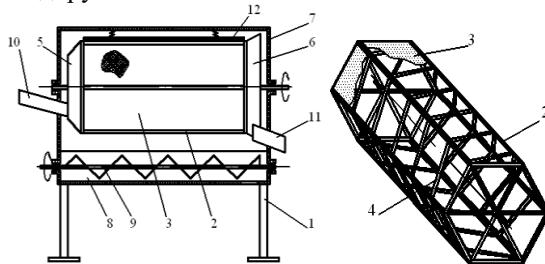


Рис. 4 – Призматичний сепаратор: 1 – рама; 2 – каркас; 3 – решета; 4 – спрямовувачі; 5 – завантажувальна конусоподібна горловина; 6 – вивантажувальна конусоподібна горловина; 7 – кожух; 8 – жолоб; 9 – вивантажувальний шнек; 10 – завантажувальний лоток; 11 – вивантажувальний лоток; 12 – чистик

Під час роботи сепаратора матеріал, що підлягає сепарації, через завантажувальний лоток надходить у завантажувальну конусоподібну горловину, звідки спрямовується на внутрішню поверхню змінних решіт, що прикріплені до ребер каркаса. Під час обертання каркаса від привода відбувається ковзання матеріалу поверхнями змінних решіт та пересипання з одного на інше. Внаслідок цього дрібні частинки матеріалу проходять через отвори в решетах, а решта матеріалу рухається вздовж спрямовувачів внаслідок підпору наступних порцій матеріалу та вивантажується з сепаратора через вивантажувальну конусоподібну горловину та вивантажувальний лоток. Дрібні частинки матеріалу сходять внутрішньою поверхнею корпусу кожуха в жолоб, з якого вивантажуються вивантажувальним шнеком. Під час обертання каркаса підпружинений чистик очищає змінні решета від залишків матеріалу. Для сепарування різних матеріалів використовують набір змінних решіт з отворами різної форми та розмірів.

У даному сепараторі для розділення використовується така властивість оброблювального матеріалу, як різні геометричні розміри частинок зернової маси. Завдяки поєднанню в будові двох принципово різних конструктивних рішень (барабан, що обертається, та решето, що здійснює коливний рух), даний сепаратор, в порівнянні з аналогами, значно ефективніше використовує різницю в геометричних розмірах зерен. Основні переваги конструкції: якісніше розділення сипкої маси на фракції; більший корисний об'єм барабана; універсальність – можливість зміни решет залежно від матеріалу, що піддається сепарації.

Висновки. У статті представлено огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалів та на основі їх аналізу запропоновано класифікацію сепараторів. Також, запропонована конструкція призматичного сепаратора, в якому об'єднано два принципи роботи – принцип роботи барабанного сепаратора, та принцип роботи сепаратора з плоскими решетами, що забезпечує більшу ефективність процесу сепарації сипких матеріалів у порівнянні з відомими конструкціями.

Література

1. Пат. №29822 Україна, МПК В07В13/04. Решітний сепаратор / Васильковський М.І.; Заявлено 22.07.1997; Опубл. 15.11.2000; Бюл. №6.

2. Пат. №75896 Україна, МПК В07В13/00. Інерційний повітряно-решітний сепаратор/ Богомолів О.В.; Заявл. 31.10.2011; Опубл. 25.12.2012; Бюл. №24.

3. Дударев І.М. Дослідження роботи призматичного сепаратора / І.М. Дударев // Наукові нотатки. Випуск 39. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ. – 2012. – с.55–58.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.171: 633.63

© В.В. Теслюк, д.с-г.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Проаналізовано особливості традиційного передпосівного обробітку ґрунту під сівбу цукрових буряків на ґрунтах важких за механічним складом. Запропоновано технологічний процес і технічні засоби передпосівного обробітку методом профілювання поверхні поля. Наведено результати досліджень запропонованої технології.

ОБРОБІТОК ГРУНТУ, ЦУКРОВІ БУРЯКИ, ГРЕБЕНІ, КУЛЬТИВАТОР, СІВБА, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

Постановка проблеми. Цукрові буряки (*Beta vulgaris* Z.V. *sacharitera*) цінна технічна культура в коренеплодах яких може нагромаджуватися до 25 % сахарози і більше. Рослини цієї цінної культури впродовж вегетаційного періоду перебувають в умовах екологічного стресу, причому часто ростуть і розвиваються за негативного впливу екстремальних температур повітря й водозабезпечення, патогенів, нерегламентованого внесення пестицидів та мінеральних добрив. Значний вплив на ріст і розвиток рослин мають технологічні операції обробітку ґрунту, особливо при підготовці до сівби. Основні агротехнічні вимоги, які ставляться до обробітку ґрунту і сівби це – своєчасність і стислі строки сівби та відповідна підготовка ґрунту. Аналіз показує, що завдання які ставляться до обробітку ґрунту, особливо важкого за механічним складом, не завжди досягаються у поставлені строки, до того ж, великою кількістю проходів агрегатів по полю.

Інтенсифікація передпосівного обробітку ґрунту під цукрові буряки, шляхом багаторазових впливів ходових систем енергетичних засобів, машин і знарядь, викликає негативний вплив підвищеної щільності, особливо на ґрунтах, важких за механічним складом, посівні площі яких на Україні складають до 30 % від загальної площі сівби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційна українська інтенсивна технологія вирощування цукрових буряків нараховує понад 15 операцій, а на важких ґрунтах і ще більше, витрати паливо-мастильних матеріалів при цьому досягають 280-450 кг/га [1,2].

Передпосівний обробіток ґрунту складається з розпушування верхнього шару ґрунту зубовими бородами та вирівнювання шлейф-бородами в поєднанні з зубовими, а в зоні достатнього зволоження також і з наступного додаткового глибокого розпушування суцільними культиваторами. Потреба в ньому виникає на полях з ґрунтами, схильними до запливання і там, де під час основного обробітку ґрунту не досягнуто належної вирівненості поверхні поля. Завершальною операцією весняного обробітку ґрунту є передпосівна культивация, а за умов надмірно розпушеного ґрунту виникає необхідність у проведенні коткування. Такий перелік технологічних операцій на обробіток ґрунту включає значну кількість проходів агрегатів по полі, що призводить до переущільнення ґрунтів, особливо важких за механічним складом.

Аналіз літературних і патентних джерел свідчить, що перспективи механізованої технології і розробки технічних засобів для її виконання при вирощуванні цукрових буряків в напрямку збільшення виходу продукції зменшення енергозатрат можна бачити в гребневому способі підготовки ґрунту.

Мета досліджень. Визначення ефективності вирощування цукрових буряків на ґрунтах, важких за механічним складом шляхом запровадження гребневого способу передпосівного обробітку ґрунту.

Результати досліджень. Запропоновано передпосівний обробіток ґрунту під цукрові буряки з розподілом технологічних операцій на осінній та весняний періоди, які виконують в такій послідовності [3, 4]:

1. Восени на фоні вирівняної поверхні поля проводять профілювання поверхні у вигляді гребенів з одночасним локальним внесенням добрив в зону майбутнього рядка.

2. Весняний обробіток ґрунту (рис.1), полягає у зрізуванні вершин гребенів до висоти 3...4 см, який виконується агрегатом в складі трактора 1 і культиватора 2 (а), з послідувочою сівбою посівним агрегатом (в) в зону зрізаного шару ґрунту (б).

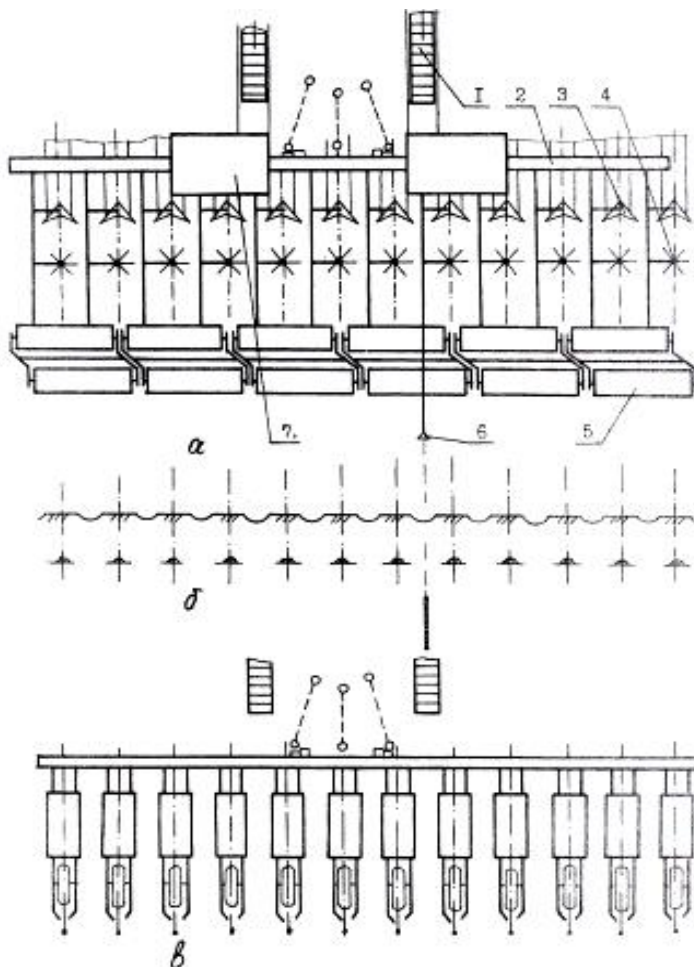


Рис. 1 – Схема виконання технологічних операцій зрізання вершин гребенів (а), профіль поверхні поля після зрізання гребенів (б) і схема посівного агрегату (в). 1 – трактор; 2 культиватор УКРП-5,4; 3 – стрілочасті лапи; 4 – розпилювачі; 5 – пруткові ротори; 6 – агрегат для зберігання і внесення пестицидів

На культиваторі встановлено слідоутворювач 6, який утворює слід для орієнтування ведення посівного агрегату (в). Сформовані восени гребені сприяють інтенсивному накопиченню вологи, а весною – прискореному дозріванню ґрунту в зоні гребенів, що дозволяє в

більш ранні строки провести сівбу цукрових буряків, не проводячи ні закриття вологи, ні шлейфування, ні глибокого розпушування ґрунту, ні суцільного внесення і заробки гербіцидів, що безумовно продовжує період вегетації, знижує матеріальні і енергетичні затрати, створює передумови для підвищення урожайності культури.

Лабораторно-польові дослідження запропонованої технології і порівняння з традиційною проводилися на Волинському обласному НВО "Еліта", яке відноситься до бурякосіячих районів України з достатнім зволоженням. В процесі проведення досліджень вивчено фізико-механічні властивості ґрунту; утворення ґрунтової кірки; рівномірність розподілення насіння по глибині заробки; забур'яненість посівів; урожайність цукрових буряків.

Дослідження проведено по схемі однофакторного експерименту за наступними варіантами:

1. Контроль. Звичайна технологія вирощування цукрових буряків, прийнята в даній зоні.

2. На фоні вирівненого напівпарового обробітку ґрунту, розпушеного на глибину 10...12 см, проведено локальне внесення сухих мінеральних добрив в зону майбутнього рядка з послідуочим формуванням гребенів з ущільненням відкосів над ними.

3. На фоні суцільного внесення мінеральних добрив під напівпаровий обробіток ґрунту після вирівняної і розпушеної поверхні поля на глибину 10...12 см проведено формування гребенів.

4. На фоні суцільного внесення мінеральних добрив під напівпаровий обробіток ґрунту з вирівненою і розпушеною поверхнею на глибину 10–12 см проведено формування гребенів і ущільнення відкосів з утворенням міжгребеневої щілини.

Основним показником, який дає передумови для появи дружніх сходів є забезпечення заданої глибини заробки насіння. Після проходу посівного агрегату нами проведено облік глибини заробки насіння (табл 1).

Таблиця 1 – Глибина заробки насіння за різними варіантами передпосівної обробки насіння

Варіант	К-сть замірів	X, 10 ⁻² м	σ , 10 ⁻² м	V, %	m, 10 ⁻² м	P, %	χ^2
Контроль	72	3,43	0,72	22,4	0,08	2,6	6,5
2	72	2,81	0,78	24,8	0,08	2,76	2,4
3	72	2,9	0,78	22,1	0,09	3	4,04
4	72	2,74	0,78	18,2	0,07	2,6	4,11

Оцінку істотності різниці між середніми даними вибірки по глибині заробки насіння проведено за критерієм "t", Стьюдента. Результатами обліків і математичної обробки даних встановлено:

$$t_{екс\ 1:2} = 3,5; \quad t_{екс\ 1:4} = 6,9; \quad t_{екс\ 2:4} = 0,7;$$

$$t_{екс\ 1:3} = 4,4; \quad t_{екс\ 2:3} = 0,75; \quad t_{екс\ 3:4} = 1,45.$$

Табличне значення цього критерія за умов числа степенів свободи $V = 100$ буде $t_{теор} = 1,96$ [5]. Співставлення експериментальних значень критерію Стьюдента з теоретичним показує, що істотна різниця в глибині заробки насіння відмічається між варіантами контролю, тобто традиційним передпосівним обробітком ґрунту і запропонованим способом. Це результат глибокого весняного розпушування і нерівномірного передпосівного обробітку ґрунту. Подальша вегетація та догляд за розвитком рослин цукрових буряків на дослідних варіантах до настання терміну збирання проводилась однаково.

Визначено продуктивність вирощування цукрових буряків на різних варіантах. Результати експериментальних даних по урожайності приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Урожайність цукрових буряків залежно від способів передпосівного обробітку ґрунту

Варіант	Середня урожайність, т/га	σ , т/га	V, %	m, т/га	P, %
Контроль	42,41	2,16	5,1	1,08	2,5
2	49,09	2,35	4,78	1,17	2,4
3	46,87	1,99	4,24	0,99	2,2
4	48,11	2,06	4,3	1,03	2,2

Істотність різниці між порівнюваними варіантами перевірено за критерієм "t", Стьюдента. В результаті обчислень експериментальних даних визначено:

$$t_{екс\ 1:2} = 4,2; \quad t_{екс\ 1:4} = 3,8; \quad t_{екс\ 2:4} = 0,57;$$

$$t_{екс\ 1:3} = 3,1; \quad t_{екс\ 2:3} = 1,39; \quad t_{екс\ 3:4} = 0,91.$$

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено достовірну різницю урожайності вирощування цукрових буряків запропонованої технології порівняно з традиційною, яка становила 49,1 т/га.

Висновок. Впровадження технологічного процесу передпосівного обробітку цукрових буряків із розподілом операцій на

осінній та весняний період методом профілювання поверхні поля забезпечило рівномірність глибини заробки насіння, проведення сівби цукрових буряків в більш ранні строки, що призвело до підвищення ефективності вирощування цукрових буряків.

Література

1. Зубенко В.Ф. Довідник буряководи / В.Ф. Зубенко. – К.: Урожай, 1991. – 237 с.
2. Погорелый Л.В. Механизация производства сахарной свеклы / под ред. Л.В. Погорелого. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1991. – 184 с.
3. Глуховский В. С. Новый способ выращивания сахарной свеклы / [В. С. Глуховский, Н. М. Зуев, Ю. С. Ионицей, П. А. Кутя, В. В. Теслюк] // Сахарная свекла – 1994. – № 1. – С. 12 – 14.
4. Теслюк В.В. Розробка технологічного процесу та робочого органу для передпосівного обробітку важких ґрунтів під цукрові буряки: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – К., 1994. – 20 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 664.

© Ю.В. Федорусь, к.т.н., Ю.Л. Гунько, к.т.н., М.С.Поліщук
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙ БУРЯКОРІЗАЛЬНИХ МАШИН ТА ЇХНІХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ НА ЯКІСТЬ СТРУЖКИ

Розглянуто та проаналізовано різні конструкції бурякорізальних машин та їхні робочі органи. Проведено дослідження роботи різальних машин на Гнідавському цукровому заводі. Виділені основні переваги та недоліки в роботі бурякорізок, які впливають на отримання бурякової стружки різної якості.

**БУРЯКОРІЗКА, НІЖ, КОНТРОЛЬНА ПЛАНКА, НОЖОВА РАМА,
БУРЯКОВА СТРУЖКА**

Постановка проблеми. Ефективність роботи дифузійного апарату залежить, в першу чергу, від якості роботи бурякорізок, які повинні безперервно і рівномірно забезпечувати його стружкою

високої якості. Тому правильно підібране та налаштоване обладнання для подрібнення буряків відіграє значну роль у процесі виробництва цукру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато дослідників вивчали механічні параметри процесу отримання бурякової стружки. Адаменко А.П. узагальнив виробничий досвід поліпшення якості бурякової стружки. Дослідження конструкцій бурякорізальних машин, зокрема їхнє вдосконалення проводили Авраменко А.П., Кайтанов А.А., Прокопович А.В., Хоменко М.Д., Фабрічнікова І.А.

Мета дослідження. Аналіз роботи бурякорізок та принципів вибору ножових рам для якісного подрібнення цукрових буряків в стружку.

Результати дослідження. Для отримання бурякової стружки застосовують різальні машини – бурякорізки, які за конструкцією бувають відцентрові, дискові та барабанні. Найбільше поширення мають відцентрові бурякорізки. В таких бурякорізках буряки потрапляють у простір, де обертається ротор, притискуються за рахунок відцентрової сили до ножів, встановлених у вирізках вертикального циліндричного корпусу, та ріжуться в стружку. Ножі закріплені нерухомо. Відцентрова бурякорізка має ряд переваг порівняно з дисковою, а саме: однакова швидкість різання по всій довжині ножової рами, тоді як при дисковому різанні з двох ножів рами один, який розташований далі від центру диска, рухається швидше, ніж інший; можливість спостереження за роботою кожної рами окремо і своєчасна заміна рами, при отриманні стружки поганої якості. Особливо важливо, що при відцентровому різанні можна легко міняти рами; виймаючи їх за допомогою спеціального обладнання.

У дискових машинах рухаються тільки ножі, які закріплені на горизонтальному диску, що обертається, а буряк лежить на диску нерухомо. Недолік дискової бурякорізки – це необхідність зупиняти її для заміни ножів. Крім того, диск різання повинен бути добре вивіреним при закріпленні, щоб при обертанні не було коливань та вібрацій. Під час ремонту заводу диск необхідно проточувати і балансувати. Заміна диска проводиться кожні 5 років [1]. Дискова та відцентрова бурякорізки зображенні на рисунку 1.

У барабанних машинах ножі закріплені на стінках горизонтального барабана, що обертається, а буряки знаходяться всередині барабана і утримуються від обертання спеціальним притиском.

Продуктивність бурякорізок регулюють залежно від роботи попереднього і наступного технологічного обладнання (мийної установки та дифузійного апарату). Якщо ж потужність різання перевищує продуктивність заводу, то в цьому випадку замінюють одну або декілька рам заглушками і таким чином знижують продуктивність

різання. Основний недолік всіх бурякорізок – недосконалість конструкції притиску. Це призводить до деякого переміщення коренеплодів в площині різання і повороту їх навколо осі, розташованої вздовж ріжучої кромки ножа, а отже, до появи мезги і неоднорідної стружки.

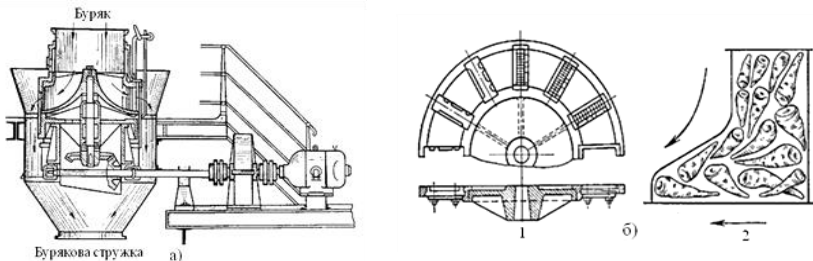


Рис. 1 – Бурякорізки а) відцентрова; б) дискова (1–диск, 2–схема клиноподібного притиску)

Для різання буряків використовують спеціальні бурякорізальні ножі. За способом виготовлення їх поділяють на фрезеровані, штамповані, прокатні, литі та ін., які виготовляють з високовуглецевих інструментальних сталей У7, У7А, У8, У8А, а також з високолегованих сталей – 65Г. Крок бурякорізальних ножів вибирають залежно від якості буряків: 6 мм, 7 мм – для подрібнення буряків хорошої якості, та 9 мм, 10 мм, 12 мм – для буряків погіршеної якості (підморожені, підв'ялені і т.д.) [2].

Під час роботи бурякорізок потрібно весь час уважно стежити (по звуку), чи не потрапив у бурякорізку сторонній предмет; якщо це трапиться, то її негайно зупиняють, видаляють цей предмет і змінюють рами з пошкодженими ножами. Якщо під час якісної роботи соломовловлювачів спостерігається швидке забивання ножів, то це може відбуватися від волокнистості буряків. У цьому випадку збільшують зазор ножів і додають в бурякорізку деревне вугілля для очищення лез ножів від волокон. Крім того, потрібно частіше продувати ножі парюю. Встановлювати ножі в рами слід дуже точно, інакше вийде неоднорідна, погана стружка з великою кількістю браку. Щоб стружка була рівномірною, підйом і зазор ножів повинні бути абсолютно рівномірні і однакові для всіх рам. Тому необхідно при установці ножа користуватися шаблонами – особливими планками для вивірки підйому і зазору. Якщо буряки подрібнюються на жолобчасту стружку, то гребені і борозенки ножів у всіх рамах повинні бути точно на одних і тих же місцях, щоб отримати максимальну кількість якісної стружки [3]. Зазор ножів бурякорізки робиться тим більший, чим більш

засмічені і волокнисті буряки, зазвичай він знаходиться в межах 3...14 мм і залежить від якості та забрудненості буряків. Для чистих буряків роблять зазор 3...5 мм, для чистих свіжих або в'ялених він складає 5...6 мм, для підмерзлих і чистих 3...7 мм, для засмічених – 4...7 мм, для забруднених, підгнилих і мерзлих – 6...10 мм, для сильно забруднених, волокнистих або дерев'янистих – 8...14 мм. Зазор менше 2 мм не допускається, оскільки при цьому виходить ламана стружка. Підйом ножів повинен бути для свіжого буряка трохи більше половини ділення ножа, тобто для 5-ти міліметрових ножів – 2,5...2,7 мм. При різанні підв'ялених буряків роблять підйом 2,8...3 мм і для підмерзлих – 3,0...3,3 мм. Ножі в рамах закріплюють за допомогою болтів з потайними голівками.

В рамі, а також у самій бурякорізці зі вставленою рамою, з боку буряків не повинно бути ніяких виступаючих частин, крім ріжучих лез ножів. Всяка шорсткість викликає зайву витрату енергії, дряпає і б'є коріння буряка, а головне викликає зсув коренів, що призводить до збільшення відсотка неякісної стружки, браку і мезги [1].

Нами було проведено ряд дослідів, для визначення якісних характеристик бурякової стружки. Це дало нам можливість зробити певні висновки щодо роботи бурякорізки та подати рекомендації щодо покращення роботи подрібнюючого обладнання. Для проб було взято стружку з першого дифузійного апарата Гнідавського цукрового заводу при подрібненні прив'ялених (30.10.13 р.) та свіжопривезених буряків (20.11.13 р. і 30.11.13 р.). На даному цукровому заводі використовують дискові бурякорізки «PUTSCH». Подрібнення здійснюється за допомогою бурякорізальних ножів німецького виробництва фірми «PUTSCH», а також ножів-аналогів вітчизняного виробництва «СУПЕРБЛОК». Геометрична форма відібраної стружки – жолобчата. Для кожного дослідів відбирали проби наважкою в 1кг. У досліджуваних пробах були визначені розмірні характеристики бурякової стружки (довжини) та її вагові характеристики для визначення відсотка браку і мезги. На основі отриманих даних складено варіаційні криві розподілу довжини бурякової стружки (рис.2).

При обробці результатів, було встановлено, що на 1 кг стружки припадає: у першій наважці 363,1г браку (216,3г – великі частки та 146,8г – мезга); в другій наважці 288,1г браку (128,1–великі частки та 160г – мезга); в третій наважці 116,15г браку (88,25 г – великі частки та 27,9г – мезга). При аналізі результатів було виявлено причини великої кількості браку. Основними з них є відхилення якісних параметрів буряків (велика прив'яленість, підмороженість) та незадовільні режими роботи та регулювання бурякорізок, які в процесі роботи можна змінювати, це насамперед: передчасне затуплення ножів

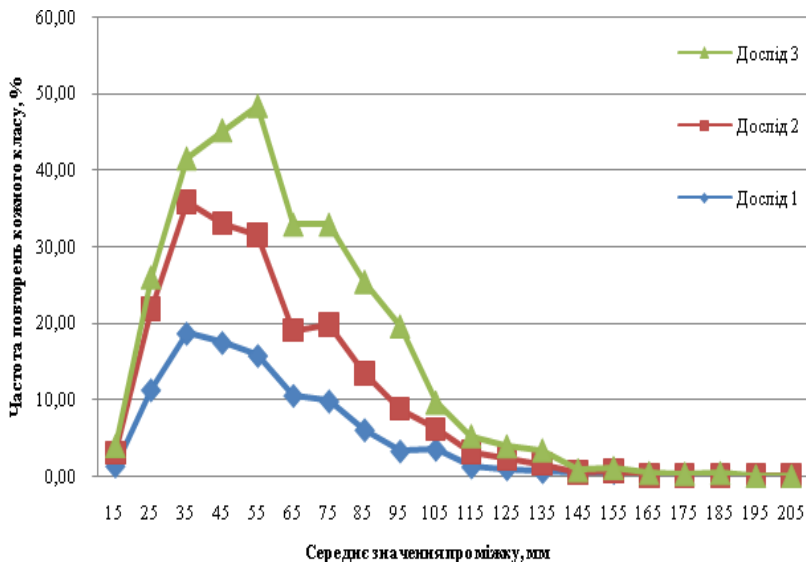


Рис. 2 – Варіаційні криві розподілу довжини бурякової стружки



Рис. 3 – Кромка ножа під мікроскопом при 20-ти кратному збільшенні

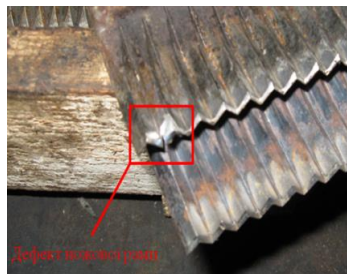


Рис. 4 – Передчасне затуплення ножів та пошкодження їх різальної кромки в результаті відхилень заточки

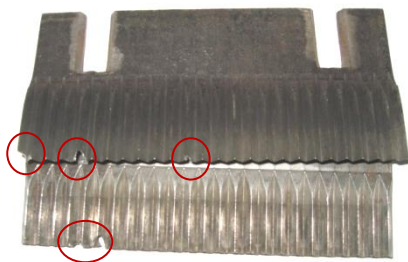


Рис. 5 – Пошкодження ножів в результаті потрапляння сторонніх предметів під час подрібнення буряків



Рис. 6 – Неправильний зазор між різальною кромкою ножа і контрольною планкою у дисковій бурякорізці «PUTSCH»

та пошкодження їх різальної кромки в результаті відхилень заточки (рис. 3, 4); пошкодження ножів, в результаті потрапляння сторонніх твердих, металевих предметів під час подрібнення (рис. 5); неправильний зазор між різальною кромкою ножа і контрольною планкою (рис. 6).

Висновки. Існує ряд факторів, які впливають на якість бурякової стружки – це, насамперед, тип і стан ріжучого обладнання та його правильність регулювання, в залежності від якості перероблених буряків. Вибір правильної геометричної форми та довжини бурякової стружки забезпечує максимальне вилучення цукру з неї, отже процес подрібнення є одним з найважливішим у виробництві.

Досліди, проведені на Гнідавському цукровому заводі виявили ряд факторів, що впливають на утворення браку стружки. Підвищення якості бурякової стружки можна досягти при вдосконаленні роботи бурякорізок та їх окремих вузлів; якісної заточки бурякорізальних ножів; більш точного дотримання вимог експлуатації бурякорізок.

Література

1. Силин П.М. Технологія сахара.–М:Пищевая промышленность, 1967 – 625 с.
2. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків: ПУП 15.83-37-106:2007. – К.: – 2007.
3. Хоменко М.Д. Отримання високоякісної бурякової стружки: Навчальний посібник. – К.: ІПК Укрхарчпрому, 1998. – 39 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.І. Швабюк

УДК 631.303

© Г.А. Хайлис, д.т.н., Л.А. Талах к.т.н., В.В. Шевчук
УкрННІІПІТ ім. Л. Погорелого

ПРОКАЛЫВАНИЕ ПОЧВЫ КОНУСНЫМИ ИГЛАМИ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

В статье рассматривается процесс прокола почвы конусными иглами игольчатой бороны.

БОРОНА, ИГЛА, КОНУС, ПОЧВА, ПРОКОЛ, СИЛА, УГОЛ, СЕКЦИЯ, ДИСК.

Постановка проблемы. Игольчатые бороны применяются для обработки почвы [1, 2, 3, 4, 5], однако прокалывание ими поверхности почвы исследовано недостаточно.

Анализ последних исследований и публикаций. По данному вопросу опубликованы работы [1, 2, 3, 4, 5], но ряд вопросов мало исследован. Так недостаточно проанализирован прокол почвы и влияние на него действующих сил.

Цель исследований. Проанализировать процесс прокола почвы конусными иглами и влияние на него действующих сил.

Результаты исследований. Игольчатые бороны применяются в культиваторах с целью прокола почвы и ее рыхления.

Борона содержит секции, каждая из которых состоит из пяти игольчатых дисков, причем оси этих дисков жестко связаны друг с другом. Каждый диск (рис. 1) содержит ступицу, ось, втулку и двенадцать игл, жестко связанных со ступицей. Игла представляет собою радиально закрепленный на ступице прямолинейный стержень, форма которого в средней части близка к цилиндрической; в концевой части каждая игла выполнена в виде конуса и заканчивается острием. Диски с иглами движутся в продольно-вертикальной плоскости и вращаются вокруг своих горизонтальных осей, которые движутся влево со скоростью v_c . Диаметр диска с иглами составляет 280–290 мм, глубина погружения игл в почву равна 4–6 см; иглы крепятся к диску через 25–30 мм. Расстояние между концами двух соседних игл на диске равно 75–80 мм.

При работе игольчатых борон иглы внедряются в почву сначала направляясь в нее под углом $СКА$ (рис. 1), после чего происходит их поворот в сторону увеличения этого угла (благодаря движению центра C влево); в конце внедрения в почву каждая игла становится вертикально. Так в частности, внедрилась игла CA_1 на рис. 1.

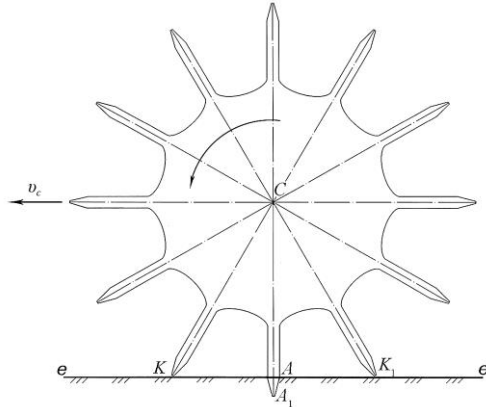


Рис. 1 – Диск игольчатой бороны с 12-ю иглами для прокола почвы

Силу давления бороны на конус иглы обозначим G . Углубляющийся в почву под действием силы G конус иглы (рис. 2) будет распирать почву в направлениях, перпендикулярных образующим конуса, но конус может еще одновременно скользить по почве, при этом появятся силы трения скольжения по всей поверхности соприкосновения конуса с почвой. Схемы таких воздействий показаны на рис. 2, *a* (с трением) и рис. 2, *б* (без трения).

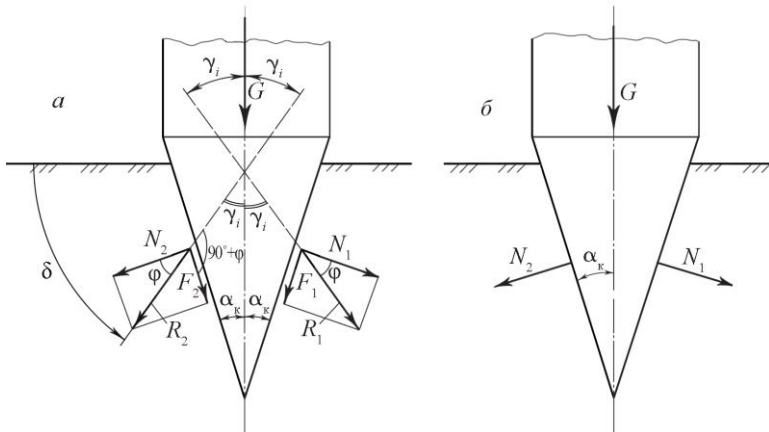


Рис. 2 – Действие сил со стороны боковых поверхностей конусной части иглы на почву при равномерном вертикальном углублении иглы (*a*) и при нахождении иглы в почве без углубления (*б*)

На рис. 2, *a* показано, как под действием силы G , которая достаточна для того, чтобы конус углубился в почву, со стороны конической поверхности на почву будут действовать нормальные силы реакции N_1 и N_2 перпендикулярно поверхности конуса и силы трения скольжения F_1 и F_2 по образующим конуса в сторону направления силы G . Эти силы показаны в двух точках, но такие силы действуют по всей поверхности соприкосновения конуса с почвой. Равнодействующая сил N_1 и F_1 обозначена R_1 , а равнодействующая сил N_2 и F_2 обозначена R_2 .

Сила R_1 отклонена от силы N_1 на угол трения φ , на такой же угол φ отклонена сила R_2 от силы N_2 . Сила F_1 равна fN_1 , а сила F_2 равна fN_2 , где f – коэффициент трения скольжения, равный $\operatorname{tg}\varphi$.

На рис. 3, *a* показано, как под действием силы G , которая достаточна для того, чтобы конус углубился в почву, со стороны конической поверхности на почву будут действовать нормальные силы реакции N_1' и N_2' перпендикулярно поверхности конуса и силы трения скольжения F_1' и F_2' по образующим конуса в сторону противоположную направлению силы G . Эти силы показаны в двух точках, но такие силы действуют по всей поверхности соприкосновения конуса с почвой. Равнодействующая сил N_1' и F_1' обозначена R_1' , а равнодействующая сил N_2' и F_2' обозначена R_2' .

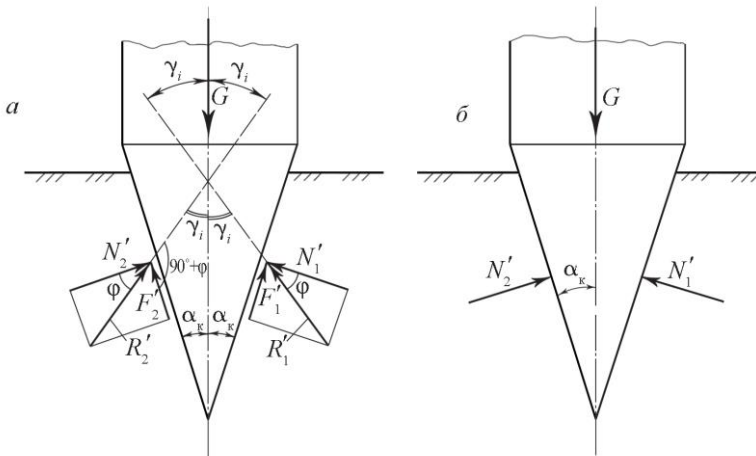


Рис. 3 – Действие сил со стороны почвы на боковые поверхности конусной части иглы при ее равномерном вертикальном углублении в почву (*a*) и при его нахождении в почве без углубления (*б*)

Сила R_1' отклонена от силы N_1' на угол трения φ , на такой же угол φ отклонена сила R_2' от силы N_2' . Сила F_1' равна fN_1' , а сила F_2' равна fN_2' , где f – коэффициент трения скольжения, равный $\operatorname{tg}\varphi$. Такие силы, как R_1' и R_2' , а также R_1 и R_2 (рис. 2 и 3), действуют по всей поверхности конуса, охваченной почвой; обозначим каждую из них R_i (на рис. 2) и R_i' (на рис. 3).

Действие конуса на встречающиеся ему частицы почвы выражается в их сдвиге в сторону и уплотнении этих частиц; нижняя часть почвы, которая встречается в конце углубляющегося конуса, сдвигается этим концом в сторону.

Как видно из рис. 3, *a*, для обеспечения равномерного движения конуса вниз нужно, чтобы имело место равенство:

$$G = \sum_{i=1}^n R_i' \cos \gamma_i, \text{ где } \gamma_i \text{ – угол между силой } R_i' \text{ и вертикалью, а } n \text{ –}$$

число сил R_i' по всей поверхности конуса, соприкасающейся с почвой.

Угол γ_i равен $180^\circ - \alpha_k - (90^\circ + \varphi) = 90^\circ - \alpha_k - \varphi$. $\cos \gamma_i$ равен $\cos(90^\circ - \alpha_k - \varphi)$, который в свою очередь равен $\sin(\alpha_k + \varphi)$. Ввиду этого

$$R_i' \cos \gamma_i = R_i' \sin(\alpha_k + \varphi). \text{ Если еще учесть, что } R_i' = \frac{N_i'}{\cos \varphi}, \text{ где } N_i' \text{ –}$$

нормальная сила, обозначенная выше N_1' и N_2' , то

$$G = \sum_{i=1}^n R_i' \cos \gamma_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_i'}{\cos \varphi} (\sin \alpha_k + \varphi) = \sum_{i=1}^n N_i' (\sin \alpha_k + f \cos \alpha_k), \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^n N_i'$ – сумма нормальных сил по всей поверхности конуса, соприкасающейся с почвой, а n – число сил N_i' , соприкасающихся с почвой.

Если же плунжер не заглубляется в почву, и силы трения равны нулю (рис. 3, *б*), т.е. $f = 0$, то равновесие сил будет при силе G , равной:

$$G = \sum_{i=1}^n N_i' \sin \alpha_k. \quad (2)$$

Из (2) находим:

$$\sum_{i=1}^n N_i' = \frac{G}{\sin \alpha_k}. \quad (3)$$

Из сравнения равенств (1) и (2) видно, что для углубления конуса в почву требуется большая сила, чем при его равновесном положении в почве (рис. 3, *б*), что объясняется необходимостью преодоления сил трения, встречающихся конусу на своем пути.

Выше при описании углубления иглы в почву указывалось, что это углубление происходит с одновременным поворотом иглы, во время которого положение иглы приближается к вертикальному, а к моменту окончания прокола почвы этот угол, ранее обозначенный *СКА*, становится равным 90° , т.е. игла становится вертикально (так как на рис. 2 и 3). Ввиду этого представленные на рис. 2 и 3 схемы и полученные при их анализе формулы полностью применимы к моменту окончания прокола почвы каждой иглой.

Из представленных на рис. 2 данных видно, что направления сил R_i (т.е. сил R_1 и R_2), с которыми конус деформирует почву, отклонены от горизонтальной поверхности почвы на угол δ , равный:

$$\delta = \frac{\pi}{2} - \gamma_i = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_k - \varphi \right) = \alpha_k + \varphi. \text{ Таким образом:}$$

$$\delta = \alpha_k + \varphi. \quad (4)$$

Под таким углом к горизонтали происходит перемещение почвенных частиц под действием конуса.

Выводы. Определены силы, необходимые для прокола почвы конусными иглами. Эти силы тем больше, чем больше нормальные силы давления на почву и угол трения. Силы давления на конус при условии, что он не движется, а находится в неподвижном состоянии в почве, меньше, чем при его движении в почве.

Литература

1. Заика П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків. ОКО. – 2001. – 444 с.
2. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во УСХА. 1992. – 235 с.
3. Кравчук В., Хайлис Г., Шевчук В. О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 23-25.
4. Хайліс Г., Шевчук В., Шевчук В.Г. Про вплив ряду факторів на зусилля, необхідного для занурення в ґрунт голкової бороны // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 12. – С. 28-30.
5. Мазитов Н. Теория реактивных рабочих органов почвообрабатывающих машин. – Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2011. – 280 с.

УДК 631.365.2:633.853.494

© В.О. Хвесик

Любешівський технічний коледж Луцького національного технічного університету

Р.В. Кірчук к.т.н.

Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ

У статті проведено огляд існуючих методів сушіння насіння ріпаку. Представлено математичну модель, що описує процес сушіння і дає змогу вибрати параметри процесу. Запропоновано ряд заходів для зменшення енергетичних витрат на процес сушіння.

МОДЕЛЬ, СУШІННЯ, РІПАК, НАСІННЯ, ЕНЕРГІЯ, МЕТОД.

Постановка проблеми. Післязбиральний обробіток ріпаку є енергозатратним процесом. Більша частина затрат йде на реалізацію процесу сушіння матеріалу [1,2,3].

Якщо вологість насіння ріпаку перевищує 13%, то його слід досушувати. Температурний режим сушіння вибирають, виходячи з рівня вологості й призначення зерна та конструкції сушарки. Товарний ріпак (продовольче, кормове й технічне зерно) за вологості до 19% рекомендується висушувати в шахтних прямоточних сушарках за температури теплоносія 100...120°C та нагрівання зерна до 55°C. За вищої вологості температуру теплоносія знижують на 10...20°C, нагрівання зерна - на 5...10°C. Насінневий ріпак за потреби висушують, знижуючи температуру залежно від вологості при збиранні.

Порівняно невеликі обсяги ріпаку можна висушити в підлогово-стелажних сушарках, обладнаних повітропідігрівачами чи теплогенераторами. В цих сушарках сушіння здійснюється в нерухомому шарі, тому температура теплоносія має бути 40...50°C, а нагрівання зерна – не вище 30...35°C залежно від його вологості.

У господарствах, де немає сушарок, насіння сушать у сонячну погоду на майданчиках, шаром завтовшки 5–10 см за частого перемішування. Та цей спосіб надто ризикований і тривалий, тож доцільніше застосовувати сушарки [4].

Все це обумовлює складність вибору раціональних режимних параметрів сушіння та вибір необхідного обладнання.

Тому розробка математичної моделі з можливістю подальшої оптимізації параметрів процесу сушіння є актуальним завданням, що потребує дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням засобів та методів сушіння сільськогосподарських матеріалів займалися вітчизняні та закордонні науковці [5,6,7,8]. Основна увага приділялася зерновим, льону та інших традиційним сільськогосподарським культурам.

Процес сушіння прийнято характеризувати трьома типовими кривими: сушіння (відносної вологості W), температури θ й швидкості сушіння $\frac{dW}{dt}$.

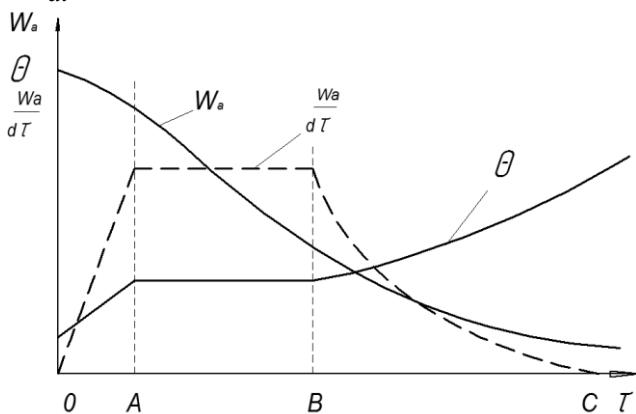


Рис.1 – Криві сушіння рослинних матеріалів

Час сушіння можна розділити на три періоди: OA , AB і BC . У період OA матеріал прогрівається, з його поверхні випаровується волога, температура його швидко зростає до температури мокрого термометра (температура випаровування рідини), а швидкість сушіння зростає і досягає максимального значення. Період AB характеризується сталою швидкістю сушіння, вологість W при цьому спадає по прямій, а температура θ не змінюється і залишається на рівні температури мокрого термометра; волога випаровується з поверхні матеріалу й уся теплота витрачається на це випаровування; матеріал при цьому не нагрівається, відбувається також міграція вологи з внутрішніх шарів матеріалу до поверхні. У період BC швидкість сушіння швидко спадає, вологість матеріалу W зменшується й наближається до рівноважної вологості W_p , а температура матеріалу – до температури агента сушіння. В цей період зона випаровування вологи поширюється в середину матеріалу, при досягненні матеріалом рівноважної вологості швидкість сушіння стає такою, що дорівнює нулю [9].

Теоретичний опис конвективного сушіння сільськогосподарських матеріалів можна здійснити шляхом складання рівнянь тепло- і масоперенесення.

$$\frac{\partial W}{\partial t} + 3600 V \psi \frac{\partial x}{\partial t} = - \frac{g_m \psi_m}{g_n \psi_n} \psi \frac{\partial q}{\partial t} - \frac{g_m \psi'}{g_e \psi_n \psi} \psi \frac{\partial W}{\partial t} \psi \frac{1}{100}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{g_m \psi}{g_e \psi_n \psi} \psi \frac{\partial d}{\partial t} + 3600 V \psi \frac{\partial d}{\partial x}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + 3600 V \psi \frac{\partial W}{\partial t} = - \frac{a_q \psi_m}{g_e \psi_n \psi} \psi (t - q); \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = - K \psi (W - W_p), \quad (4)$$

де t – температура сушильного агента °С; d – вологовміст сушильного агента, г/кг сухого повітря; W – вологість матеріалу, %; θ – температура матеріалу °С; V – швидкість сушильного агента, м/с; C_m, C_n – теплоємність матеріалу і повітря, кДж/кг °С; e – пористість шару матеріалу; r' – прихована теплота пароутворення води, кДж/кг; α_q – коефіцієнт тепловіддачі, ккал/кг·год, °С; γ_m – об'ємна маса матеріалу, кг/м³; γ_n – питома вага повітря, кг/м³; K – коефіцієнт сушіння, год⁻¹; W_p – рівноважна вологість матеріалу %; x – просторова координата, м; τ – час, год.

Перше рівняння описує закон збереження енергії в процесі сушіння, друге - закон збереження речовини, два останні відповідно закон тепло- і масообміну між матеріалом і сушильним агентом.

Такий метод є складним і не дає можливості використовувати результати при інженерних розрахунках елементів сушарок та вдосконаленні методів сушіння.

Мета дослідження. Метою дослідження є побудова математичної моделі сушіння насіння ріпки з метою вибору раціональних параметрів процесу, що дозволить зменшити енерговитрати загалом.

Результати дослідження. На основі рівнянь (1-4) спрощений розрахунок процесу сушіння тонкого шару матеріалу можна представити у вигляді алгебраїчних рівнянь:

$$\Delta t + \frac{C_m \cdot \gamma_m \cdot \delta}{3600 \cdot V \cdot \gamma_n \cdot C_n} \cdot \frac{\Delta \Theta}{\Delta \tau} = \frac{\gamma_m \cdot \delta}{3600 \cdot V \cdot \gamma_n \cdot C_n} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta \tau} \cdot \frac{r'}{100}; \quad (5)$$

$$\Delta d = - \frac{10 \gamma_m \cdot \delta}{3600 \cdot V \cdot \gamma_n} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta \tau}; \quad (6)$$

$$\Delta t = -\alpha_q \cdot \frac{\gamma_m \cdot \delta}{3600 \cdot V \cdot \gamma_n \cdot C_n} (\Theta - t); \quad (7)$$

$$\Delta W = -K \cdot (W - W_p) \Delta \tau, \quad (8)$$

де δ – товщина тонкого шару, м.

Тонким вважається шар матеріалу, по висоті якого неоднаковістю вологи і температури можна знехтувати. При розрахунку за товщину тонкого шару прийнято середній діаметр однієї насінини ріпаку.

Коефіцієнт сушіння K [9] залежить від властивостей сільськогосподарських матеріалів та режиму сушіння.

Для тонкого шару матеріалу його температура і температура сушильного агента зв'язані співвідношенням:

$$\Theta = (t_{i-1} + t_i) / 2, \quad (9)$$

де t_{i-1} , t_i – температура сушильного агента на вході в i -й шар і виході з нього, °С.

Таким чином, для i -го тонкого шару в інтервалі часу $(j-1) \cdot \Delta \tau - j \cdot \Delta \tau$ розв'язок рівнянь (5)...(8) для початкових у момент часу $(j-1) \cdot \Delta \tau$ параметрів матеріалу: вологості $W_{i,j-1}$ і температури $\theta_{i,j-1}$, а також параметрів сушильного агента на вході в i -й шар (температура $t_{i-1,j}$, вологовміст $d_{i-1,j}$) визначає параметри сушильного агента на виході з цього шару і матеріалу в момент часу $j \cdot \Delta \tau$:

$$t_{i,j} = (1 - A) t_{i-1,j} + A \cdot \Theta_{i,j-1} - B \cdot K (W_{i,j-1} - W_p) \cdot \Delta \tau; \quad (10)$$

$$d_{i,j} = d_{i-1,j} - \frac{K}{10,2} (W_{i,j-1} - W_p); \quad (11)$$

$$W_{i,j} = W_{i,j-1} - K (W_{i,j-1} - W_p) \cdot \Delta \tau; \quad (12)$$

$$\Theta = (t_{i-1,j} + t_{i,j}) / 2, \quad (13)$$

де $A = \frac{C_M}{102 \cdot C_n \cdot \Delta \tau + 0,5 \cdot C_M}$; $B = \frac{0,01 \cdot r'}{102 \cdot C_n \cdot \Delta \tau + 0,5 \cdot C_M}$.

Рівноважна вологість матеріалу W_p залежить від властивостей матеріалу і змінюється залежно від температури і відносної вологості повітря, в якому перебуває. Для різних сільськогосподарських матеріалів існують складні нелінійні залежності рівноважної вологості від відносної вологості атмосферного повітря непростійні для різних температур. Графічно ці залежності мають форму кривих гістерезису, і залежно від напрямку переміщення вологи між матеріалом і повітрям називаються кривими сорбції/десорбції. Існує ряд експериментально встановлених залежностей, які виражають співвідношення рівноважної

вологості матеріалу і відносної вологості оточуючого повітря, при заданій температурі.

Для визначення рівноважної вологості насіння ріпаку доцільно використати рівняння Halsey [10, 11]:

$$r.h. = e^{-e^{(C_1+C_2 \cdot T)W_p^{-C_3}}}, \quad (14)$$

де $r.h.$ – відносна вологість повітря, якій відповідає певна рівноважна вологість; T – температура, °C; W_p – рівноважна вологість матеріалу, %; C_1, C_2, C_3 , – коефіцієнти рівняння, які залежать від матеріалу.

Для насіння ріпаку: $C_1=2,8989$, $C_2=-1,4596 \times 10^{-2}$, $C_3=1,5454$.

Підставивши значення C_1, C_2, C_3 рівноважна вологість ріпаку визначається за формулою:

$$W_p = \left(-\frac{e^{(2,8989-1,4596 \cdot 10^{-2} \cdot T)}}{\ln(r.h.)} \right)^{0,647}.$$

Питома теплоємність насіння ріпаку залежить від його відносної вологості і наближено виражається залежністю [12]:

$$C_p = 1,2447 + 3,3076W, \quad (15)$$

де W – відносна вологість насіння ріпаку.

Отже, знаючи початкові параметри сушильного агента (вологоміст і температура на вході в матеріал) і матеріалу (температура і відносна вологість), вищезазначені залежності для тонких шарів матеріалу за короткі проміжки часу описують процес конвективного сушіння щільного шару матеріалу.

Щільний шар матеріалу певної товщини складається з тонких шарів. Їх кількість визначається виходячи з товщини тонкого шару:

$$n_p = \frac{H}{\delta}. \quad (16)$$

де H – товщина щільного шару матеріалу, м; δ – товщина тонкого шару матеріалу, м.

Вихідними даними для розрахунку є початкова вологість W_0 і температура матеріалу θ , висота його шару H і товщина тонкого шару δ , задана кінцева вологість W_k , вологоміст d , температура t і швидкість руху сушильного агента V .

Описаний метод розрахунку потребує великого об'єму обчислювальних робіт, тому числовий експеримент проводився з використанням ЕОМ. Розрахунок процесу сушіння щільного шару насіння ріпаку ступінчастим методом здійснюється за алгоритмом, зображеним на рис. 2, і являє собою послідовний в часі і просторі

розрахунок процесу сушіння тонких шарів матеріалу, в межах яких вологість і температуру можна вважати постійними по їх об'єму.

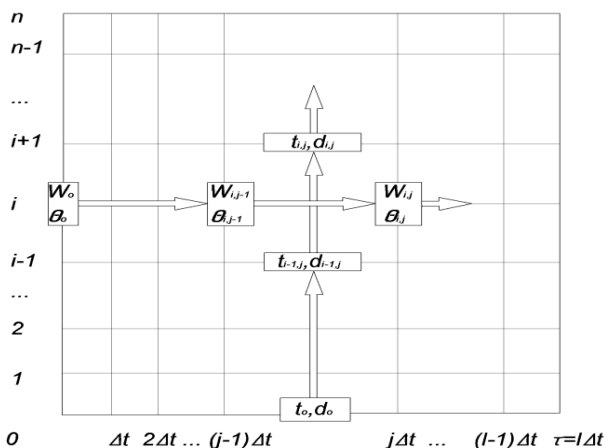


Рис. 2 – Алгоритм розрахунку процесу сушіння ступінчастим методом

Розрахунок проводиться для кожного тонкого шару матеріалу в короткі інтервали часу, протягом яких швидкість сушіння змінюється несуттєво. Отримані значення вологості і температури шару матеріалу та вологовмісту і температури СА є вихідними даними для розрахунку цих параметрів для сусіднього тонкого шару матеріалу і наступного інтервалу часу. Розрахунок повторюється поки розрахункова середня арифметична вологість всіх тонких шарів матеріалу не досягне заданої кінцевої.

В результаті розрахунку одержані результати: вологість і температура матеріалу, а також вологовміст і температура сушильного агенту для кожного тонкого шару матеріалу через задані проміжки часу. За результатами розрахунку побудовані графіки, які відображають зміну зазначених параметрів сушіння з часом.

З отриманих графіків зміни вологості і температури, видно, що температура матеріалу різко збільшується за короткий проміжок часу і наближається до температури СА на вході в матеріал, швидкість сушіння дещо зростає в період нагрівання матеріалу і поступово зменшується зі зменшенням відносної вологості матеріалу.

Проведені розрахунки для різних параметрів сушіння при зниженні відносної вологості від 17 до 7%. Встановлено тривалість сушіння для досягнення необхідної вологості.

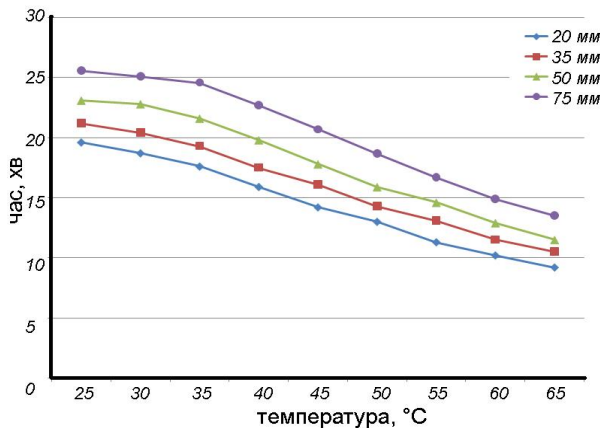


Рис. 3 - Розрахункова залежність тривалості сушіння насіння ріпаку від температури СА і товщини шару матеріалу

Висновки. Отримано математичну модель зміни вологості насіння ріпаку з часом для різних температур сушильного агента і початкової вологості насіння, що базується на емпіричних залежностях, на основі яких може бути визначено коефіцієнт сушіння. Запропонована можливість спрощеного теоретичного розрахунку процесу сушіння насіння ріпаку, в результаті чого реалізовано ступінчатий методом за допомогою ЕОМ і за результатами яких можна встановити раціональні параметри сушіння для даної культури.

Література

1. Зайцев Н., Бокач А., Лопатьмо Н. Снижение потерь семян рапса при уборке / Земледелие. – 1995. – №5. – С.27.
2. Технологія вирощування озимого та ярого ріпака / І.Д. Ситнік – К.:Знання України. – 2006 р.
3. Кирпа М. Ріпак: особливості обробки та збереження врожаю [електронний ресурс]// «Пропозиція». Український журнал з питань агробізнесу. — Режим доступу до журн.:
<http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=3379>
4. Котов Б.И. Технологические и теплоэнергетические основы повышения эффективности сушки растительного сырья:дис.... доктора техн. наук: 05.20.01 / Борис Иванович Котов. – Глеваха, 1994. – 440 с.
5. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів. Монографія. –Луцьк: ЛДТУ,2002.– 165с.

6. Канев Н. И. Изменение посевных и технологических качеств семян рапса в процессе сушки // Вісник аграрної науки. – 1991. – № 11 – С. 44–45.

7. Burrell, N.J., G.P. Knight, D.M. Armitage, and S.T. Hill. 1980. Determination of the time available for drying rapeseed before the appearance of surface molds. J. Stored Prod. Res. 16: 115-118.

8. Thomas, P.M. 1984. Swathing - combining, storage and conditioning of canola. p. 1101-1215. In Canola Growers Manual. Canola Council of Canada, Winnipeg, Manitoba.

9. Лыков А.В. Теория сушки – М.: Энергия, 1960. – 472с., ил.

10. Iglesias, H, A, and J. Chirief. 1976. Predication of effect of temperature on water sorption isotherms of food materials. J. Fond Tech. 11 : 109-116.

11. Sun, Da-Wen and Byrne, C., 1998, Selection of EMC/ERH isotherm equations for rapeseed, Journal of Agricultural Engineering Research, 69, 307-315.

12. Rao, V.G. and Pfost, H.B. 1980. Physical properties related to drying 20 food grains. ASAE Paper No. 80-3539. St. Joseph, MI: ASAE.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.365:633.34

© К.С. Цизь, Р.В. Кірчук, к.т.н., А.В. Ришко
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ СОЇ

В статті представлені результати фізико-механічних властивостей насіння сої на основі розробленої програми експериментальних досліджень, аналіз яких дозволить вибрати оптимальні параметри пристрою для підготовки матеріалу до сушіння, отримати вихідні дані для моделювання процесу, а також підібрати робочі органи, що безпосередньо виконують технологічну операцію.

ВЛАСТИВОСТІ, НАСІННЯ, СОЯ, СУШІННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ

Постановка проблеми. Фізико-механічні властивості насіння сої є важливими показниками, які слід враховувати у її післязбиральному обробітку, адже, практично, все насіння піддається

механічній дії: руйнуванню, перемішуванню, транспортуванню, зберіганню та ін. Проектування та розрахунок обладнання для здійснення технологічних операцій неможливе без знання властивостей матеріалів, що обробляються. Значення граничного напруження зсуву, дотичних напружень, кутів тертя та природнього відкосу і т.д. необхідно знати для формування моделей та емпіричних математичних залежностей, для встановлення оптимальних та раціональних параметрів робочих органів, що використовуються у завантажувальних, дозуючих та обрушуючих пристроях, а також при проектуванні машин та апаратів харчової промисловості. Кути тертя враховуються при виборі матеріалу робочих органів машин.

Аналіз досліджень і публікацій. Визначенню властивостей олійних культур присвячені роботи багатьох дослідників [1, 3, 4]. Відомі в літературі дані щодо фізико-механічних та технологічних властивостей дають загальну характеристику, яку доцільно використовувати при розробці типових моделей процесів сушіння та післязбирального обробітку сої. З метою інтенсифікації процесів сушіння насіння сої пропонується виконувати попередню підготовку матеріалу, що полягає у незначній деформації оболонки насінини. Для розрахунку і моделювання даних процесів слід більш глибоко дослідити фізико-механічні властивості насіння даної культури.

Мета дослідження. Визначення фізико-механічних властивостей насіння сої, як об'єкта сушіння і післязбирального обробітку.

Результати дослідження. Для вирішення поставлених завдань була розроблена програма експериментальних досліджень, яка передбачала визначення наступних фізико-механічних властивостей насіння сої, а саме:

- показників, що характеризують сипкість насіння сої (граничні дотичні напруження τ , кут внутрішнього тертя φ та початкове зусилля зсуву τ_0);
- фрикційних властивостей насіння (динамічного f_d та статичного f_c коефіцієнтів тертя ковзання);
- пористості (шпаруватості) та щільності;
- кутів природнього відкосу;
- розмірно-масових характеристик насіння сої.

На основі отриманих експериментальних даних було виконано аналіз впливу вологості насіння сої на досліджувані показники.

Результати середніх значень кута внутрішнього тертя та початкового зусилля зсуву насіння сої наведено у табл.1, на основі яких побудована графічна залежність (рис.1).

Таблиця 1 – Результати дослідження початкового зусилля зсуву τ_0 і кута внутрішнього тертя φ насіння сої

Параметр	Вологість насіння сої $W, \%$			
	9,6	12,7	16,8	20,9
Початкове зусилля зсуву $\tau_0, \text{кПа}$	1,14	0,78	0,54	0,51
Кут внутрішнього тертя $\varphi, ^\circ$	11,2	5,7	4,4	3,9

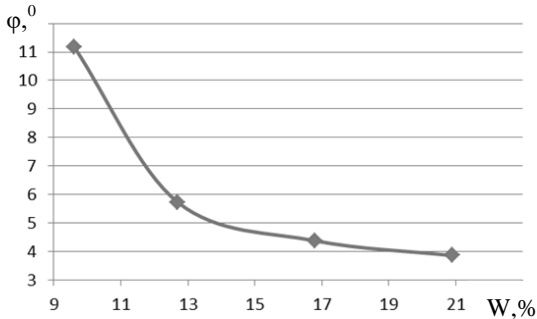


Рис.1 – Залежність зміни кута внутрішнього тертя φ насіння сої від вологості W

Середні значення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя ковзання, отриманих у результаті досліджень, наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Середні значення статичного f_c та динамічного f_d коефіцієнтів тертя ковзання

Досліджуваний матеріал		Матеріал площини тертя					
		Пластмаса		Сталь		Прогумована стрічка	
		f_c	f_d	f_c	f_d	f_c	f_d
Соєя вологістю, %	9,6	0,27	0,18	0,32	0,22	0,34	0,24
	12,7	0,25	0,17	0,31	0,2	0,32	0,21
	16,8	0,24	0,15	0,29	0,19	0,31	0,2
	20,9	0,23	0,14	0,28	0,17	0,29	0,17

Для аналізу впливу вологості W на зміну коефіцієнта тертя побудовано графічну залежність (рис. 2). На графіку на осі абсцис відкладене значення вологості насіння сої, а на осі ординат – значення статичного коефіцієнта тертя ковзання f_c .

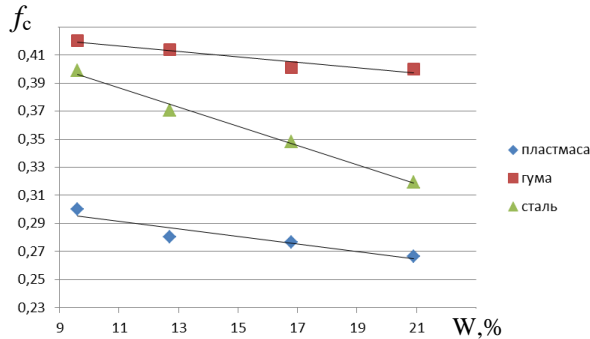


Рис.2 – Залежність зміни коефіцієнта тертя ковзання насіння сої від вологості W

Значення пористості та щільності насінин сої використовуються для розрахунку ємкостей тари, кузовів автомобілів, бункерів комбайнів, місткості завантажувальних пристроїв машин для попередньої підготовки матеріалу до сушіння і ін.

За показником щільності насіння сої можна характеризувати фізико-хімічні властивості зерна, такі як маса 1000 зерен, структура, хімічний склад і т.д. У зв'язку з цим щільність матеріалу перебуває у тісному взаємозв'язку з основними показниками технологічних властивостей сої.

Середні значення щільності, пористості та об'ємної маси насіння сої, отримані в результаті експериментальних досліджень, наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Середні значення щільності, пористості та об'ємної маси насіння сої

Показник	Вологість, %			
	9,6	12,7	16,8	20,9
Щільність ρ , г/см ³	1,201	1,194	1,183	1,17
Пористість, ϵ г/см ³	0,803	0,814	0,828	0,845
Об'ємна маса, γ_0 г/см ³	0,749	0,728	0,684	0,654

Кут природного відкосу дає загальне уявлення про плинність сипучого матеріалу. В процесі переробки сої величину кута природного відкосу враховують при проектуванні бункерів, транспортних комунікацій і розрахунку місткості складів. За

величиною кута природного відкосу аналізують технологічність продукту. Наприклад, знаючи величину кута природного відкосу, можна заздалегідь прогнозувати ризик завалу, зависання насінневого матеріалу чи ризик розсіпання. За допомогою кута природного відкосу, утвореного обваленням, можна визначити кут нахилу бічних стінок завантажувального бункера.

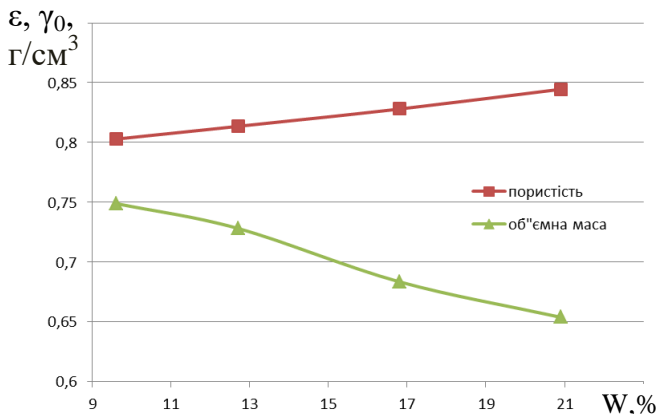


Рис.3 – Залежність зміни пористості та об'ємної маси насіння сої від вологості

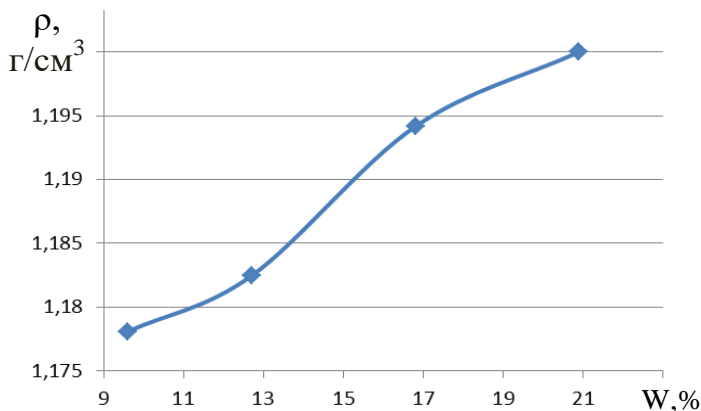


Рис.4 – Залежність зміни щільності насіння сої від вологості

Середні значення отриманих у результаті досліджень кутів природного відкосу наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Середні значення кутів природного відкосу

Вологість насіння сої, %	$\alpha, ^\circ$	$\alpha_{обв.}, ^\circ$
12,7	30,2	33,3
16,4	31,2	38,8
20,9	32,4	42,6

Для аналізу впливу вологості насіння сої на зміну кута природного відкосу побудовано графічну залежність (рис. 5).

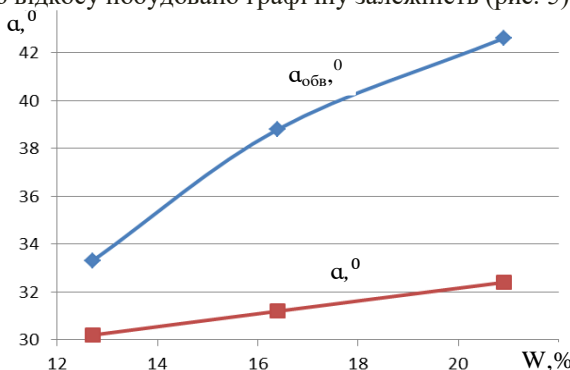


Рис. 5 – Залежність впливу відносної вологості насіння сої на зміну кутів природного відкосу, утвореного насипанням α та обваленням $\alpha_{обв.}$.

При визначенні розмірно-масових характеристик було одержано інтервальні статистичні ряди у вигляді таблиць для вологості, що досліджувалась.

Результати досліджень розмірно-масових характеристик насіння сої (товщини – a_s , ширини – b_s , довжини – c_s та маси m_s) наведені на гістограмах, полігонах та кривих накопичених дослідних ймовірностей (рис.6...рис.9).

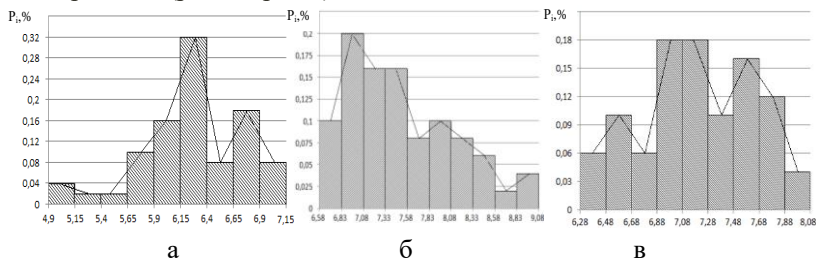


Рис. 6 – Гістограма розподілу насіння сої по довжині c_s : а) $W=9,8\%$; б) $W=12,9\%$; в) $W=20,4\%$

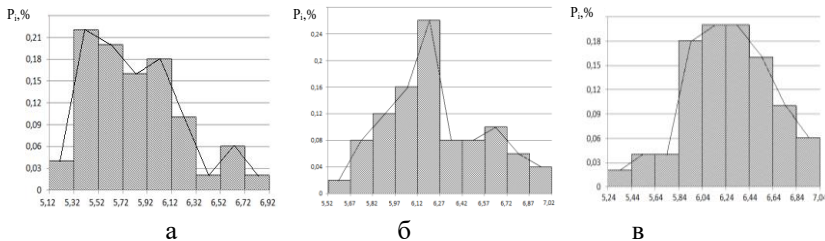


Рис. 7 – Гістограма розподілу насіння сої по ширині b_s : а) $W=9,8\%$; б) $W=12,9\%$; $W=20,4\%$

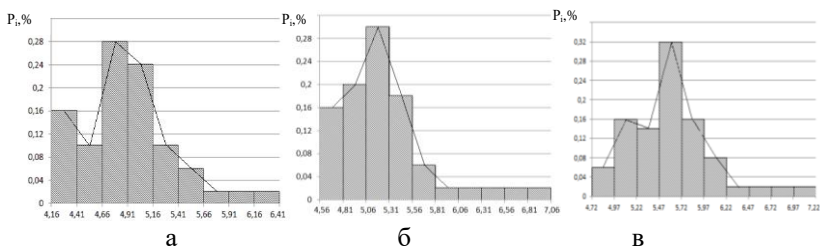


Рис. 8 – Гістограма розподілу насіння сої по товщині a_s : а) $W=9,8\%$; б) $W=12,9\%$; $W=20,4\%$

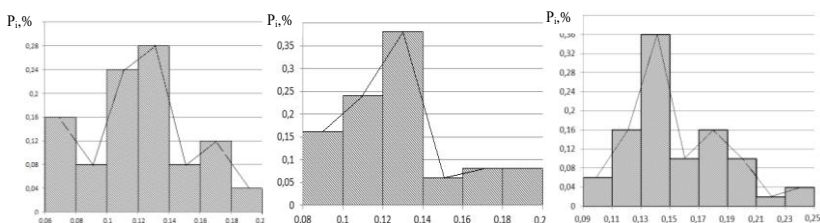


Рис. 9 – Гістограма розподілу насіння сої за масою m_s : а) $W=9,8\%$; б) $W=12,9\%$; $W=20,4\%$

Висновки. Аналізуючи одержані табличні дані та побудовані на основі них експериментальні криві, можна зробити ряд висновків та встановити вплив вологості насіння сої на досліджувані показники.

Вологість насіння сої має істотний вплив на значення початкового зусилля зсуву та кута внутрішнього тертя. Криві отриманих значень свідчать, що зі збільшенням вологості матеріалу дані показники зменшуються. Такий характер кривих пояснюється тим, що при збільшенні вологості форма насінини наближається до кулястої, що в свою чергу призводить до збільшення кривини поверхні

і зменшення точок контакту між насінинами. Як наслідок відбувається зменшення коефіцієнта внутрішнього тертя.

Коефіцієнт тертя насіння сої спадає в незначних межах внаслідок підвищення вологості матеріалу і значно залежить від шорсткості поверхні тертя. Це пояснюється тим, що при збільшенні вологості зменшуються сили молекулярного притягання оболонки насінини до поверхні матеріалу, тобто коефіцієнт тертя ковзання спадає. Це підтверджує графік зміни початкового зусилля зсуву τ_0 та коефіцієнта внутрішнього тертя ϕ насіння сої від його вологості W , що теж має спадний характер.

Оскільки спадання одержаних графіків незначне, то можна стверджувати, що характер кривих залежності коефіцієнта тертя від зміни вологості близький до прямолінійного. Це підтверджують результати апроксимації (рис.2). Емпіричні залежності для дослідних матеріалів мають вигляд: пластмаса: $f_c = -0,0027W + 0,3208$, гума: $f_c = -0,0019W + 0,4377$, сталь: $f_c = -0,0068W + 0,4617$.

Зміна якості обробки поверхні призводить до збільшення коефіцієнта тертя. З одержаних графічних залежностей видно, що числові значення даного коефіцієнта для гуми знаходяться в таких межах: 0,39...0,42, коли для пластмаси вони значно менші: 0,27...0,3.

Збільшення вологості матеріалу призводить до зменшення об'ємної маси та зростання пористості насіння сої. Це пояснюється тим, що збільшення пористості, а значить збільшення порожнин між насінням призводить до того, що для заповнення необхідного об'єму потрібна менша кількість насінин, в результаті цього і загальна вага матеріалу буде нижчою.

Підвищення вологості насіння сої – суб'єктивний визначальний фактор її щільності. Зі збільшенням вологості, щільність сої зростає. Цілком очевидно, що поглинання вологи матеріалом, тягне за собою збільшення сумарної ваги насінини і, як наслідок – збільшення її питомої ваги.

Кут природнього відкосу насіння сої зростає внаслідок підвищення вологості матеріалу. Це пояснюється тим, що зі збільшенням вологості сипучість будь-якого сільськогосподарського матеріалу зменшується, а це в результаті і призводить до збільшення кута природнього відкосу.

Розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів, проте вплив вологості на досліджувані параметри прослідковується.

Результати досліджень розмірно-масових характеристик насіння сої показують, що розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів, проте вплив вологості на досліджувані параметри прослідковується. На основі проведених досліджень, можна стверджувати, що при проектуванні та розрахунку машини для попередньої підготовки насіння сої до сушіння в якості вихідних розмірних показників зерна можуть бути прийняті їх середні значення. Також дані дослідження зі встановлення фізико-механічних властивостей дозволять отримати вихідні дані для моделювання процесу сушіння сої, вибору оптимальних параметрів пристрою для підготовки матеріалу до сушіння, вибору матеріалу робочих органів, що безпосередньо контактують з насінням.

Література

1. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность. – 1966. – 478 с.
2. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 334с.
3. Копейковский В.М., Данильчук С.И. и др. Технология производства растительных масел. – М.: Легкая и пищевая промышленность, – 1982. – 416 с.
4. Пешук Л. В., Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліс–жирової сировини. Навч. посіб. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 296 с.
5. Кавецький Г.Д., Васильєв Б. В., Процеси та апарати харчової технології. – М.: Колос, 2007. –555с.
6. Фізико–механічні властивості сировини і продукції. Навчальний посібник / С.Д. Руднєв. Кемеровський технологічний інститут харчової промисловості. – Кемерово, 2004. – 117 с.
7. Физико-механические свойства растений, грунтов и удобрений (Методы испытаний, приборы, характеристики). – М.: Колос, 1970. – 424 с.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс

УДК 631.331

© М.С.Шведик, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

В.В. Теслюк, д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИСІВУ НАСІННЯ У СВІЖОЗОРАНИЙ ҐРУНТ

У статті наведено методику висіву насіння зернових колосових культур та результати спостережень за його проростанням у ящиках з ґрунтом, що має монолітну структуру, свіжорозпушений стан та штучне ущільнення, а також за розвитком паростків після їх виходу на денну поверхню.

ЯЩИК, ПІДДОН, ҐРУНТ, МОНОЛІТ, РОЗПУШЕНИЙ СТАН, БРУСОК, НАСІННЯ, ПАРСТОК, ДЕННА ПОВЕРХНЯ

Постановка проблеми. У структурі зернової продукції, що виробляється на Україні, біля 50% припадає на зернові колосові культури. При цьому валовий збір зерна за останніх п'ять років зріс до 50...55 млн. т, що дало можливість нашій країні зайняти друге місце в світі серед виробників зерна. Однак для того, щоб утриматись на цьому ринку і залишитись в числі світових лідерів, необхідно і надалі нарощувати обсяги його виробництва. Очевидно, що для розв'язання цієї проблеми необхідно шукати нові резерви, і насамперед ті, що пов'язані з технічним рівнем та з агротехнікою вирощування. Особлива гострота одної з таких проблем проявляється перед сівбою, коли необхідно після оранки обов'язково витримати період з 3...5 тижнів необхідний для природного самоосідання свіжозораного ґрунту. Це обумовлено тим, що після проростання насіння внаслідок самоосідання ґрунту, відбувається обрив коренів та виширнання (оголення) їх вузла кушіння, що призводить не тільки до зниження їх життєдіяльності, а й до загибелі. Окрім цього, внаслідок оранки руйнується капілярна система і припиняється підйом вологи з нижніх шарів до насіння, що негативно позначається на його проростанні. А тому в світовій практиці насіння зернових колосових культур в свіжозораний ґрунт не висівають.

Отже, можна вважати, що повне осідання ґрунту повинне відбутись до початку сівби і це є основною агротехнічною вимогою, що ставиться до висіву насіння зернових колосових культур,

дотримання якої забезпечує сприятливі умови для проростання насіння та наступного розвитку і росту паростка.

Одним з найбільш ефективних шляхів, який дає можливість проводити сівбу відразу ж після оранки, є застосування штучного ущільнення ґрунту спеціальними робочими органами. При цьому з метою створення в свіжозораному ґрунті сприятливих умов для проростання насіння зернових колосових культур і несприятливих для насіння бур'янів, ґрунт необхідно ущільнювати тільки в рядках, а в міжряддях залишати в розпушеному стані. Крім цього, така технологія дає можливість вилучити з технологічного процесу передпосівну культивуацію і одночасно провести висів насіння за один прохід агрегату, що знімає напруження під час виконання осінньо-польових робіт та скорочує матеріальні і фінансові затрати на їх проведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел приурочених питанням основного і передпосівного обробітку ґрунту та висіву насіння і туків [1,2,3,4,5,6,] показує, що вони є достатньо вивчені. Однак в них зовсім не приділялась увага висіву насіння у свіжозораний ґрунт. Автором статті в працях [7,8] ці питання розглядались і в них запропоновано здійснити новий спосіб висіву насіння у поверхневий шар свіжозораного поля наступним чином. При переміщенні посівного агрегату його робочі органи ущільнюють ґрунт 1, рис.1а, окремими рядками шляхом вдавлювання до утворення щілин 2 з формуванням твердого ложа 3 на яке висівають насіння 4, рис.1б.

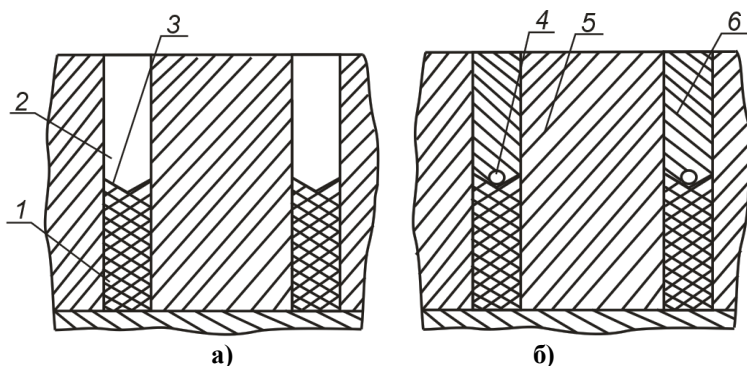


Рис.1 – Вертикальний переріз свіжозораного поля впоперек рядків:
 а) утворені щілини з ущільненим в них ґрунтом і сформованим насіннєвим ложем; б) висіяне насіння на насіннєве ложе і засипане ґрунтом: 1 – свіжозоране поле; 2 – щілина; 3 – насіннєве ложе; 4 – насінина; 5 – ґрунт

При подальшому переміщенні посівного агрегату з поверхні поля самопливом зсипається на насіння 4 шар ґрунту б, який повністю закриває утворені щілини 2, фіг. 1а. При цьому ґрунт в міжряддях 5 не обробляють, а залишають в розпушеному стані. В результаті такого обробітку капілярна система відновлюється тільки в ущільненому ґрунті, що сприяє підтягуванню в достатній кількості вологи з нижніх шарів до висіяного насіння і його швидкому набубнявінню та проростанню. Оскільки в міжряддях капілярна система відсутня, то відповідно тут відсутня і волога, і для насіння бур'янів створюються несприятливі умови, а тому його проростання від нестачі вологи затягується. При цьому з тої частини насіння бур'янів, що все таки проросте, проростки з'являться на денній поверхні значно пізніше, ніж з насіння зернових культур.

Використання нового способу сівби дозволяє за рахунок суміщення операцій ущільнення ґрунту з сівбою виключити з технологічного процесу підготовки ґрунту до сівби основну і передпосівну культивуацію, а також період з 3...5 тижнів, необхідний для природного самоосідання ґрунту. Саму ж сівбу можна провести відразу після оранки протягом 1...2 днів. При цьому ущільнення свіжозораного ґрунту в рядках є адекватним процесу його природного самоосідання, що запобігає обриву кореневої системи в період від фази проростання насіння до фази куціння.

Однак ці питання розглянуті лише на теоретичному рівні. Відсутність експериментальних даних, які б підтверджували або спростовували ефективність висіву насіння зернових колосових культур у свіжозораний ґрунт стримує розробку робочих органів для його реалізації. Пересвідчитись у ефективності нового способу сівби можна шляхом постановки лабораторного досліду з висівом насіння в розпушений ґрунт в ящику, що імітує свіжозоране поле.

Метою дослідження є проведення спостережень за проростанням насіння зернових колосових культур висіяного в свіжозораний ґрунт та розвитком паростків після їх виходу на денну поверхню, на основі чого отримати достовірні результати, що доводять або спростовують переваги нового способу сівби.

Результати досліджень. Лабораторні досліди проводили з висівом насіння пшениці, ячменю, жита і тритикале в ящиках без дна, що мають основу з внутрішнім розміром 250x100мм і висотою 200мм та бічні скляні стінки. Ящики встановлювались на піддоні і заповнювали ґрунтом.

З метою максимального наближення умов проведення лабораторного досліду до польового, з поля, що впродовж останніх трьох

місяців не піддавалось обробітку, брали моноліт і з нього вирізали прямокутну призму з основою 100x100 мм та висотою 150 мм і вкладали її в ящик впритул до його бічної стінки. Решту порожнини ящика заповнювали ґрунтом (попередньо подрібненим і просіяним крізь решето з продовгуватими отворами) врівень з поверхнею моноліту. Для посівного матеріалу брали насіння озимої пшениці Либідь, озимого жита Синтек 38, озимого тритикале Ратне і ячменю Гелос. Схожість пшениці і жита становила 100%, а тритикале і ячменю відповідно 90%. Загальний вигляд ящиків з розкладеним насінням на поверхні моноліту, розпушеного і ущільненого ґрунту та встановленими на них лотками з посівним матеріалом, наведено на рис.2.



Рис.2 – Загальний вигляд ящиків з ґрунтом і розкладеним на його поверхні насінням: 1–ячмінь Гелос; 2– озиме тритикале Ратне; 3–пшениця Либідь; 4–жито Синтек 38

Висів насіння проводили наступним чином. На відстані 50 мм від краю дерев'яної стінки ящика на поверхні моноліту, який має природний осілий стан і прийнятий за стандарт, проводили лінію перпендикулярну до скляної стінки ящика і на ній з інтервалом 10 мм розкладали 10 насінин. Аналогічним чином розкладали насіння на поверхні розпушеного ґрунту, що є адекватним стану свіжозораного поля і в повній мірі імітує міжряддя. При цьому лінію проводили на відстані 40 мм від краю моноліту. В третьому варіанті була імітація висіву насіння в рядки сформовані в свіжозораному ґрунті після його ущільнення. Для цього на відстані 40 мм від іншого краю дерев'яної

стілки ящика на поверхні розпушеного ґрунту проводили лінію перпендикулярну до скляної стінки і на ній встановлювали дерев'яний брусок перерізом 99х30 мм, сумістивши його центр з проведеною лінією. Брусок вдавлювали до тих пір, поки ґрунт піддавався деформації, після чого його обережно виймали, а сформовану щілину (борозенку) до самого верху засипали розпушеним ґрунтом. Потім на це місце знову встановлювали брусок і ще раз його вдавлювали в ґрунт, а сформовану щілину засипали. Таку процедуру повторювали кілька разів, поки борозенка не була остаточно засипана. Після цього на сформоване ущільнене посівне ложе по його центру, відповідно з вищенаведеною методикою провели розкладку насіння.

Висіане в ящиках насіння обережно засипали шаром ґрунту рівним 50 мм, що відповідає глибині його загортання в польових умовах, а в піддон заливали воду, доводячи її рівень до 5мм. Оскільки ящики без дна, то зволоження ґрунту відбувається поступово від його нижніх шарів до верхніх. При цьому інтенсивне зволоження нижнього шару ґрунту відбулося протягом перших двох годин і за цей час волога піднялась на 30 мм. Однак подальший процес зволоження ґрунту протікає не рівномірно. Так, зволоження ґрунту по всій товщині шару спочатку відбулось в ущільненому ґрунті, через добу – в моноліті, а через три доби зволожився і весь розпушений ґрунт. Адекватно процесу зволоження відбувався і процес проростання насіння.

Загальний вигляд ящиків з пророслим насінням наведено на рис. 3.



Рис. 3 – Загальний вигляд ящиків з пророслим насінням

Аналіз результатів спостереження показав, що в усіх чотирьох варіантах першими вийшли на денну поверхню паростки з насіння висіяного в ущільнені рядки, через день вони з'явилися з насіння висіяного в моноліт, а на третій – з розпушеного ґрунту. При цьому найвища 100% схожість була у пшениці і у жита, а у ячменю – 90%. Найнижчою схожість насіння виявилось у тритикале – 70%.

Таким чином, на основі аналізу результатів досліджень можна зробити **висновок**, що висів насіння зернових колосових культур у свіжозораний ґрунт є цілком реальним і ефективним агротехнічним прийомом, але його необхідно здійснювати одночасно з ущільненням ґрунту в рядках, залишаючи при цьому в міжряддях ґрунт в розпушеному стані.

Література

1. Гудзь В.П. Шляхи підвищення продуктивності інтенсивних сортів озимої пшениці. – К.: Урожай, 1989. – 136с.
2. Комплексна механізація виробництва зерна /В.Д.Гречкосій, Д.М.Алімов, В.І.Кифоренко, П.М.Чайка; За ред. В.Д.Гречкосія. – К.: Урожай, 1991. – 216 с.
3. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. т.1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Гидрометеорологическое изд. Ленинград, 1965. – 664 с.
4. Рамазанов Р.Я. Изменение водно-физических свойств карбонатных черноземов в зависимости от обработки почвы. – Почвоведение, 1977, № 5. – С. 73–83.
5. Ворона Л.И. Запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистой супесчаной почве при различных приемах обработки.- Агрохімія і ґрунтознавство, 1978, № 35. – С. 74–75.
6. Marcilonek S. Zmiennosc zapasow wody w glebie w okresie wegetacji.- Zecz. probl. post. nauk. rol., 1978, № 205. – С 103-114.
7. Шведик М.С. Агротехнічні передумови до висіву насіння зернових колосових культур у свіжозораному ґрунті. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Вип. 39. – Луцьк, 2012. – С. 223–227.
8. Шведик М.С. Патент на корисну модель, № 72234. Спосіб висіву насіння. Бюл. № 15. 10.08.2012 р.

ANNOTATIONS - / - АННОТАЦИИ

O. Borovets. Prognostichno- compensative technology of variable norms of bringing of technological material on basis of the refined data of soil

Today attaining the substantial rise of efficiency of agricultural production by only the improvement of construction of mashinno-tractornih aggregates is impossible. Therefore providing of the proper quality of implementation of technological operations is a very urgent necessity, by conducting of monitoring of the state of agricultural lands. Receipt of operative information about variabelnist the state of the ground environment, in particular maintenance of nutritives on the definite area of the field, the decision in relation to strategy of management by agrobiological potential enables to adopt administrative the state of agricultural lands.

For realization of the given technology it is necessary to develop the method of realization of prognostichno -compensative technology of variable norms of bringing of technological material. The given technology taking into account the specific of the state of the ground environment enables to choose strategy of management to agrobiologicals the state of agricultural lands directed on: production of organic goods of plant-grower, reduction of specific power charges, receipt of maximal income, receipt of maximal productivity and others like that.

In this connection there is an urgent necessity in development and research of the technical systems of monitoring of the state of agricultural lands in modern technologies of plant-grower, the uses of data which give possibility to provide the set quality at implementation of technological operation.

One of such directions is the use of the mediated state information groutou with the reliable algorithm of count of such information in objectively necessary data – for example, such, how the level of nutritives, goumousou, humidity, microelements and others like that is in groutii. The indexes of electric conductivity of groutou, size of dielectric permeability, magnetic properties and others like that, can be the effective mediated data of the state of groutou. By an important aspect, also, there is measuring of properties and establishment of composition of groutovih gases as possible indicators of the state of groutou.

For the effective adjusting of the state of the ground environment, saving of high quality of biosphere and capacity of nature for the recreation, a meaningful role is acquired, in the first turn, the effective methods of the ecological monitoring are the systems of supervisions, estimation and prognosis of the state of natural environment. Thus, prognostichno -compensative technology of variable norms of bringing of technological material includes the supervision after factors, that affect a natural environment, estimation of the actual state of the ground environment, prognosis of future of the state of the ground environment and estimation of this state.

- / -

А.А. Броварец. Прогностически-компенсационная технология переменных норм внесения технологического материала на основе уточненных данных почвы

В статье приведена прогностически-компенсационная технология переменных норм внесения технологического материала на основе уточненных данных почвы. На основе параметров состояние сельскохозяйственных угодий полученных от системы

мониторинга оценивается состояние сельскохозяйственных угодий и определяется старетегия управления агробиологическим потенциалом поля.

V. Voytiuk. Structurally functional justification of system of technical service

On the basis of study of different organizational shapes of technical service the circuit diagramme of structure of sales management of technique and implementation of industrial services in technical service is in-process developed under conditions of firm service. Structural construction of marketing of technique and implementation of industrial services on the basis of firm service should consider amount of technique of the certain producer in the given region (region). So, standard workshops of the former collective agricultural factories and state farms which are had near to means of communication can become the approximate centres to collective agricultural factories.

It is displayed, that during shaping of the service centres the quantitative composition of park of technique, its availability index of product, complexity and reliability should be considered. Shaping structures of the service centres, it is necessary to give advantage, except regulated values of periodicity of service, to such parametres of operate reliability: times to failure, to idle times from authentic failures and complexity their elimination; to a production cycle of use of technique within year (season) and a cycle of its use to write-off; to rates of a moral and physical strain ageing of technique and rates of increase in expenditures for operation needs. Shaping of a web of the dealer centres, their technical and technological power, a service range should be founded on scientifically justified workings out in the field of technical service.

Designed structures of intersystem interactings on state, regional (interregional) levels and at level of the factories at control of service and agricultural machinery marketing.

- / -

В.Д.Войтюк. Структурно-функциональное обоснование системы технического сервиса

Разработаны научные основы структурно-функционального обоснования системы технического сервиса сельскохозяйственных машин. Обоснована схема структуры управления сбытом и сервисом машин при фирменном техническом сервисе. Разработана структура межсистемных взаимодействий на государственном, областном (межобластном) уровнях и на уровне предприятий.

B. Hevko, A. Diachun, R. Komar, P. Bosyuk. Research of brake elements contact pair of double-sided clutch

Clutches are a part of most of agricultural units and mechanisms and have a significant influence on their operating characteristics and specifications.

The purpose of this paper is to develop a method of calculating the basic structural and strength parameters of the contact pair of developed device.

The article presents the design of overrunning double-sided clutch of agricultural machines drives with brake elements in the form of eight with the longitudinal groove of the upper hole, the holes of brake elements mounted on the pin for their precise centring. Also the calculation schemes for determining the contact forces and the constructive parameters of the contact pairs are presented. Theoretical research is conducted and analytical dependences for the determination

of power, kinematical and technological parameters of the proposed design of the clutch are derived.

By analyzing numerical data derived from the calculation of the analytical dependencies and also analyzing the graphical dependence established that the relation between the value of the working stroke and of the angle of rotation of the contact link has a clear linear dependence in the range of pitch of angle of rotation of 5°. Established that over the limits of 18 ... 20° a sharp increase of the numerical value of the working stroke is observed, that in practice may indicate about the beginning in a given range of angles of self-jamming condition.

- / -

Б.М. Гевко., А.Е. Дячун, Р.В. Комар, П.В. Босюк. Исследование пар контакта тормозных элементов муфты двустороннего действия

Приведенная конструкция обгонной муфты двустороннего действия, представлены расчетные схемы для определения контактных сил и конструктивных параметров пар контакта, а также выведены аналитические зависимости для определения силовых, кинематических и технологических параметров.

I. Dudarev. Investigation of the roller flax pulling mechanism.

Inventors and scientists proposed design of units for the flax pullers, which work on different principles. However, most design solutions for various reasons, has not been realized. So, now the pressing issue is the development of the design of the unit for the flax puller to eliminate possible shortcomings of existing design provided high-quality implementation process of flax pulling. For pulling of flax it is proposed to install the roller flax pulling mechanisms on harvesting unit (flax combine, flax pullers). Each pulling mechanism contains a pair of rollers with rubberized surface, one of which is made with spiral groove and the second roller is smooth. Rollers of adjacent sections are located between the stem dividers. While driving the puller in the field, the dividers share the stems of flax and send them to the pulling sections of the roller flax pulling mechanism. In the pulling section, the stems are moved into the gaps between the rollers. Flax stems fall into spiral groove and in result of rotation of the rollers towards each other are extracted from the soil, moving both up and down the roller toward the cross conveyor. Results of theoretical researches of the roller flax pulling mechanism are presented in the article. Obtained dependence to justify power of the roller flax pulling mechanism and condition for pull flax stalks from the soil.

- / -

И.Н. Дударев. Исследование работы вальцевого льнотеребильного аппарата

В статье представлены результаты теоретических исследований работы вальцевого льнотеребильного аппарата. Получены зависимости для определения мощности, которая необходима для привода вальцов льнотеребильного аппарата, и условие вытягивания стеблей льна из почвы.

Zakharchuk V., Zakharchuk U. Environmental indicators of a wheeled tractor when working on alternative fuels

Shown the results of computational studies of promising application of environmentally responsible alternative motor fuels of wheeled tractors, used as technological transport. As an alternative fuel are taken natural gas and biodiesel. To do this, the method of integrated assessment of environmental safety and technical

excellence of technology of vehicles that to specificities of their work often used in confined spaces is taken. Therefore, to assess emissions from the exhaust gases of the engines should be used specific approaches that have not previously been considered. For this, in the paper, the hazard category of a vehicle is introduced. Category of environmental hazard of a vehicle characterizes both the amount of harmful substances in the exhaust gases and their toxicity hazard class, taking into account the maximum permissible concentration in the air. Acceptable level of environmental hazard of the vehicle is determined according to European standards, which are complemented by the level of environmental adaptation of engine for alternative fuels. Determined that the most dangerous substance of exhaust gases of tractor engine at its work on various fuels are nitrogen oxides.

- / -

В.И. Захарчук, Ю.В. Захарчук. Экологические показатели колесного трактора при работе на альтернативных топливах

Приведены результаты расчетных исследований перспективности применения альтернативных моторных топлив в средствах технологического транспорта методом интегральной оценки уровня экологической безопасности и технического совершенства транспортных средств.

A. Zdobyt'skiy, Ya. Semen. Economic evaluation of efficiency of the stationary haylage bale wrapper usage

The method the calculation of economic evaluation the efficiency of using the technology of haylage preserving in rolls, wrapped up a polymeric tape is presented on the basis of comparison of stationary and mobile bale wrapper. Results of the comparative analysis of technology with fixed wrapper using are obtained which provides the necessary bales closure (for the duration of storage) in four layers of tape (for two passes of wrapping mechanism).

Economical effectiveness of use the stationary wrapper with total power consumption up to 2 kW is proved that in comparison with mobile wrapper allows to reduce of 32,1% of aggregate costs, which are 13,3 UAH/ha, and capital investments reduce up to 16,1%, which are 9,24 UAH/ha. The electric drive of wrapper workings organs using reduces up to 0,047 UAH/ha the cost of fuel and lubricants, and also allows reducing up to 0.06 UAH/ha the costs for technical service, current and capital repairs.

The expedience of the use of (2+2) scheme of pack is substantiated which enables to decrease the amount of the winded layers of polymeric tape and receive annual economic effect in the amount of 13791,93 UAH from the area of 67 ha.

- / -

А.Я. Здобицкий, Я.В.Семен. Экономическая оценка эффективности применения стационарного обматывателя рулонов сенажа

Изложены методика и результаты проведенной оценки экономической эффективности применения технологии заготовки сенажа в рулонах, обернутых полимерной лентой, на основе сравнения стационарного и мобильного обматывателей рулонов. Обосновано целесообразность использования схемы обвертывания (2+2), что дает возможность уменьшить количество намотанных слоев пленки.

M. Kovalev, A. Apihin, D. Lachuga, Tolstushko N. Improving the efficiency of pressing flax bales

Pressing flax bales is the final operation in the processing of flax, while the density of the fibers in the finished bales depends on the efficiency of their transport by road, rail, chartering vessels. Due to the elastic properties of the fibers formed in the chamber tends to expand packing press, wherein a greater degree in the direction opposite to the pressing plate exposed. The influence on the amount of binding material "recoil" after the fiber bale compaction while increasing "recoil" fibers into a package after compression, and thus the preservation of elasticity fibers occurs before the fixed density. Studying the experience of pressing cotton, kenaf, wool, chemical fiber gives reason to believe that in terms of maintaining the highest density of fibers in the finished bale is preferable to tying their material with low tensile strain, such as steel wire. In the wild to maintain acceptable density fiber used bale strapping belt made of rope, the use of which does not provide the desired density of the fibers in the finished bale. When pressing short fiber maximum tensile force on the binding strip does not exceed a certain value, and to maintain the density of the fibers in the pile after pressing tying material should have a low tensile strain. The experimental results showed that the use of steel wire for tying bales provides higher fiber density therein, wherein the use of steel wire for tying bales of flax rope instead provides increased fiber density in the finished bale.

- / -

М.М. Ковальов, О.П. Апіхін, Д.Ю. Лачуга, Н.О. Толстушко. Підвищення ефективності пресування льоноволокна в кінці

Показано вплив об'язувального матеріалу на величину «віддачі» волокна в кінці після пресування. Встановлено, що для збереження щільності волокна в кінці після пресування об'язувальний матеріал повинен володіти малою деформацією розтягування.

O. Nalobina, O. Markova. The analysis of rational methods of watering crops in the agro-climatic conditions of Rivne region.

The analysis methods of irrigation. Attention is paid to drip irrigation, which allows for efficient ratio of water and nutrients in the soil. This method also allows for accurate dosing of fertilizers. Outlines the advantages and disadvantages of this method. It is noted that this method provides an economical use of water resources and energy sources. The tendencies of this method of irrigation like drip irrigation. The development of this method originates in Israel. It is noted that the most effective use of drip irrigation is to farms that specialize in growing vegetables or for gardening. In horticulture particularly effective is the use of this method in the laying of a new garden. Drip irrigation is a promising way of irrigation, which is effective for use in areas with slopes that are characteristic of the land of Rivne.

We consider technical means to drip irrigation. Is the list of companies - suppliers of drip irrigation systems on the market of Ukraine. The list of the main structural elements of the system . Shows a block diagram of a system Drip irrigation indicating major structural and functional elements. It is noted that the known drip irrigation systems differ in the set of structural elements. Water abstraction is made from a variety of sources. Also the performance of different pumping stations used

for the purpose of water from reservoirs , canals and wells. The article presents the main types of files pumping stations, which are often used in Ukraine: electric stationary location and electrical temporary accommodation.

- / -

Е.А. Налобина, О.В. Маркова. Анализ рациональных способов полива культур в агроклиматических условиях Ровенской области

Дан анализ способов полива. Внимание уделено капельному орошению. Определены преимущества и недостатки этого способа. Рассмотрены технические средства для осуществления капельного орошения.

O. Nalobina, V. Puts'. Investigation of dynamics of work of device of jarring action

Cleaning flax characterized threading process and has a major drawback – poor quality due to high stretch rolls. Last significantly affect the quality of primary processing of flax in particular on the yield of long fiber. One of the known ways of reducing the use of prolixity is a trimming operation stems at run cleaning, or when unwinding rolls during primary processing. To implement this operation, the authors of this article developed and investigated the work of a special device for trimming the stems. This device consists of a mechanism shaking and tamping mechanism. In the earlier studies, the authors made no hesitation processes considered conveyor belt under the influence of the cams. The proposed design of the device before further fitted with a movable spring support for the repayment of the vibrations of this mechanical system.

In this article we derive the equations describing the dynamics of the working mechanism kinematic pair shaking the device. In particular, to derive equations of motion and the fragment tape motion equation outer cam surface provided reconstitution predetermined law of excitation movable support. The last equation describes the dynamic phenomena that appear in the kinematic pair: transporter – a spring-loaded cam. Subsequent solution of these equations will be used as the basis of a mathematical model of vibration elimination processes that occur during operation.

- / -

Исследование динамики работы механизма встряхивания. Е.А. Налобина, Пуць В.С.
В статье выведены уравнения для описания динамики кинематической пары, входящей в состав механизма встряхивания подбивающего устройства.

Y. Paladijchuk, Y. Tarasyk, R. Lybachivskij. Investigation of energy-power operation parameters of conveyors with oscillating axial movement of the screw.

Mechanisms with screw operating members (SOM) have been widely used in all branches of the national economy due to the concentration of different operations combined with transporting. Such operations include transporting, loading-unloading, grinding, pressing, mixing, peeling and countersinking sorting, juice squeezing, etc.

The characteristic of the operation is that caused by the variety of manufacturing processes as well as regional peculiarities of the transporting operations, nomenclature and design parameters. To decrease the power consumption and to increase the productivity quality while transporting and mixing dry materials some original constructions of screw mixers with screw operating

members, which were provided with additional vibration movements along the axis with the help of the jaw semi-coupling, have been developed. It is of special importance for the transporting of moist materials, which usually stick easily on conveyors. From the condition, under which the load particle contacts with the screw conveyor surface and the casing cylinder surface, its location is found by the radial R and angle parameters ω . The coordinates of particle A are written by three equations along axis X, Y, Z as well as the speed of movement of this particle is written in the parametric form. Acceleration of the particle is found by the differential equation of speed. Graphic dependencies of the particle speed change relatively the casing in the low-speed conveyor on time have been built at the angle speed $\omega=10,5$ rad/sec, screw radius $R=0,05m$, pitch $T=0,1m$ and amplitude $A=0,005m$ for two- and four-drive coupling jaws.

It was found that while application of the screw operating members with vibration axis movement the vibration of speed of the load transporting takes place, which results in the improvement of the transporting condition and mixing of the dry materials, as well as the decrease of the transporting power.

- / -

Ю.Б. Паладійчук, Ю.М. Тарасюк, Р.О. Любачивський. Исследование энергосиловых параметров работы конвейеров с колеблющимся осевым движением шнека

Приведено конструкцію смесителя винтового вибрационного для исследования энергосиловых параметров конвейеров с колеблющимся осевым движением. Выведены аналитические зависимости для определения основных энергосиловых параметров при различных режимах работы.

S. Panasyuk, O. Iysyk. Research of influence of temperature and methods of previous treatment of raw material on the process of drying

In the article proposes the results of research on the impact of preprocessing apples and temperature of the drying agent on the duration and intensity of the drying process. The temperature of the drying agent is one of the main factors that influences the speed of drying and the quality of dried fruits.

The maximum drying temperature depends on the type of material and methods of drying. Low temperatures of about 40...60 °C are optimal, since they can almost completely preserve vitamins, biologically active substances, natural color and flavor of the product, and reduce energy costs. Also preparatory operations play an important role in the process of drying.

Preparatory stage usually consists of washing operations, inspection of the quality, calibration, cleaning, cutting, blanching, and sulfitation.

Blanching allows preserving the natural color, aroma and taste. It increases recoverability of dried products and reduces loss of vitamins. Blanched vegetables and fruits loose fragility and acquire elastic properties. Sulfitation is used to prevent darkening of the materials. Blanching changes the configuration of protein molecules. Permeability of cell membranes is excited due to sulfitation. The article studied the influence of temperature of the drying agent and the pre-processing on the duration of the drying process.

The results of the experimental studies of drying of apples' plates of 5 mm thickness were depicted in the plots.

- / -

С.Г. Панасюк, к.т.н., О.В.Лисик. Исследование влияния температуры и методов предыдущей обработки сырья на процесс сушки

В статье приведены результаты исследований влияния предварительной обработки плодов яблок и температуры сушильного агента на продолжительность и интенсивность процесса сушки.

A. Pydlyak, L. Zabrodotska. Determination of influence of air stream speed is on aeration intensity of seeds

The main disadvantage of drying of seeds is uneven drying of the great volume of the material. This is a consequence of uneven ventilation of layers with different intensity. As a change in the intensity of aeration we mean change of airflow by the level of the layer. The layers of material with different density and porosity have a different resistance to air flow. The paper presents experimental results of changing the speed of the air flow depending on the height of the seed layer. Analysis of experimental studies has shown that increasing air velocity provides increased contact area with seed, and thus intensifies the process of ventilation. Drying equipment used in agriculture is structurally and technologically diverse. In the dryers are implemented different ways of moving material during drying. We propose the construction of the dryer with spiral surface of the drying chamber, the process of the material unloading of which has its own characteristics. Spiral surface is placed in a fixed cylindrical case in the bottom part of which there is a window which is provided for discharging material from the surface of the spiral turns and passing of the drying agent, and in the upper part there is perforation for removal of outspent drying agent from the drying chamber. The cylindrical case is placed in a jacket that is fitted in the lower and upper parts with perforations to circulate the drying agent and with opening for unloading. In the space between the case and jacket there are shelves, performing rotational movement. The process of unloading of the material from the dryer is as following: the material from the last round of the spiral surface enters the space between the case and jacket, where it is captured and transported to the shelves of discharge chute hole in the jacket. The scheme is described and principle of design of the new construction dryer with spiral surface is presented.

- / -

А.Н. Пидляк, Л.Ю. Забродоцкая. Определение влияния скорости воздушного потока на интенсивность вентилирования семенного материала

В статье представлены результаты экспериментальных исследований изменения скорости воздушного потока от высоты слоя семенного материала. Предложен способ выгрузки материала из сушилки. Представленная схема конструктивного исполнения и описан принцип работы сушилки с спиралеобразной поверхностью новой конструкции.

M. Polishchuk. Research of modules of resiliency and viscosity lacustrine sapropel

The article presents a methodology for conducting laboratory research, which used a well-known hardware and software in a virtual measurement and control systems with the use of computer application technology, providing simultaneous registration and processing of experimental data and storage, for example, systems such as LabVIEW developed by National Instruments. Research

carried out by the dynamic elastic modulus way mode of free vibrations of "like-load". The perturbation vertical oscillation system is causing a light strike on the metal cargo rubber mallet (to prevent fluctuations in the body of the cargo at high frequencies). Move the end of the sample treated with the load electromagnetic deliverer, sent in analog form on entry fees 6008 USB, which converts them into a digital equivalent. To display, processing and storing information in an environment designed program LabVIEW. Also, the findings established elastic modulus and viscosity of the lake and the natural state of solids after prolonged storage in collar frozen to the sapropel, in graphs: dependences of the elastic module at low humidity drying method, depending on changes in the elastic module frozen to the sapropel in view of its moisture, depending viscosity of humidity.

- / -

М.М. Полищук. Исследования модулей упругости и вязкости озерного сапропеля

В статье приведены методика, результаты установленных модулей упругости и вязкости озерного природного состояния и твердых включений после длительного хранения в буртах замороженного сапропеля.

S. Tarasyuk. Review of structures separator granular materials

Background. In the production of bulk food is needed in their division into homogeneous fractions. For example, in the manufacture of flour obtained after grinding grain flour sorted into separate coat tion. In the potato-starch , alcohol , brewing grain, arriving for processing, cleaned of impurities. In addition, many shredders \rightarrow stepwise granular raw materials used in the food industry , after each stage of grinding raw grade , particle size of the material required to submit the next stage crushing and more frequent ynky returned for re- grinding. That is, the food industry is frequently faced with the task to clear and divide fractions of bulk materials .

Analysis of recent research and publications. In the technical literature reviewed various methods and equipment for purification and separation into fractions of the grain mass . However, further research needs consideration existing equipment designs to determine their strengths and weaknesses to support the most promising designs

Purpose - to examine the design of existing separators bulk materials and identify their strengths and weaknesses.

- / -

С.С. Тарасюк. Обзор конструкций сепараторов сыпучих материалов

В статье приведен обзор конструкций сепараторов сыпучих материалов и предложена их классификация.

V. Teslyuk. Effectiveness of tillage sowing of sugar beet

The features of traditional preseed treatment of soil are analysed under sowing of sugar beet on soils heavy on mechanical composition. It is marked that intensification of preseed treatment of soil under a sugar beet, by frequent influences of the workings systems of power facilities, machines and instruments, causes negative influence of compression, especially on soils heavy on mechanical composition, the sowing areas of which on Ukraine make to 30% from the general area of sowing. Proposals tehnohycheskyy process and tehnycheskye sredstva predposevnoy Monitor soil pod Crop saharnoy beet with ALLOCATION

tehnolohycheskyh operations in Autumn and vesennyu peryody by profylyrovanyya surface field.

Autumn on the background surface vyrovnnoy field provodjat profylyrovanyye surface in vide rowing with odnoremennym lokalnym vnesenyem fertilized area in the future lowering. Vesennee vozdeleyvaniye soil zakljuchaetsja srezanny peaks in rowing at Height 3 ... 4 cm kotoroe vypolnyaetsya unit in the tractor and cultivator-proof, with posleduyuschym Crop semyan the zone srezannoho layer of soil.

As a result of provedennyh eksperymentalnyh of research established dostovernaya Difference vyraschyvaniya saharnoy beet yield by predlozhennoy technology compared with tradytsyonnoy kotoraja sostavljaet 49.1 t / a.

- / -

В.В. Теслюк. Эффективность предпосевной обработки почвы под посев сахарной свеклы

Проанализированы особенности традиционной предпосевной обработки почвы под посев сахарной свеклы на почвах, тяжелых по механическому составу. Предложен технологический процесс и технические средства предпосевной обработки почвы под посев сахарной свеклы с распределением технологических операций на осенний и весенний периоды методом профилирования поверхности поля. Приведены результаты исследований предложенной технологии.

Y. Fedorus, Y. Gunko, M. Polishchuk. Analysis of structures impact of crushing machines and their working parts on quality of beet chips

- / -

Ю.В. Федорусь, Ю.Л. Гунько, М.С.Полищук. Анализ влияния конструкций свеклорезальных машин и их рабочих органов на качество стружки

Рассмотрены и проанализированы различные конструкции свеклорезальных машин и их рабочие органы. Проведено исследование работы резальных машин на Гнидавском сахарном заводе. Выделено достоинства и недостатки в работе свеклорезок, влияющих на получение свекольной стружки разного качества.

G. Haylis, L. Talah, Shevchuk V. Spiking soil tapered needles needle harrows

This article discusses the process of soil tapered needle puncture needle harrow. Determined the force required to puncture the soil tapered needles. These forces are the greater, the greater the pressure on the normal forces and friction angle of the soil. Pressure force on the cone with the proviso that it does not move and stands still in the ground, is less than when it moves in the soil.

- / -

Г.А. Хайліс, Л.О.Талах, В.В.Шевчук. Проколювання ґрунту конусними голками голчатої борони.

У статті розглядається процес проколювання ґруннту конусними голками голчатої борони.

V.Hvesyk, R. Kirchuk. Simulation of the process of rapeseed drying

Primary processing of rapeseed is expensive. Most of the cost is spent on dry. Seeds should be dried if the moisture more than 13%. Temperature range dry is selected based on the level of humidity. Moisture affects the purpose of rape and structural grain dryers. As a rule, use the dryer type of mine or type of floor.

Temperature rapeseed depends on the purpose of seed. Rape can be used

for industrial purposes or for planting. Temperature of hot air is 100 ± 20 degree.

Methods drying rapeseed are analyzed. Mathematical model of drying seeds is shown which allows to define the parameters of the process. The model is a stepwise calculation of the drying process based on experimental data and on the laws of heat and mass transfer. Computers and advanced algorithms are used for calculation. The result is a graphic. It allows to investigate the drying process. The solution of research is recommendations for energy saving in drying process.

- / -

В.А. Хвесык, Р.В. Кирчук Моделирование процесса сушки семян рапса

В статье проведен обзор существующих методов сушки семян рапса. Представлено математическую модель, описывающую процесс сушки и оптимизирующую параметры процесса. Предложено ряд мер для уменьшения энергозатрат на процесс сушки.

K.Tsiz, R. Kirchuk A. Ryshko. Study of physical and mechanical properties seeds soybean

This paper presents the physical and mechanical properties of soybean seeds. It is experimentally established based on the developed program of research. This program defines the following properties: indicators characterizing the flowability of soybean seeds, seed frictional properties, porosity, angle of slopes and size-mass characteristics of soybean seeds. Analysis of research allows you to select the optimum parameters of drying device dry soybeans.

Is it possible to get the base data for modeling the drying process, select materials for parts in contact with the seed.

Based on the experimental data was analyzed the influence of moisture on the properties of soybean seeds.

To reduce costs for drying soybean proposed new technology. It is preparing material to dry. The shell is mechanically damaged soybean seeds and drying speed is growing. A special mechanism is used to perform this operation. Properties of soybean seeds need to know to develop a model of the mechanism.

- / -

К.Е. Цизь, Р.В. Кирчук, А.В. Рышко. Исследование физико-механических свойств семян сои

В статье приведены физико-механические свойства семян сои на основе разработанной программы экспериментальных исследований, анализ которых позволит выбрать оптимальные параметры устройства для подготовки материала к сушке, получить исходные данные для моделирования процесса, а также подобрать рабочие органы, непосредственно используемые в технологической операции.

M. Shvedik, V.Teslyuk. Results of laboratory researches are with sowing of seed in fresh ploughing soil

In the article methods over of sowing of seed of ear grain-crops and results of watching are brought his germination in boxes without a bottom. In every box. In every box sowed one culture - wheat, barley only, rye or triticale. One third part of volume of every box was filled by monolithic soil and he was taken for a standard. Other volume of box was filled by loosening soil. Hung seed were conducted as follows. On the surface of monolith drew line perpendicular to the glass wall of box and on her laid out 10 grains. Laid out seed an analogical method on the surface of

loosening soil. He is adequate to the state of the freshly fallow field and imitates space between rows.

In the third variant there was an imitation of sowing of seed in lines formed in freshly fallow soil after his compression. Soil more compact was made a wooden oilstone. On formed a sowing bed is close-settled on his center, accordingly with the above-mentioned methods conducted the lay-out of grains.

The seed sown in boxes carefully wrapped up the layer of soil. In a pallet inundated water. Moistening of soil originates gradually from his understrata to overhead. Adequate to the process of moistening there was a process of germination of seed.

The analysis of results of supervision showed that in all four variants sprouts went out the first on a daily surface from seed sown in making more compact lines, through a day they appeared from seed sown in a monolith, and on the third - from loosening soil. Thus a wheat had the greatest 100% likeness and in ryes, and at a barley - 90%. Most subzero likeness of seed it appeared in triticale - 70%.

Thus, it is possible to draw conclusion on the basis of analysis of results of researches, which hung seed of ear grain-crops in freshly ploughed soil are the fully real and effective agrotechnical reception, but he must be carried out simultaneously with the compression of soil in lines, abandoning here in spaces between rows soil in the loosening state.

- / -

Н.С. Шведик, В.В. Теслюк. Результаты лабораторных исследований с высевом семян у свежовспаханную почву

В статье приведена методика посева семян зерновых колосовых культур и результаты наблюдений за его произрастанием в ящиках с почвой, которая имеет монолитную структуру, свежо вспушенное состояние и искусственное уплотнение, а также за развитием ростков после их выхода на дневную поверхность.

ЗМІСТ

1. Броварець О.О. Прогностично-компенсаційна технологія змінних норм внесення технологічного матеріалу на основі уточнених даних ґрунту.....	3
2. Войтюк В.Д. Структурно-функціональне обґрунтування системи технічного сервісу.....	15
3. Гевко Б.М., Дячун А.С., Комар Р.В., Босюк П.В. Дослідження пар контакту гальмівних елементів муфти двохсторонньої дії....	25
4. Дударев І.М. Дослідження роботи вальцьового льонобрального апарата.....	31
5. Дідух В.Ф., Бабарика С.Ф., Сацюк В.В., Поліщук М.М., Хомич Ю.А. Дослідження впливу збурюючих сил на коливання машини.....	42
6. Захарчук В.І., Захарчук Ю.В. Екологічні показники колісного трактора при роботі на альтернативних паливах.....	49
7. Здобицький А.Я., Семен Я.В. Економічна оцінка ефективності використання стаціонарного обгортача рулонів сінажу.....	54
8. Ковалев М.М., Апыхин А.П., Лачуга Д.Ю., Толстушко Н.А. Повышение эффективности прессования льноволокна в кипы....	61
9. Налобіна О.О., Маркова О.В. Аналіз раціональних способів поливу культур в агрокліматичних умовах Рівненської області..	67
10. Налобіна О.О., Пуць В.С. Дослідження динаміки роботи механізму струшування.....	71
11. Паладійчук Ю.Б., Тарасюк Ю.М. Любачівський Р.О. Дослідження енергосилових параметрів роботи у конвеєрі із ковним осьовим рухом шнека.....	76
12. Панасюк С.Г., Лисик О.В. Дослідження впливу температури та методів попередньої обробки сировини на процес сушіння.....	85
13. Пидляк А.М., Забродоцька Л.Ю. Визначення впливу швидкості повітряного потоку на інтенсивність вентиляції насінневого матеріалу.....	90
14. Поліщук М.М. Дослідження модулів пружності та в'язкості озерного сапропелю.....	95
15. Тарасюк С.С. Огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалів.....	102
16. Теслюк В.В. Ефективність передпосівного обробітку ґрунту під сівбу цукрових буряків.....	107
17. Федорусь Ю.В., Гунько Ю.Л., Поліщук М.С. Аналіз впливу конструкцій бурякорізальних машин та їхніх робочих органів на якість стружки.....	112

18. Хайлис Г.А., Талах Л.А., Шевчук В.В. Прокальвание почвы конусными иглами игольчатой бороны.....	118
19. Хвесик В.О. Кірчук Р.В. Моделювання процесу сушіння насіння ріпаку.....	123
20. Цизь К.Є., Кірчук Р.В., Ришко А.В. Дослідження фізико-механічних властивостей насіння сої.....	130
21. Шведик М.С., Теслюк В.В. Результати лабораторних досліджень з висіву насіння у свіжозораний ґрунт.....	139
Анотації.....	145

**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 невіршених 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; брошурування – 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 посилення 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 менше 200 слів, об’єднаних у 6–7 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 номерувати не рекомендується. Нумери 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.

З метою формування англomовної веб-сторінки видання відповідно до вимог МОНмолодьспорту України (Наказ №1111 17.10.2012 р.) подані авторами статті повинні бути продубльовані англійською мовою.

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 27. 2014

**Збірник входить до „Переліку наукових фахових видань
України...”. Галузь наук – технічні
(Постанова президії ВАК України від 10.02.2010 р. № 1–05/1)**

Відповідальний за випуск: І.Є. Цизь.

Редактори: О.С. Гордіюк, В.Є.Костюхіна, М.І. Богуш.

Комп'ютерна верстка: І.Є. Цизь.

Підписано до друку 29.03.2014 р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 10,0. Наклад 100. Безкоштовно. Зам. 191

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

Реєстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902–4374 ПР