

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 19

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2009

УДК 631.3.001

Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. Вип. 19. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. – 208 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 5 від 24.12.2009 р.

У даний збірник включено статті з сільськогосподарської техніки. Наведено дослідження гичкозбиральних машин, машин і процесів збирання льону, внесення органічних добрив та зневоднення сапропелю. Розглянуто і багато інших питань.

Збірник розрахований на наукових працівників.

В настоящий сборник включены статьи по сельскохозяйственной технике. Приведены исследования ботвоуборочных машин, машин и процессов уборки льна, внесения органических удобрений и удаления влаги из сапропеля. Рассмотрены и многие другие вопросы.

Сборник рассчитан на научных работников.

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

© Луцький національний технічний університет, 2009
(Свідоцтво про держреєстрацію КВ №15902-4374 ПР
від 13.11.2009 р.)

УДК 631.00

© В.І. Бодак, к.н.т., доц.

Луцький національний технічний університет

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

У статті представлені результати аналізу отримання електроенергії за допомогою вітрових електричних станцій.

ЕНЕРГІЯ, ВІТЕР, ВАРТІСТЬ, ПОТІК, ПОТУЖНІСТЬ.

Постановка проблеми. Екологічно розвинуті країни світу активно розробляють та впроваджують альтернативні види отримання енергії. Це спричинено, як мінімум, двома причинами.

Перша: надмірні викиди парникових газів в атмосферу призводять до зміни клімату на Землі, що в свою чергу призводить до природних катаклізмів з людськими жертвами та значними матеріальними збитками.

Друга: природні поклади, за допомогою яких традиційно отримують енергію (газ, нафта, вугілля, уран), катастрофічно зменшуються. Ціни на них ростуть. Невипадково директивами Євросоюзу до 2020 р. заплановано збільшення експлуатації відновлюваних джерел енергії з нинішніх 6,5% до 20%.

Але використання цих джерел має ряд аспектів. Безплатною енергія сонця, вітру, води, біомаси є тільки на перший погляд. Виявляється середня собівартість кіловат-годин сонячної генерації в 3-5 разів вище, ніж на атомній електростанції.

Виробництво енергії на вітрових електричних станціях (ВЕС) теж не є дешевим, але вважається найбільш перспективним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Світовим лідером у розвитку вітроенергетики є Німеччина, де на 2009 рік потужність ВЕС становить 23 900 МВт. До 2030 року в ФРН будуть виведені з експлуатації атомні електростанції, а виробництво енергії з відновлювальних джерел досягне 38% валового, в тому числі на ВЕС – 17%, або 80 млрд кВт год.

За рівнем освоєння енергії вітру Україна знаходиться на 21-му місці в Європі. В нас працює 7 промислових ВЕС загальною потужністю 89 МВт. Для порівняння, в Україні діють 15 атомних енергоблоків, які забезпечують виробництво 50% електроенергії, або 13850 МВт.

В квітні 2009 р. в Запорізькій області був підписаний інвестиційний контракт на будівництво 80 турбін ВЕС, потужністю

2,5 МВт. Об'єкт має бути зданий в експлуатацію до кінця 2011 р. (вартість будівництва 1 ВЕС складає 2 млн євро). Це при тому, що в області є 6 атомних реакторів (6000 МВт) Запорізької АЕС, 18 гідротурбін Дніпровської ГЕС (1538 МВт) та 7 блоків Запорізької ГЕС (3600 МВт). В сумі Запорізька область виробляє близько 20% української електроенергії.

Мета дослідження. Одними з найбільш вагомих аргументів використання ВЕС є екологічний аспект та вартість отримання електроенергії.

Результати досліджень. На відміну від традиційних, вітрові електростанції не дають шкідливих викидів, не потребують дорогого палива, їм не потрібні сховище відпрацьованого палива. Хоча вигляд 100-метрової башти з 50 метровими лопатями серед степу, чи біля побережжя естетичним не назвеш. На жаль, естетика – це не єдиний недолік ВЕС.

Розміщення вітроелектростанції планується в зонах, що рахуються еталонами степових ландшафтів та біоценозів. Тут ростуть рослини, що занесені до Червоної книги, проходять маршрути постійної міграції перелітних птахів.

Варто звернути увагу і на результати досліджень англійських медиків (за об'ємом встановлених потужностей Великобританія займає 5 місце в Європі). Згідно досліджень, у людей, що живуть поблизу вітрових турбін погіршується стан здоров'я: вони частіше страждають головними болями, депресіями та безсонням.

Суттєвими недоліками використання вітру є розсіяність вітру в просторі, непостійність та не прогнозованість, як за напрямом, так і за потужністю – від штилю до урагану. Тому без вивчення динаміки повітряних потоків протягом року, тут не обійтись.

Ще один дуже важливий аспект використання ВЕС – це надлишок енергії в вітрову погоду та дефіцит в період без вітру. Тоді стабільну та безперебійну подачу електроенергії в енергосистему треба буде підтримувати традиційними потужностями резервної генерації – ГЕС, АЕС, або ТЕС. А це додаткові витрати, що суттєво здорожують енергію, вироблену вітровими установами, будівництво, ремонт, та утримання яких коштує і так недешево.

Виробництво вітрогенераторів великої потужності – це монополія 5-ти зарубіжних фірм. В Україні немає машинобудівних заводів, які б випускали редуктори для вітроелектростанцій, тобто українськими можуть бути тільки башта та лопаті, все решта – високотехнологічне обладнання треба привозити з-за кордону.

Ще один фактор необхідно врахувати при впровадженні ВЕС – це їх значне віддалення від споживачів, а, отже, необхідність будівництва ліній електропередач значної довжини. А при транспортуванні на великі відстані значні витрати є неминучими.

Висновок. Отже, «дешева» енергія вітру на практиці не є такою дешевою.

Література

Писковий В. Охота на ветер / Журнал «Зеркало недели». - № 29. - 8 августа 2009.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 622.331

© В.І. Бодак, к.т.н., доц.

Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНІЧНОЇ ЗАБІРНОЇ ЧАСТИНИ ШНЕКОВОГО НАСОСУ

У статті представлено результати досліджень різних типів конічних забірних частин шнекових механізмів для добування сапропелів.

САПРОПЕЛЬ, ОЗЕРО, ШНЕК, КОНІЧНА ЗАБІРНА ЧАСТИНА.

Постановка проблеми. На території Західного Полісся України переважають дерново-підзолисті ґрунти, висока родючість яких може бути, досягнута за рахунок внесення органічних добрив, запасів яких явно не вистачає. Одним з джерел поповнення органічної сировини в регіоні є добування сапропелів. Внесення сапропелевих добрив не тільки покращує структуру ґрунту, але й зменшує перехід радіонуклідів з ґрунту в рослину. Оскільки більшість районів, де знаходяться поклади сапропелів, зазнали радіоактивного забруднення внаслідок чорнобильської аварії, добування донних відкладів дозволяє вирішити актуальну проблему. Очищення озер від донних відкладів сприяє відновленню водного, хімічного та біологічного режимів, покращення температурного та газового режимів заболочених водойм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Очищення озер від сапропелів на даний час проводиться гідромеханізованими та

грейферним способами [2]. Але при гідромеханізованому способі добування відкачується велика кількість води з зони добування та отримуються сапропелі з високою вологістю. При грейферному способі добування є висока ступінь замулення водою та велика кількість перевалочних операцій.

Вищеперелічених недоліків немає у шнекового способу добування сапропелів.

Мета дослідження. Підвищення ефективності добування сапропелів за рахунок створення раціональних форм і вибору параметрів забірних частин шнекових механізмів для підвищення ефективності добування сапропелів.

Результати дослідження. Ми запропонували метод розрахунку процесу добування сапропелів механізмами шнекового типу з конічною забірною частиною, визначено їх основні параметри, необхідний крутний момент на валу шнека, його продуктивність та затратувану потужність на транспортування добутого сапропелю. В результаті використання системного підходу розроблена багатоваріантна структура схем забірних частин шнекових механізмів, які дозволяють підвищувати ефективність роботи при добуванні сапропелів.

Екологічні переваги добування за допомогою шнекових насосів свідчать про необхідність подальших розробок цих механізмів, особливо їх забірних частин.

Для синтезу раціональних форм заірної частини було проведено аналіз її можливих конструкцій.

В результаті проведених експериментів зроблено висновок, що об'єм демпферної зони V_d заірної частини повинен бути в межах:

а) $V_d < 0,2V_k$, при кутовій швидкості обертання гвинта $\omega < 11 \text{ с}^{-1}$ (V_k – загальний об'єм конуса заірної частини);

б) $0,2V_k < V_d < 0,8V_k$, при кутовій швидкості обертання гвинта $\omega > 11 \text{ с}^{-1}$.

При проведенні дослідів отримані залежності продуктивності насосу з різними типами гвинтів в заірній частині від частоти обертання шнека (рис.).

З графіків видно, що при частоті обертання до 11 с^{-1} слід застосовувати в заірній частині насосу гвинти із зрізаними конусами або циліндричні. При використанні високооборотних гвинтів з частотою обертання $n > 11 \text{ с}^{-1}$ та тиском $P > 80 \text{ кг/м}^2$ кращими показниками характеризуються гвинти, які мають в заірній частині форму конуса. Очевидно, що при роботі на високих обертах гвинти зі зрізаними конусами частково відбивають сапропелеву масу при

невеликих значеннях підпору ґрунту. Цей процес відбувається через малий об'єм демпферної зони. Гвинти з повними конусами, як при низьких, так і при високих обертах, мають властивості свердла, плавно захоплюють сапропелеву масу та транспортують її до циліндричних частин насосів.

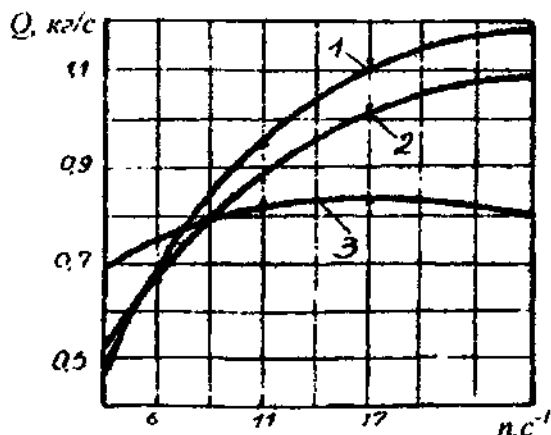


Рис. Вплив форми забірної частини на продуктивність шнекового насосу: 1 – повний конус; 2 – циліндр; 3 – зрізаний конус

Висновки. Дослідження характеристик різних типів конструктивних параметрів забірних частин шнекових механізмів дали можливість рекомендувати раціональну конструкцію забірної частини шнекового механізму для добування сапропелю.

Література

1. Хайліс Г.А., Бодак В.І. Аналіз роботи шнекових пристроїв при добуванні сапропелів // 36. наук. статей «Сільськогосподарські машини». ВО ІАУ. - Луцьк, 1995. - С. 258-271.

2. Бодак В.І. Добування природних добрив на Волині / Земля і люди України. – 1992. - № 5. - С. 27.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 631.521

© В.І.Василюк

ВП НУБіП України „Ніжинський агротехнічний інститут”

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ПЛЮЩЕННЮ ВОРОХУ ЛЬОНУ

Представлено пристрій для визначення опору плющенню вороху льону та подана його характеристика.

АПАРАТ, ОБМОЛОТ, КОРОБОЧКИ ЛЬОНУ, ПЛЮЩЕННЯ, СТИСК, ВОРОХ.

Постановка проблеми. Існуючі теркові апарати, що використовуються для обмолоту коробочок льону можна віднести до двох груп: вальцеві теркові апарати, барабанні теркові апарати. Руйнування насінневих коробочок у теркових апаратах досягається за рахунок їх плющення та розтирання [2].

Теркові апарати знайшли примінення в льономолотарках та в ворохооброблювальних машинах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень процесу перетирання вороху та визначення деформації стиску насінневих коробочок льону висвітлені у працях Хайліса Г.А., Єругіна А.Ф., Сая В.А. [1,3,4]. На основі цих рішень були отримані відповідні конструктивні рішення щодо компоновання вальцевих теркових апаратів.

Мета роботи полягає у розробці пристрою для дослідження опору плющенню в результаті дії сили стискання вороху льону.

Результати дослідження. Визначення опору плющенню вороху з насінневими коробочками було проведено за допомогою розробленого нами пристрою (рис. 1), що містить циліндр 1 з днищем 2, кришку 3 з отвором, через який проходить шток 4 з поршнем 5 на нижньому кінці штока. Опорна пластина 6 для вантажу прикріплена на верхньому кінці штока, пластина – тримач 7 лінійки і мірна лінійка 8 прикріплені до циліндра. До пластини 6 знизу жорстко прикріплений покажчик 9 положення поршня, що представляє собою стрілку, яка завдяки жорсткому з'єднанню з пластиною та штоком переміщується разом з ним і показує шлях переміщення штока разом з поршнем.

Днище циліндра 2 і кришка 3 містять невеликі отвори (вони на схемі не показані) для того, щоб забезпечити фільтрацію повітря при його стисканні разом з ворохом для запобігання впливу стиснутого повітря на силу опору вороху плющенню. Бокова частина циліндра 1 містить в зоні руху поршня оглядове вікно 11 з органічного скла, через

яке можна спостерігати за переміщенням поршня і процесом плющення коробочок. Фото пристрою показано на рис. 2.

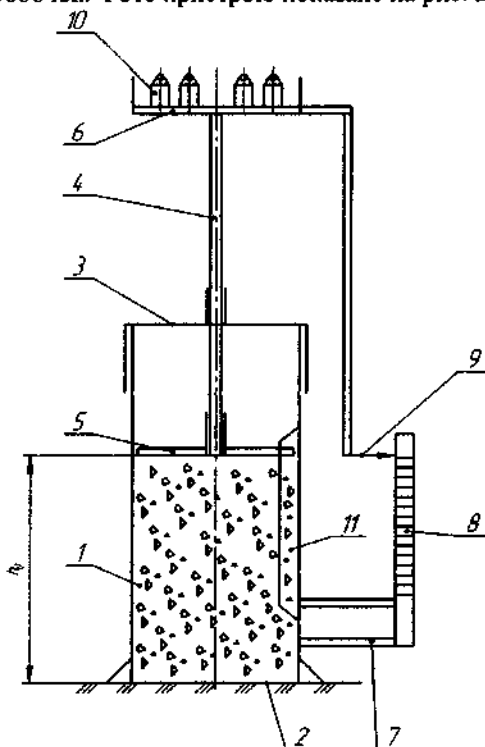


Рис. 1. Схема пристрою для дослідження плющення вороху з коробочками льону: 1 – циліндр; 2 – днище; 3 – кришка; 4 – шток; 5 – поршень; 6 – опорна пластина; 7 – тримач лінійки; 8 – лінійка; 9 – показчик положення поршня; 10 – вантаж; 11 – оглядове вікно

Силу стиску (плющення) вороху в даному пристрою утворює шток з поршнем, пластина для вантажу і вантажі 10 (гіри), що знаходяться на ній, а шлях руху поршня вниз дорівнює шляху переміщення показчика по лінійці. Початкове (верхнє) положення поршня перед початком плющення вороху знаходиться з допомогою показчика 9 в такому його положенні, коли на пластині 6 немає вантажу, а вагу пластини і штока утримує своєю рукою експериментатор після завантаження циліндра ворохом, його вирівнювання та встановлення поршня над ворохом.

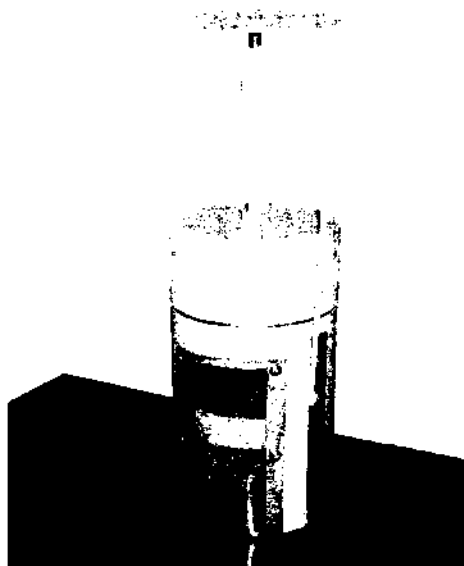


Рис. 2. Фото пристрою

Робота з пристроєм проводиться наступним чином. Перед закладкою в циліндр пристрою ворох перемішувався для досягнення більшої рівномірності розміщення його складових частин, потім ворох вкладався в циліндр на висоту біля $2/3$ висоти циліндра. Після цього на ворох створював тиск поршень 5 (рис. 1.), приєднаний до нижнього кінця штока 4, верхній кінець якого зв'язаний з пластиною 6. Кришка 3 різьбовою частиною з'єднується з верхньою різьбовою частиною циліндра 1. Нижній кінець штока 4 закріплений в центральному отворі поршня 5, і без надавлювання на нього в такому положенні поршня, штока і кришки наближали показчик 9 до мірної лінійки 8. Експериментатор при цьому притримував своєю рукою вагу пластини (площадки) і штока. Положення кінця стрілки показчика 9 на лінійці 8 при такому утриманні ваги площадки і штока експериментатором фіксувалося і записувалося – зазначене положення відповідало початковому положенню поршня при стисканні вороху. Вантажі 10 на пластині (площадці) 6 при цьому були відсутні.

Після того, як було відмічено початкове положення кінця стрілки показчика на лінійці, експериментатор відпускав шток з пластиною (площадкою) і їх вага впливала на поршень, який

надавлював на ворох, при цьому стрілка покажчика 9 разом з штоком і поршнем і її нове положення при цьому також фіксувалось (записувалося в журналі). Таким чином проводяться досліди на цьому приладі.

Висновок. Представлений пристрій для дослідження опору плющення вороху льону.

Література

1. Еругин А.Ф., Медведєв Ю.А. Исследование процесса перетирання вороха. Интенсификация машинных технологий производства и переработки льнопродукции // Материалы международной научно-практической конференции. - Тверь (Россия): Издательство ВИМ, 2004. – С. 163-166.

2. Льноуборочные машины / Хайліс Г.А., Быков Н.Н., Бухаркин В.Н., Васильев Г.К., Можаров Б.П. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с. (С. 212-218).

3. Сай В.А. Результати досліджень деформацій стиску насінневих коробочок льону // Сільськогосподарські машини. - 36. наук. ст. - Вип. 8. - Луцьк: Ред. – вид. відділ ЛДТУ, 2001. – С. 234-238.

4. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів. - Луцьк: Ред. вид. відділ ЛДТУ, 2004. – 302 с.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс.ю

УДК 631.3.072

© В.В. Войнович; М.В. Усенко, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕННЯ РОЗСАДОСАДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ РОБОТІ НА СХИЛАХ З РІВНИМ МІКРОРЕЛЬЄФОМ

Подано переваги розсадосадильної машини з механізмом бокового переміщення садильних секцій. Визначено залежність величини поперечного зміщення садильного агрегату за часом на схилах з рівним мікрорельєфом.

РОЗСАДОСАДИЛЬНА МАШИНА, СЕКЦІЯ, СХИЛ, ЗМІЩЕННЯ.

Постановка проблеми. Важливою операцією з вирощування розсадних культур є садіння розсади. Застосування стандартних



великогабаритних садильних машин на схилах (до 12°) пов'язано з труднощами: машини сповзають, не дотримуються заданого курсового напрямку. Завдяки цьому стає неможливим одержання якісних показників виконання даної операції.

Слід зазначити, що зараз стає актуальним застосування малої механізації, оскільки особисті селянські господарства в результаті паювання сільськогосподарських угідь колишніх колективних сільськогосподарських підприємств отримали в натурі виділені земельні ділянки різних форм в різному місці розташування. Таким чином, створення агрегату для садіння розсади, який полегшить роботу одноосібників, дрібних фермерів, працівників крупно-товарних підприємств і підвищить якість проведення даної операції як на рівнині так і на схилах є актуальним і важливим. Нами запропонована розсадосадильна машина нової конструкції для роботи на схилах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі розсадосадильні машини СКН-6А, РПМ-9, "Блас", СРН-4А, СУП-4А, РСМ-4, "Джон Дір", СР-6, ПР-1, РП-4, СРНМ-4 [9] та інші [6] призначені для ефективної роботи з чітким дотриманням технології виключно на рівнині. При роботі на схилах спостерігаються негативні явища, про які було сказано вище. Ці явища є неприпустимим при застосуванні комплексної механізації при догляді та збиранні урожаю. Для усунення цих негативних факторів дані машини обладнують стабілізуючими пристроями, що призводить до ускладнення їх конструкції і до порушення структури ґрунту через надмірний контакт з ним даних пристроїв.

В площині проблеми, яка піднімається нами в даній і попередніх роботах [1, 2] найбільш перспективним є використання агрегату мотоблок з малогабаритною розсадосадильною машиною з садильним апаратом дискового типу, який обладнаний механізмом для пересування садильних секцій [3, 4].

Мета дослідження. Запропонована методика визначення залежності і зміщення за часом розсадосадильного агрегату, що працює на поперечному відносно напрямку руху схилах з рівним мікрорельєфом.

Результати дослідження. Під час руху агрегату на поперечних відносно напрямку руху схилах відбувається його зміщення вниз по схилу.

В працях [5, 8, 9] висвітлені питання роботи машин на схилах, але не враховані, наприклад, різноманітні типи ґрунтів і залежний від них фактор бокового уводу при аналізі зміщення агрегату за часом.

Розглянемо як буде відбуватись зміщення агрегату при його роботі (русі) в поперечному напрямку схилу коли мікрорельєф похилої поверхні (схил) є відносно рівним.

На агрегат, що рухається по схилу крутістю α , діють сили: ваги mg , нормальна N , тертя F (рис. 1). Зміщення агрегату в напрямку осі x (вниз по схилу) виражається наступним диференціальним рівнянням:

$$m \frac{dU}{dt} = mgsina - F_{\max}, \quad (1)$$

де U – швидкість зміщення агрегату; m – маса агрегату; α – кут схилу.

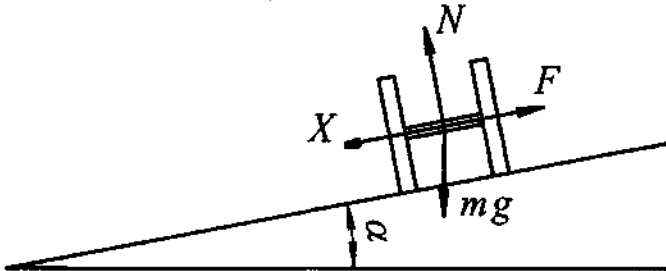


Рис. 1. Схема зміщення агрегату на похилій поверхні з рівним мікрорельєфом

Максимальна сила тертя дорівнює:

$$F_{\max} = mgf \cos\alpha. \quad (2)$$

Тут слід обумовити поняття коефіцієнту f і відповідно кута φ ($f = \text{tg } \varphi$). У випадку коли агрегат не рухається коефіцієнт f прирівнюється до коефіцієнту тертя. Коли ж агрегат переміщується в поперечному напрямку схилу, то його відхилення можна охарактеризувати коефіцієнтом бокового зміщення (уводу), значення якого залежить від багатьох факторів (фізико-механічний склад і стан ґрунту на даний момент та інші). Значення даного коефіцієнту приймається рівним $f = 0,1 \dots 0,15$ [7].

На основі (1) з використанням (2) після перетворень отримаємо:

$$dU = \frac{g \sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} dt.$$

Проінтегруємо двічі останній вираз і отримаємо величину зміщення агрегату:

$$\begin{aligned} dx/dt = U &= \int_0^t g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} dt; \\ dx/dt = U &= gt \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$x_3 = \int_0^t \frac{gt \sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} dt;$$

$$x_3 = gr^2 \sin(\alpha - \varphi) / 2 \cos \varphi. \quad (4)$$

Побудуємо графік залежності зміщення x_3 садильного агрегату на схилах крутизною 12° , максимальних, що допустимі для роботи даного агрегату, за часом t при різних значеннях $f = 0,1; 0,12; 0,15$ (рис.2).

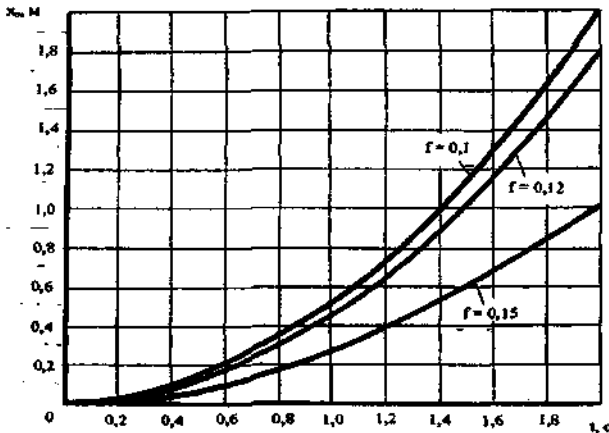


Рис. 2. Графік залежності зміщення x_3 садильного агрегату на схилах крутизною $\alpha = 12^\circ$ за часом t при різних значеннях коефіцієнту бокового уводу f

Згідно графіка зміщення агрегату навіть при максимальному $f=0,15$ вже через 0,5 с сягає $x_3 = 0,06$ м, а через 1 с – $x_3 = 0,25$ м, що не відповідає агроправилам з садіння розсади (непрямої рядки рослин і, відповідно, відхилення від заданої ширини міжрядь і т.д.). Частіше ніж через кожні 0,5 с необхідно вживати заходів (застосовувати стабілізуючі пристрої, зокрема механізм переміщення секцій, а при їх відсутності фізичні зусилля оператора) для вирівнювання напрямку руху агрегату.

Запропонований механізм бокового переміщення садильних секцій виконує не тільки свою основну функцію (регулювання ширини міжрядь), але і стабілізуючі функції. Він забезпечує несиметричне розташування садильних секцій відносно поздовжньої осі агрегату, що запобігає можливому перекиданню агрегату. Даний механізм під час переміщення секцій з зануреними в ґрунт сошниками, за рахунок реакції ґрунту, забезпечує часткове повертання всього агрегату і

відповідно повернення його до заданого курсового напрямку. Остання функція механізму переміщення використовується на протязі доли секунди і, таким чином, задана ширина міжряддя практично не змінюється.

Таким чином, можна зробити висновок, що проведений вище аналіз роботи садильної машини на поперечних схилах дозволяє визначити величину поперечного зміщення агрегату за часом на похилій поверхні з рівним мікрорельєфом і, відповідно, запропонувати методи усунення даного зміщення, а також показує, що відхилення від курсової стійкості при поперечному русі агрегату є різними при різному значенні коефіцієнту бокового уводу f .

Це недопустимо згідно агротехнічних вимог, але проведений аналіз показує, що тут необхідно застосовувати стабілізуючі механізми. В нашому випадку це є механізм пересування секцій двохсекційної розсадосадильної машини, за допомогою якого можна досить легко і швидко стабілізувати напрямок руху агрегату на похилій поверхні крутістю до 12° .

Приведена методика розрахунку може бути використана як окрема методика для проведення важливих розрахунків і як основа для подальших досліджень роботи всієї садильної машини та її механізмів.

Література

1. Войтович В.В., Усенко М.В. Аналіз роботи дискової розсадосадильної машини з пересувними секціями // Збірник наукових статей Луцького державного технічного університету. Серія: сільськогосподарські машини. – Луцьк. – 2004. – № 12. – С. 19 – 24.
2. Войтович В.В., Усенко М.В. Визначення сил і зміщень розсадосадильного агрегату при роботі на поперечних схилах // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ. – 2005. – № 92/2. – с. 41 – 46.
3. Патент № 12590 Україна, МПК А 01 С 11/02, А 01 В 15/20. Розсадосадильна машина / Войтович В.В., Усенко М.В. та ін. - № 200508014; заявл. 12.08.2005; опубл. 15.02.2006, бюл. № 2.
4. Патент № 74989 Україна, МПК А 01 С 11/02, А 01 В 15/20. Розсадосадильна машина / Войтович В.В., Усенко М.В. та ін. - № 20041008582; заявл. 21.10.2004; опубл. 15.02.2006, бюл. № 2.
5. Захарченко В.Г. Обоснование технологии и машины с ленточным высаживающим аппаратом для посадки рассады овощных культур: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1984. -24 с.
6. Машина для посадки рассады, А.с. № 1326176, МКИ А 01 С 11/02 / Ляннен Т.О. и др. - № 2416296/30-15; заявл. 02.07.1987; опубл. 23.07.1987, бюл. № 27.

7. Мшвилдадзе О.П. Основы создания технических средств, стабилизирующих направление движения крутосклонного агрегата: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Тбилиси, 1986. – 52 с.

8. Нестяк В.С. Совершенствование технологического процесса рассадопосадочной машины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1990. – 19 с.

9. Чубарин М.И. Рассадопосадочные машины. – М.: Машиностроение, 1972. – 209 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.І. Шваб'юк.

УДК 631.333.6

© В.М. Гайдучок, д.т.н.; Б.І. Затхей, к.т.н.; П.В. Шолудько
Львівський національний аграрний університет

МАШИНА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІКИ З ВЕРТИКАЛЬНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Розглянуто питання структурно-енергетичного аналізу трибо-механічної системи ковзання. Наведено методіку розробки і подано карту трибомеханічних даних спряження розкидального валу гноєрозкидача. Проведено дослідження, обґрунтовано і вибрано конструкційні матеріали для вказаного спряження.

**ГНОЄРОЗКИДАЧ, ТРИБОСИСТЕМА, ВЕРТИКАЛЬНИЙ
РОЗКИДАЛЬНИЙ ВАЛ, ШНЕК, ВТОМА.**

Постановка проблеми. Однією з нерозв'язаних науково-прикладних проблем, що знижує надійність розкидачів як органічних, так і мінеральних добрив, є відсутність науково-методичних підстав конструювання та створення цих машин. Сьогодні на світовому ринку гноєрозкидачів можна знайти понад 200 машин, що мають суттєві відмінності конструкцій, обґрунтованість яких відсутня. Одним із основних чинників, що обумовлюють надійність роботи виробу, є конструкційний матеріал, з якого він виготовлений. Тому розроблення науково-методичних підстав створення гноєрозкидачів і їх робочих органів є актуальною задачею.

До останнього часу в сільськогосподарському машинобудуванні України у зв'язку із кризовою ситуацією в економіці країни для виготовлення техніки, навіть такої, що призначена для

експлуатації в складних умовах (агресивне середовище, циклічні навантаження тощо) використовуються дешеві низькосортні вуглецеві сталі. Термін служби більшості машин і обладнання тваринницьких ферм і комплексів (кормороздавачі, машини для застосування добрив, гноєрозкидачі, гноєнавантажувачі, транспортери, скреперні установки для прибирання гною, сита дугові для розділення гною на фракції, шибєрні заслінки в самоточних системах прибирання гною, обладнання для утримання птиці, каналізаційні системи та ін.) набагато менший амортизаційного [8, 9, 11]. Це обумовлено як корозією в агресивних робочих середовищах, так і поломками від механічних навантажень.

Однак, обґрунтуванням вибору конструкційних матеріалів для робочих органів і трибосистем гноєрозкидачів займалися лише окремі дослідники.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За умов статистичної неоднорідної структури та фізико-механічних і хімічних властивостей трибосистем ковзання забезпечення оптимальної поверхневої міцності та мінімальних затрат енергії потребує довготривалих випробувань [4-8].

Дослідження тертя та зношування в різноманітних хімічно-активних та абразивних середовищах із застосуванням фізичного та математичного моделювання дозволили виявити основні чинники та критерії експлуатаційного змінення [5] і розробляти трибомеханічні системи мінімального зношування [5, 10].

Мета досліджень. Метою досліджень є підвищення надійності і технічного рівня машин для застосування органічних добрив.

Результати досліджень. На основі аналізу наукових досліджень, передового виробничого досвіду, патентного пошуку технологій внесення добрив та конструкцій розкидачів [1-3] нами встановлено, що експлуатаційно-технологічні показники розкидачів з вертикальними розкидальними валами значно кращі ніж у розкидачів з їх горизонтальним розміщенням. Проте, якість внесення добрив (нерівномірність розподілу добрив по полю) не повністю задовольняє існуючі вимоги [4]. Для покращення якості розподілу добрив по полю нами запропонована конструкція розкидального механізму, що являє собою комплект двоелементних шнеків, які обертаються з різними кутовими швидкостями (рис. 1). Це дає змогу більш рівномірно вносити добрива і точніше регулювати режими роботи машини, залежно від конкретних виробничих умов (розмірів ділянок, ширини внесення, норми внесення).

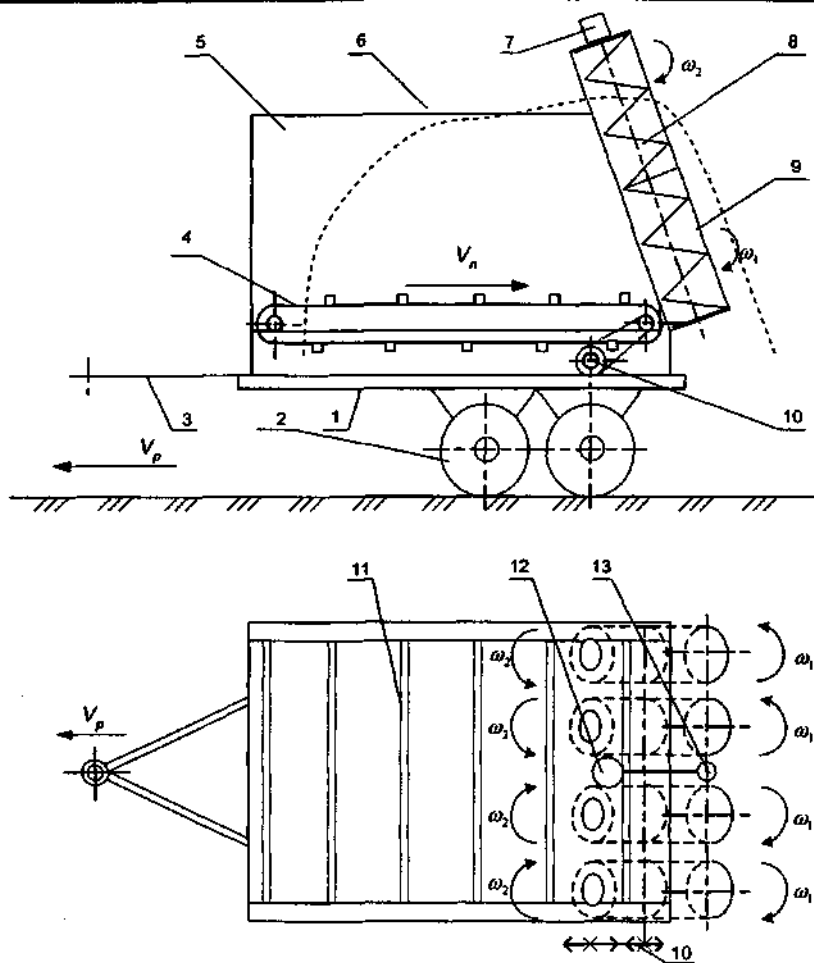


Рис. 1. Схема гносорозкидача з експериментальним розкидальним механізмом: 1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – причіпний пристрій; 4 – подавальний транспортер; 5 – кузов; 6 – технологічна сировина; 7 – гідродвигун приводу верхніх шнеків; 8 – розподільно-дозувальний пристрій; 9 – каркас розподільно-дозувального пристрою; 10 – привод подавального транспортера; 11 – планка транспортера; 12 – гідродвигун приводу нижніх шнеків; 13 – конічний редуктор

Вона складається з рами установки 1, яка базується на чотирьох опорних колесах 2. Причіпний пристрій 3 призначений для приведення в прямолінійний рух експериментальної машини.

Привод подавального транспортера 4 з планками 11 здійснюється від ВВП трактора через ланцюгову передачу 10. Технологічна сировина 6 міститься в кузові 5 і за допомогою горизонтального подавального транспортера 4 планчастого типу надходить на розкидально-розподільчий робочий орган вертикального типу 8, закріплений в каркасі 9.

Привод верхнього розкидально-розподільчого робочого органу вертикального типу здійснюється чотирма гідродвигунами 7, нижнього – 12 через конічний редуктор 13.

Розкидальний двоелементний шнек (рис. 2) являє собою вал 1 на який насаджена труба 2. За допомогою втулок 4 труба має можливість обертатись навколо своєї осі. На обох елементах 1 і 2 приварена навивка, яка не сполучена одна з другою. Ліва (верхня) частина навивки шнека приводиться в рух за допомогою ланцюгової передачі через зірочку 3, а права (нижня) через зірку, розміщену на валі 1 від гідродвигуна, який знаходиться під кузовом гноєрозкидача.

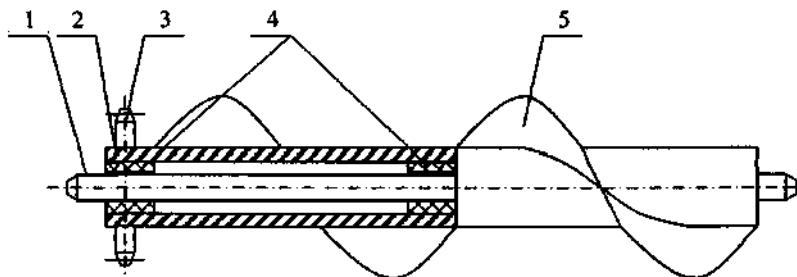


Рис. 2. Схема двосекційного розкидального шнека: 1 – вал; 2 – труба; 3 – привідна зірочка; 4 – втулки; 5 – навивка шнека

Привод робочих елементів здійснюється від ВВП трактора через механічні і гідравлічні передачі з використанням окремих гідродвигунів.

Надійність та довговічність роботи машини може бути забезпечена шляхом вибору відповідних конструкційних матеріалів. Основним вузлом розкидального органу є вал (рис. 2).

Для забезпечення його надійності та довговічності розроблялися трибомеханічні системи ковзання на прикладі спряження вісь-втулка, умовно показані на рис.2 позиціями 1 і 4, які працюють

одночасно в абразивному та агресивному середовищі, оскільки технологічна сировина містить солі азотних, сірчанних і фосфорних кислот [4].

Результати проектування трибосистеми ковзання подавалися у формі [6, 7, 10], яка придатна для наступної незалежної оцінки та співставлення з іншими джерелами.

Для трибосистеми ковзання "вал вертикального розподільно-дозувального пристрою – втулка" розроблена карта даних трибомеханічної системи.

На площині функцій трибомеханічної системи основна увага приділена технічному призначенню, що в карті трибомеханічних даних спряження ковзання показується позицією I.

Робочі параметри, які наводяться в позиції II, включають тип руху, тривалість роботи, навантаження, швидкість та температуру. До інших робочих параметрів відноситься вид матеріалу, чистота обробки тощо.

Тип руху визначається як "безперервне ковзання" зі швидкістю $1...2,6 \text{ м·с}^{-1}$. Тривалість роботи визначена для експериментальної машини – 2000 годин, що забезпечить безвідмовність роботи цього спряження протягом 3-4 сезонів роботи, що забезпечує безвідмовність роботи такого спряження впродовж 3-4 сезонів роботи. Структура III трибомеханічної системи, описується її трибоелементами, їх відповідними властивостями та взаємодіями. Трибоелемент 1 – це вал із сталі 45, а трибоелемент 2 – втулка з графітопласту. Трибоелемент 3 – це солідол, а трибоелемент 4 – напіврідка фракція гною, концентрат парів гною і вологи.

Трибологічні властивості поділяються на поверхневі та об'ємні: до поверхневих відносяться шорсткість, склад поверхневих шарів, параметри поверхневого загартовування, а об'ємні – це геометрична форма, хімічний склад та параметри матеріалів, в т. ч. модуль пружності, твердість, густина, теплопровідність, металургійна структура тощо.

Відповідними властивостями для мастила є в'язкість, хімічний склад та залежність в'язкості від температури й тиску.

Для атмосфери головними властивостями будуть її хімічний склад, кількість і тиск окремих складових, в т.ч. водяний розчин гною і гноївки.

Для конденсату і вологи головними властивостями будуть її хімічний склад, об'єм вологи і температура.

Взаємодії між трибоелементами охоплюють процеси контакту, тертя, зношування, а також режими змащування.

Крім процесів тертя та зношування між трибоелементами (ТЕ) 1 і 2 трибологічної системи, мають особливе значення процеси адгезії, дифузії і випаровування мастила ТЕ-3 та навколишнього середовища ТЕ-4. Трибологічні характеристики включають зміни структури системи, втрати енергії на тертя та зношування, втрати матеріалу внаслідок зношування. Зміни структури можуть бути пов'язані з руйнуванням елементів чи утворенням нових, зі змінами топографії контакту тощо.

Обґрунтування і вибір конструкційних сталей для робочих органів гноєрозкидачів проводились шляхом експериментальних досліджень.

Для досліджень були вибрані наступні конструкційні сталі: вуглецева сталь звичайної якості Ст3; вуглецеві якісні сталі 20, 30, 35, 45; високоміцні сталі 30ХГСНА, сталь аустенітна марганцевиста 45Г17Ю3; корпусні 09Г2, 10ХСНД; сталі типу 12ХНЗА; корозійностійкі 08Х17Н6Т, Х18Н10Т та ін.

Насамперед, була вибрана типова для роботи в режимі малоциклової втоми низьковуглецева сталь 20, як модельний матеріал, який використовувався для основних якісних експериментів з вивчення впливу попередньої корозії, механічної і зміцнювальних обробок.

Детальні відомості про сталі, які досліджувалися (хімічний склад, вміст газів, шкідливих домішок і неметалевих включень, термічна обробка, механічні властивості) наведені в таблиці.

Дослідження конструкційних сталей на корозійно-втомний опір проводили в середовищах органічних добрив.

Для досліджень брали органічні добрива, що широко використовують в практиці сільськогосподарського виробництва: підстилковий гній великої рогатої худоби (ВРХ); напіврідкий безпідстилковий гній ВРХ; гній з-під свиней; курячий послід.

Статистична обробка результатів досліджень на втому полягає у визначенні функціональної залежності між величинами напружень (деформації) і числом циклів до руйнування.

Як правило, для отримання однієї експериментальної точки використовували 8...10 зразків. Результати досліджень (опір втоми) обробляли згідно положення ГОСТу 23207-78 методом статистичної обробки для 50%-ої ймовірності руйнування. Крім звичайної статистичної обробки експериментальних даних, для знаходження кореляційних залежностей між малоцикловою витривалістю сталі 20 і основними параметрами вибухового зміцнення проведена спеціальна математична обробка результатів.

Таблиця. Хімічний склад сталей, що досліджувалися

Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ti	Ni	Mo	Cu	S	P	
Ст 3	0,18	0,45	0,12	-	-	-	-	-	0,05	0,04	
20	0,15	0,59	0,21	0,03	-	0,04	-	0,04	0,029	0,007	
30	0,27	0,53	0,19	0,03	-	0,04	-	0,04	0,028	0,013	
35	0,32	0,70	0,28	0,13	-	0,15	-	0,19	0,040	0,030	
45	0,45	0,65	0,25	-	-	-	-	-	-	-	
30ХГСА	0,32	1,11	1,10	1,04	-	1,60	-	0,14	0,007	0,12	
65Г	0,68	0,98	0,3	-	-	-	-	-	0,010	0,018	
10ХСНД	0,09	0,64	0,86	0,63	-	0,65	-	0,42	0,016	0,009	
X18H10T	0,13	1,2	-	18,2	0,70	10,2	-	-	-	-	
45Г17Ю3	0,40- 0,50	16,0- 18,0	-	0,50	-	0,50	-	-	-	-	
65Г (Ti)	0,66	0,99	0,30	0,14	0,143	0,10	0,08	0,19	0,034	0,017	
65Г (без Ti)	0,67	0,98	0,25	0,10	0,002	0,12	0,07	0,19	0,030	0,011	
08Х17Н6Т	0,05	0,6	0,3	16,8	0,2	6,2	-	0,17	0,016	0,016	
Сплав МКС	2,33	2,59	2,35	0,69	-	18,8	-	0,38	0,0015	0,012	
Біметал	10ХГСНД	0,12	0,74	0,73	0,55	-	1,20	-	0,30	0,021	0,031
	X18H10T	0,08	1,16	0,29	17,45	0,55	9,86	-	-	0,01	0,027

Тому аналогічно до методики, щодо дії сипучих добрив, нами була проведена попередня корозія протягом шести місяців зразків сталі 45 в середовищах: напіврідкого гною, безпідстилкового ВРХ і свиней, підстилкового гною ВРХ, а також курячого посліду.

Результати проектування трибосистеми ковзання “вал вертикального розподільно-дозувального пристрою – втулка” подано у формі карти трибомеханічних даних (рис. 3).

Основні трибологічні процеси показані у вигляді схематичних діаграм для все складніших систем, тобто, з більшою кількістю взаємодіючих елементів.

За результатами структурно-енергетичного аналізу трибосистем ковзання сільськогосподарських машин, експлуатаційне змінення поверхневих шарів в процесі роботи машин можливе і практично здійсненне [6]. Як показують результати паспортизації спряжень ковзання машин після роботи в різноманітних середовищах, внаслідок оптимального поєднання трибоелементів та використання технологічних (забезпечення відповідної твердості, шорсткості, умов припрацювання тощо) і конструктивних чинників (швидкості

I. ТЕХНІЧНА ФУНКЦІЯ ТРИБОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ					
Аналіз тертя і зношування спряження: вал вертикаль.-дозувального пристрою – втулка					
II. РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ					
Тип руху: безперервне ковзання			Тривалість роботи: T = 2000 годин		
Навантаження: $P = f(T)$	Швидкість: $v = f(T)$		Температура: $t = f(T)$		
Навантаження 1600...2400 Н	$v = 1...2,6 \text{ м/с}^{-1}$		$t = 20...40^\circ\text{C}$		
Інші робочі матеріали: вид матеріалу – сталь 45, чистота обробки – $R_a = 0,63 \text{ мкм}$, завум СЧ-20, $R_a = 1,25 \text{ мкм}$					
III. СТРУКТУРА ТРИБОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ					
Властивості ТЕ		ТЕ-1	ТЕ-2	ТЕ-3	ТЕ-4
Поверхневі та об'ємні властивості	Позначення елемента і матеріал	Вал вертикальний – сталь 45	Втулка – СЧ-20	Солідол, напіврізка фракція тною	Випаригною і водн, пил
	Геометрія, розміри, обсяг	$\varnothing 125^{+0,025}$, $l=687 \text{ мм}$, $v=85875 \text{ мм}^3$	$\varnothing 125^{+0,025}$, $l=70 \text{ мм}$, $v=23121 \text{ мм}^3$		
	Хімічний склад	C - 0,42 - 0,48% Mn - 0,5 C, Ni - 0,25, Fe-решта	C - 4,0...4,4%, Mn - 0,8%, Fe-решта	Вуглеводні, солі кислот	SiO ₂
	Фізико-механічні дані: твердість, в'язкість тощо	HRC 60 $\sigma_s = 90...120 \text{ кг/см}^2$ $\sigma_T = 70...90 \text{ кг/см}^2$	HB = 200...220		
	Топографічні дані	$R_a = 0,63 \text{ мкм}$	$R_a = 1,25 \text{ мкм}$		
	Дані поверхневого шару	Гартувати СВЧ глибок. 1,2...1,6 мкм	Змащування періодичне		
Площа контакту повний слід зношування, E		A = 8750 мм ²	Трибологічні взаємодії		
		97% 100			
IV. ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ					
Зміна властивостей трибоелементів		Еквіз спряження		Залежність зношування від часу	
Зношування вала вертикального і втулки за рахунок тертя ковзання в абразивному і агресивному середовищі. Зміна властивостей і шорсткості поверхні.					

Рис. 3. Карта трибомеханічних даних спряження ковзання

взаємного переміщення, навантаження, температури, вібрації тощо), сприятливих для самоорганізації поверхневих шарів трибоелементів, може здійснюватися експлуатаційне зміцнення поверхонь ковзання в процесі роботи. Цим процесом можна керувати. Додавання до стандартних мастил оптимальної кількості поверхнево-активних та хімічно-активних присадок дозволяє значно підвищити ресурс роботи

трибосистем ковзання. За даних умов навантаження коефіцієнт експлуатаційного зміцнення для різних умов експлуатації може досягати 2,6...3,1 [6].

Однак, для найвідповідальніших трибосистем ковзання доцільно за рахунок незначних конструктивних змін, наприклад, встановлення додаткової вставки-аноду в ТЕ-1 або ТЕ-2 з відповідного матеріалу та додавання оптимальної кількості присадки, яка містить елементи, що здатні нарощуватися гальванічним натиранням поверхневих шарів в процесі експлуатації, створити умови для роботи, які б сприяли безвартатному функціонуванню трибосистеми ковзання, тобто швидкість нарощування поверхневого шару урівноважена з швидкістю зношування. В такому випадку ресурс машини може бути повністю керованим.

Як встановлено, швидкість корозії в курячому посліді в 2 рази вища, ніж в напіврідкому безпідстилковому гної ВРХ та свиней і складає відповідно 0,256 проти 0,145 і 0,149 (г/м² год). Швидкість корозії в підстилковому гної ВРХ була меншою – 0,069 (г/м² год). Як видно, з рис.4 довговічність зразків при деформації $\epsilon = 0,25\%$ після витримки в курячому посліді знизилася у 7,8 разів, в напіврідкому гної ВРХ в 4,3, в свинячому гної – в 3,5 і в безпідстилковому гної в 2,4 рази.

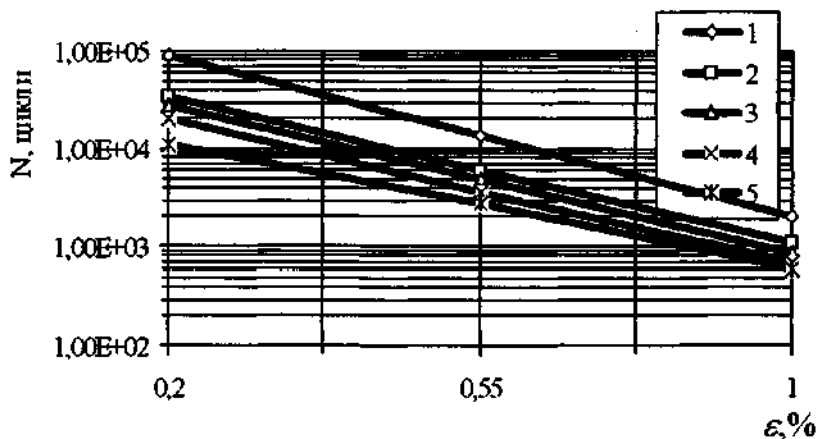


Рис.4. Криві малоциклової втоми після шестимісячного витримування зразків із сталі 35 в середовищі підстилкового ВРХ (2), напіврідкого безпідстилкового гною ВРХ (3), свиней (4) і курячого посліду (5), (1) – без попередньої корозії

Сильне зниження опору втомі викликане в основному пітингами, які утворилися на поверхні сталі при корозії [8]. Найбільш глибокі пітинги з різкими краями, що з точки зору концентрації напружень найбільш несприятливі, спостерігалися після витримки в курячому посліді. Глибина пітингів протягом року могла досягти від 0,5 до 0,8 мм. Вирішальне значення при виникненні пітингів має конкретна адсорбція між пасивуючою дією води і хлоридів, які присутні в складі екскрементів птиці.

Висновки:

1. Підбирання зносостійких трибоелементів за структурно-енергетичним показником та створення трибомеханічних систем ошадного ресурсу дозволяє суттєво підвищити ресурс машин.

2. Для виготовлення двосекційного розкидального шнека (спряження “вал-втулка”) рекомендується для вала сталь 45, а для втулки СЧ-20.

3. Вибрані матеріали використані в трибосистемі ковзання ошадного ресурсу забезпечують надійність роботи.

4. Підбирання зносостійких трибоелементів за структурно-енергетичним показником та створення трибомеханічних систем ошадного ресурсу також дозволяє суттєво підвищити ресурс.

Література

1. Ковтун Ю.І., Мазоренко Д.І., Пастухов В.І., Джолос П.А. Агрокваліметрія. – Харків: РВП “Оригінал”. – 2000. – 314 с.

2. Деклараційний патент України №50947А А01С3/06 заявка 2002094662 заявл. 21.09.2001 Шаблій М.Є., Висовень В.В. Ріш. прийн. 15.11.2002. Оpubл. бюл. № 11, 2002. – 3 с.

3. Деклараційний патент України №51387А А01С3/06 заявка 2002031915 заявл. 07.03.2002 Шаблій М.Є. Ріш. прийн. 15.11.2002. Оpubл. бюл. № 11, 2002. – 4 с.

4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч.3). Машини для приготування і внесення добрив. – Харків: Око, 2002. – 352 с.

5. В. Гайдучок, Б. Затхей, І. Кравець, Т. Пасічник. Моделювання енергостабілізації трибосистем. Вісник ЛДАУ. – Агроінженерні дослідження, №8. – Львів. – 2004. - С.334-340.

6. Гайдучок В.М. Експлуатаційне зміцнення поверхонь тертя ковзання в активному середовищі. – Львів: Видавничо-поліграфічний відділ Львівського ЦНТІ. – 1998. – 112 с.

7. Деклараційний патент України №36509А МК 7G01N 3/56 заявка 99127147 заявл. 28.12.1999 Гайдучок В.М. Ріш. прийм. 14.03.2001. Опубл. бюл. № 3, 2001. – 3 с.

8. Пистун И.П., Березовецкий А.П. Малоцикловая усталость стали 35 в среде органических удобрений // Защита металлов. – 1990. т. 26. – № 1. – С.137-138.

9. Письменов В.Н., Ключко В.Н., Кудрявцев Л.А. Коррозионная стойкость материалов в среде жидкого навоза и его испарений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1986. – № 12. – С.33-35.

10. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. – М.: Мир. – 1982. – 352 с.

11. Чуменко Н.К., Раскина Р.И., Бачурин В.Г. Низколегированные стали для разбрасывателей органических удобрений // Тракторы и с.-х. машины. – 1988. – № 10. – С.22-24.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс

УДК 621.86

© Б.М. Гевко, д.т.н.; О.Л. Ляшук, к.т.н.

Тернопільський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ КАНАТНОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС ЗАВАНТАЖЕННЯ

Запропоновано методику розрахунку лінійних коливань канатної системи завантаження. Виведено аналітичні залежності для визначення основних конструктивних і силових параметрів піднімально-транспортних машин, які характеризують, що частот коливань несучого канату, в які основному залежить від величини співвідношення f/l

КОЛИВАННЯ, КАНАТНА СИСТЕМА, КАРЕТКА, ЛЕБІДКА.

Постановка проблеми. Лінійні коливання канатної системи під час завантаження засобів механізації різних типів технологічних процесів залежить від правильного вибору і розрахунку цих механізмів, і визначається залежить їх експлуатаційна надійність і довговічність. Тому, питання розроблення програми і методики проведення досліджень є актуальним і має важливе значення.

Аналіз останніх досліджень. В роботах Іванченко В.К. [1], Н.М.Белої [2], Мартинців М.П. [3], Александров М.П. [4], Вайнсен А.А. [5], отримані основні залежності для визначення динамічних зусиль в тяговому і вантажопідіймальному канатах для найбільш небезпечних режимів роботи. Однак, при цьому не враховувалося ковзання канату на блоці, а вертикальні переміщення каретки на несучому канаті були прийняті незначними, що не впливають на зміну зусилля в тяговому канаті. Барабан лебідки був суміщений з блоком каретки і жорстко закріплений. Питанням розроблення програми і методики проведення дослідження завантаження кареток лебідок різних типів присвячено ряд робіт.

Робота виконувалася в рамках постанови Кабінету Міністрів України про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки "Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі" на 2006-2010 роки.

Мета досліджень. Метою роботи є розроблення програми і методики проведення досліджень завантаження каретки лебідки, дослідження залежності частоти і амплітуди коливань несучого і тягово-вантажопідіймальних канатів в залежності від конструктивних параметрів.

Результати досліджень. Розглянемо коливання системи під час завантаження каретки лебідки. Тоді розрахункову схему можна представити у виді.

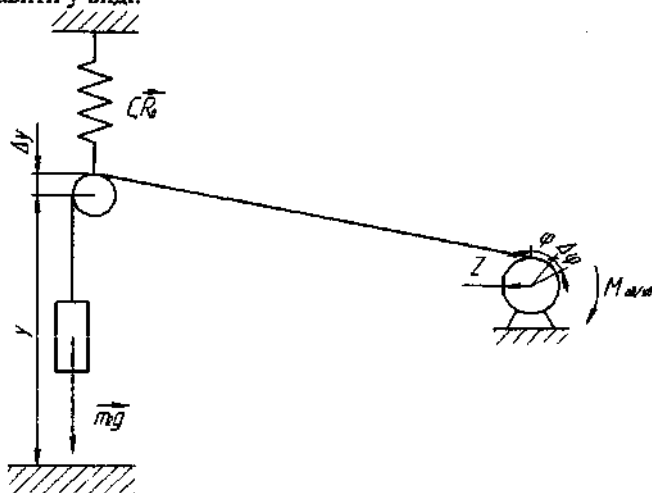


Рис. 1. Розрахункова схема завантаження каретки

Для такої системи рівняння завантаження будуть мати вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= Q_1; \\ \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial T}{\partial y} &= Q_2. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для дослідження узагальнені сили Q_1 і Q_2 , необхідно надати системі можливі належні переміщення [3].

При $\delta\varphi > 0$, $y = \text{const}$,

При $\delta y > 0$, $\varphi = \text{const}$,

$$\delta A_2 = (m_2 \cdot g - C_{\text{нат}} \cdot y) \cdot \delta y.$$

Отже,

$$\begin{aligned} Q_1 &= M_{\text{об}} - m_2 \cdot g \cdot \varphi; \\ Q_2 &= m_2 \cdot g - C_{\text{нат}} \cdot y, \end{aligned} \quad (2)$$

де m_1 - маса барабану; m_2 - маса вантажу; φ - радіус барабану;

$M_{\text{об}}$ - обертовий момент на барабані.

Кінетичну енергію системи можна визначити з рівності :

$$T = T_1 + T_2, \quad (3)$$

$$\text{де } T = \frac{1}{2} I_1 \cdot \dot{\varphi}^2; \quad T_2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2.$$

В даному випадку: $I_1 = m_1 \cdot \varphi^2$;

$$V_2 = \vec{V}_v + V_e \text{ і } V_2 = y - \varphi \cdot \dot{\varphi}. \quad (4)$$

Після підстановки значень T_1 і T_2 в рівняння (3) отримаємо:

$$T = \frac{1}{2} m_1 \cdot \varphi^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot \left(y - \varphi \cdot \dot{\varphi} \right)^2. \quad (5)$$

Звідси

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} &= m_1 \cdot \varphi^2 \cdot \dot{\varphi} - m_2 \cdot \varphi \cdot (y - \varphi \cdot \dot{\varphi}); \\ \frac{\partial T}{\partial y} &= m_2 \cdot (y - \varphi \cdot \dot{\varphi}). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{\partial T}{\partial y} = 0.$$

Підставляючи знайдені величин з цих залежностей в рівняння (1) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} (m_1 + m_2) \cdot \ddot{\varphi} - m_2 \cdot \ddot{y} &= \frac{M_{об}}{\varphi} - m_2 \cdot g; \\ -m_2 \cdot \ddot{\varphi} + m_2 \cdot \ddot{y} &= m_2 \cdot \ddot{y} = m_2 \cdot g - C_{кан} \cdot y. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Вилучивши з рівнянь (7) $\ddot{\varphi}$, отримаємо диференційне рівняння відносних коливань системи, які здійснюються з частотою K :

$$\ddot{y} + K^2 \cdot y = \frac{M_{об}}{m_1 \cdot \varphi} + g, \quad (8)$$

де $K = \sqrt{C_{кан} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}}$; $C_{кан}$ - жорсткість несучого канату Н/м;

K - частота вільних коливань системи, 1/с.

Абсолютний рух вантажу виконується за законом $S = y - \varphi$. Цей рух, як і обертання барабану супроводжується коливаннями з частотою K .

Загальний розв'язок рівняння (8) можна представити у вигляді:

$$y = y_1 + y_2, \quad (9)$$

$$\ddot{y}_1 + K^2 \cdot y_1 = 0; \quad y_1 = A \cdot \sin(kt + a), \quad (10)$$

A - амплітуда коливань, м; a - початкова фаза, град.

Якщо $M_{об} = const$, $B = \frac{M_{об}}{K^2 \cdot m_1 \cdot \varphi} + \frac{g}{K^2}$.

Загальний розв'язок прийме вигляд:

$$y = A \cdot \sin(kt + a) + \frac{M_{об}}{K^2 \cdot m_1 \cdot \varphi} + \frac{g}{K^2}. \quad (11)$$

Якщо обертовий момент змінюється за певним законом,

$$M_{об} = M \cdot \sin(pt), \text{ тоді}$$

$$y_2 = B \cdot \sin(pt) + D;$$

$$y_2 = B_p \cdot \cos pt;$$

$$\ddot{y}_2 = -B p^2 \cdot \sin pt;$$

$$-B p^2 \cdot \sin pt + K^2 D = \frac{M \cdot \sin pt}{m_1 \cdot \varphi} + g.$$

$$\text{Звідси } -B p^2 + K^2 B = \frac{M}{m_1 \cdot \varphi};$$

$$B = \frac{M}{m_1 \cdot \chi \cdot (K^2 - p^2)}. \quad (12)$$

$$K^2 D = g; \quad D = \frac{g}{K^2}.$$

Загальний розв'язок прийме вид

$$y = A \cdot \sin(kt + \alpha) + \frac{M}{m_1 \cdot \chi \cdot (K^2 - p^2)} \cdot \sin pt + \frac{g}{K^2}. \quad (13)$$

У випадку резонансу

$$\begin{aligned} y_2 &= B \cdot t \cdot \cos pt + D; \\ y_1 &= B \cdot \cos(pt) - B \cdot p \cdot t \cdot \sin pt; \\ \ddot{y}_2 &= -B \cdot p \cdot \sin pt - B \cdot p \cdot \sin pt - \\ &- B \cdot p^2 \cdot t \cdot \cos pt = -2B \cdot p \cdot \sin pt - p^2 \cdot B \cdot \cos pt; \end{aligned} \quad (14)$$

$$3 - C_{\text{сист}} = 30 \quad D = \frac{g}{K^2}.$$

Закон вимушених коливань при резонансі прийме вид

$$y_2 = -\frac{M}{m_1 \cdot \chi \cdot 2p} \cdot t \cdot \cos pt. \quad (15)$$

При заданих основних параметрах установки та режимі експлуатації можна обчислити частоти K та P , а також знайти логарифмічний декримент затухання n , після чого оптимізувати

функцію мети: $\alpha = \frac{2n}{K}$.

Наведемо часові залежності частоти і амплітуди коливань несучого і тягово-вантажопідіймального канатів для установки, схема якої показана на (рис.2). Аналіз системи рівнянь, отриманих з залежності, виконано методом Гауса за допомогою пакету програм «MATHEMATICA FOR WINDOWS».

Аналіз виконано для випадку: несучий канат ГОСТ 2688, $n=2,0$; $f_{\text{см/т}} = \frac{1}{20}$; тягово-вантажопідійманий канат ГОСТ 2688; $n=3,0$; $D_6=200$ мм; $V = 5$ м/с. На рис. 3 показано графічні залежності частоти коливань канатів від параметрів установки.

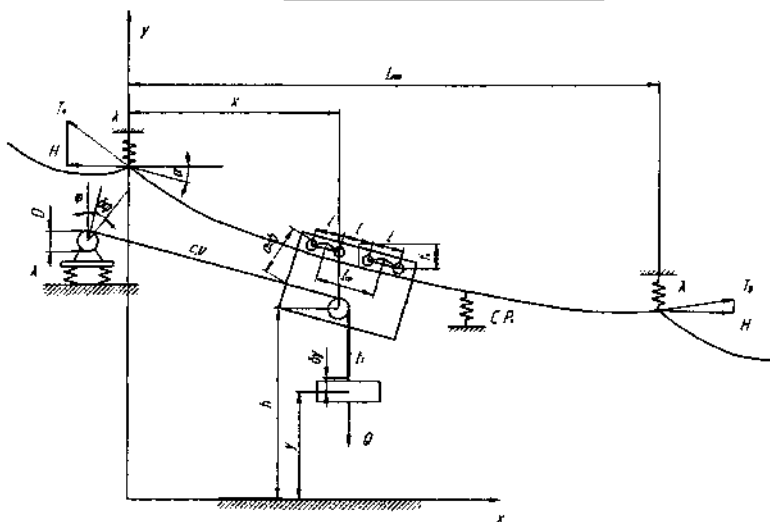
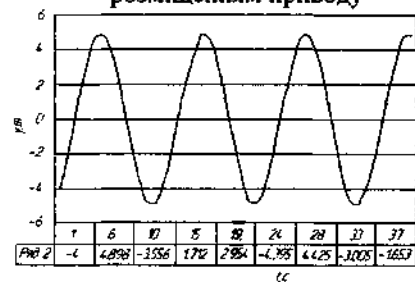
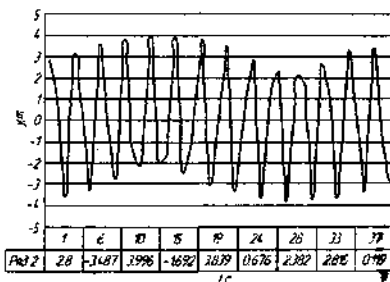


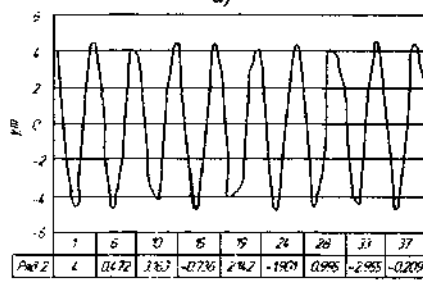
Рис. 2. Розрахункова схема багатопрольотної установки з верхнім розміщенням приводу



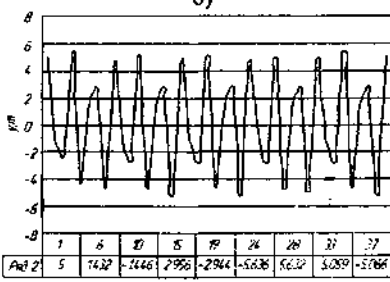
а)



б)



а)



б)

Рис 3. Часові залежності переміщень несучого канату при $Q = 16 \text{ кН}$; $\alpha = 20^\circ$; $z = 200 \text{ м}$

На основі отриманих графіків встановлено, що частота коливань несучого канату в основному залежить від величини співвідношення f/l . При постійному f/l зміна довжини прольоту установки практично не впливає на частоту коливань канату. При вибраних параметрах установки частоти коливань несучого і тягово-вантажного підйимального канатів не співпадають, тобто при таких умовах роботи установки явища резонансу не буде.

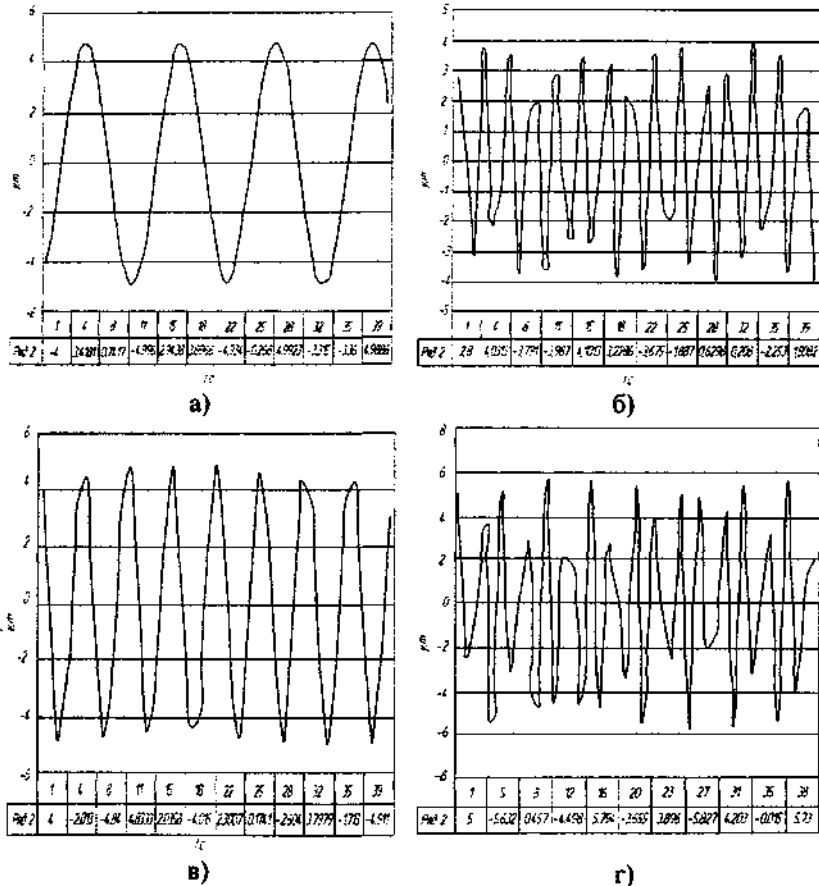


Рис. 4. Часові залежності переміщень несучого канату при $Q = 32 \text{ кН}$; $\alpha = 20^\circ$; $z = 200 \text{ м}$

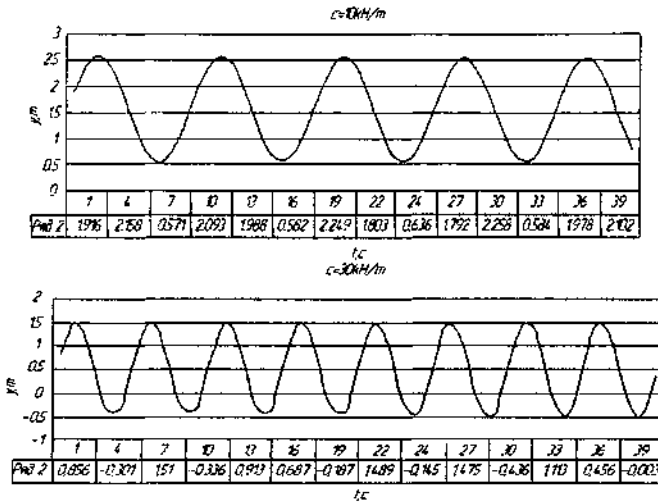


Рис. 5. Часові залежності переміщень тягово-вантажопідіймального канату при $m_b = 1600 \text{ кг}$; $\alpha = 20^\circ$

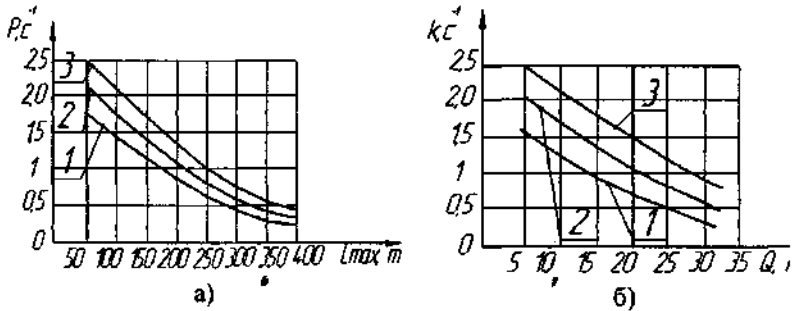


Рис. 6. Частота коливань канатів: а) несучого канату: 1- $Q = 8 \text{ кН}$; 2- $Q = 16 \text{ кН}$; 3- $Q = 32 \text{ кН}$; б) тягово-вантажопідіймального канату: 1- $C_{\text{сист}} = 10 \text{ кН/м}$; 2- $C_{\text{сист}} = 20 \text{ кН/м}$; 3- $C_{\text{сист}} = 30 \text{ кН/м}$.

Висновки:

1. Розроблена методика визначення сили натягу канату в залежності від конструкції установки.
2. Отримані графічні залежності та встановлено, що частота коливань несучого канату в основному залежить від величини співвідношення f/l . При постійному f/l зміна довжини прольоту установки практично не впливає на частоту коливань канату.

Література

1. Іванченко В.К. Піднімально-транспортні машини. - К. Вища школа. 1993.
2. Белая Н.М., Мартыниев М.П., Прохоренко А.Г. О влиянии двух эксплуатационных факторов на выносливость канатов подвесных лесотранспортных установок // Прочность и долговечность стальных канатов.-Киев:ВИНИТИ,1981. -С. 111-117.
3. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісо транспортних установок.-Київ:Ясмина,1996.-175с.
4. Александров М.П. Підйомно-транспортних машини. - М.: Высшая школа, 1995. - 574с.
5. Вайнсен А.А. Подйомно-транспортные машини. - М.: Машиностр., 1996. - 241с.
6. Декл. пат. на кор. модель №35276 Україна, МПК В65G 33/16 Стенд для дослідження характеристик гвинтових опор піднімально-транспортних лебідок / Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Колесник О.А.; заявник і власник патенту ТДТУ. - №u200804669, заявл. 11.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. №17.

УДК 631.17:631.147

© В.В. Грабовець

Луцький національний технічний університет

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДДІЛЕННЯ ВОЛОГИ З ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ У ГВИНТОВОМУ ПРЕСІ

У статті наведено теоретичний аналіз стиснення в'язкого середовища у гвинтовому пресі. Визначено вплив конструктивних параметрів та режимів роботи преса на відділення гравітаційної та слабозв'язаної вологи із сапропелю.

ВОЛОГА, САПРОПЕЛЬ, КАМЕРА, ГВИНТ, НАПРУЖЕННЯ.

Постановка проблеми. Сапропель – це продукт відкладень донних покладів прісноводних озер, які утворились в результаті біохімічних, мікробіологічних та фізико-механічних процесів із залишків, які заселяють водойму озера тваринних та рослинних організмів, а також приносних водою та вітром органічних та мінеральних речовин. За вмістом мікро- та макроелементів, особливо засвоєваних форм азоту, наявності фізіологічних активних речовин сапропель являється цінним органічним добривом [1].

Сапропель складається з мінеральної та органічної частин. Мінеральна утворюється в результаті випадання з водних розчинів елементів зольної частини біомаси, глини, піску і т.п. Органічна – в результаті анаеробного біохімічного розкладення біомаси з її наступним ресинтезом мікроорганізмів.

Мінеральна частина озерних сапропелів, являє собою основну складову сапропелевого добрива, яка містить такі елементи як: Co, Mn, Cu, B, Zn, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti. Сапропелеве добриво багате на вітаміни групи B (B1, B12, B3, B6), E, C, D, P, каратіноїдами, багатьма ферментами, наприклад каталазами, пероксидазами, реуктазами, протеазами [2].

Сапропелева галузь є перспективним напрямком зовнішньоторгівельних відносин з розвиненими країнами. У багатьох країнах спостерігається бурхливий розвиток у даному напрямку господарської діяльності. Так, тільки у Омській області Російської Федерації, станом на 2008 р виділено на добування і переробку сапропелю 19,8 млрд руб, місцеві підприємці з успіхом реалізують свої програми і не послішають від них відмовляться [3].

Основною проблемою, яка постає перед сапропелевою галуззю – висока природна вологість матеріалу, що ускладнює процес зневоднення. Природне зневоднення стає неефективним через тривалість процесу та зниження якісних показників. Тому, потрібно шукати шляхи зниження вологості матеріалу відразу після добування з водойми забезпечивши низькі енергозатрати процесу.

Аналіз останніх досліджень публікацій. Результати досліджень властивостей сапропелю вказують на те, що у сапропелях присутня гравітаційної та слабозв'язаної форми вологи, наявність таких форм вологи дозволяє їх видаляти з матеріалу механічним способом [4]. Відомо про можливість видалення такої вологи під час добування сапропелів [5], але тільки незначної її частини. Враховуючи специфічні властивості сапропелів, зневоднення механічним способом дозволить зменшити енергетичні затрати на зневоднення, а також дозволить зберегти якісні властивості на першому етапі механізованої технології.

Мета дослідження. Теоретично встановити значущість параметрів і режимів роботи гвинтового преса для рівномірного стискання в'язкого середовища з метою відділення вологи.

Результати досліджень. Наявність вільної вологи до 20% у озерних сапропелях дозволяє його розглядати згідно теорії консолідації, як двосистемне середовище, у якому видалення води буде відбуватись під час рівномірного стискання виключивши

перемішування у колоїдну масу. Допустимо, що деякий об'єм сапропелю піддають стиску. При цьому розділення двох систем твердої фази і рідини відбувається без зміни їх властивостей, тобто об'єми систем не змінюються. В загальному випадку взаємодія гвинтового ущільнювача з середовищем (сапропелем) може бути представлена схемою рис. 1.

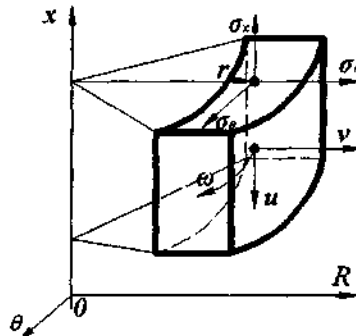


Рис. 1. Схема до аналізу переміщення сапропелю в гвинтовому пресі

В середовищі присутні швидкості руху u, v, ω у циліндричній системі координат $XR\theta$.

Швидкості переміщень середовища на поверхні контакту виражаються наступним чином:

$$u_0 = r \operatorname{tg} \alpha / \omega; \omega_0 = \psi \omega r; v_0 = 0 \quad (1)$$

де r - внутрішній радіус гвинта; α - кут нахилу гвинтової лінії; ψ - коефіцієнт тертя.

В циліндричній системі координат рівняння рівноваги середовища (сапропелю) має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{r \partial \theta} + \frac{\partial \tau_{rx}}{\partial x} + \rho K_r &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + 2 \frac{\tau_{r\theta}}{r} + \frac{\partial \sigma_\theta}{r \partial \theta} + \frac{\partial \tau_{x\theta}}{\partial x} + \rho K_\theta &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{rx}}{\partial r} + \frac{\tau_{rx}}{r} + \frac{\partial \tau_{x\theta}}{r \partial \theta} + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \rho K_x &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_x, \tau_{r\theta}, \tau_{rx}, \tau_{x\theta}$ - компоненти напружень у середовищі; K_r, K_θ, K_x - масові сили (M/c^2); ρ - густина сапропелю.

Зв'язок швидкостей переміщень з швидкостями деформації використавши рівняння Коші [6] має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\varepsilon}_r &= \frac{\partial v}{\partial r}; \\ \dot{\varepsilon}_\theta &= \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial \theta} + \frac{v}{r}; \\ \dot{\varepsilon}_x &= \frac{\partial u}{\partial x}; \\ \dot{\gamma}_{xr} &= \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r}; \\ \dot{\gamma}_{x\theta} &= \frac{\partial u}{r \partial \theta} + \frac{\partial \omega}{\partial x}; \\ \dot{\gamma}_{r\theta} &= \left(r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\omega}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де $\dot{\varepsilon}_r, \dot{\varepsilon}_\theta, \dot{\varepsilon}_x, \dot{\gamma}_{xr}, \dot{\gamma}_{x\theta}, \dot{\gamma}_{r\theta}$ - компоненти швидкостей та кутових деформацій.

Тоді швидкість об'ємної деформації:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial \omega}{r \partial \theta} + \frac{v}{r} = 3\dot{\varepsilon} \quad (4)$$

Приймаючи до уваги, що коефіцієнт Пуассона для сапропелю рівний $\nu \approx 0.5$, можна вирішити задачу деформацій і тисків, як для в'язкого середовища в гвинтовому пресі для визначення динамічних і кінематичних його параметрів. Рівняння зв'язку напружень зі швидкостями деформацій для в'язкого середовища [7] мають вигляд (випадок коли коефіцієнт Пуассона близький до $\nu \rightarrow 0.5$), що відповідає властивостям сапропелю:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= 3\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_r); \\ \sigma_r &= 3\mu \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_x); \\ \sigma_\theta &= 3\mu \left(\frac{\partial \omega}{r \partial \theta} + \frac{v}{r} \right) + \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_r); \\ \tau_{xr} &= \mu \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial x} \right); \\ \tau_{r\theta} &= \mu \left(\frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} - \frac{\omega}{r} \right); \\ \tau_{x\theta} &= \mu \left(\frac{\partial u}{r \partial \theta} + \frac{\partial \omega}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де μ - в'язкість середовища (Па·с).

Об'ємне напруження пов'язане з компонентами напружень наступним чином:

$$\sigma = \frac{\sigma_r + \sigma_\theta + \sigma_x}{3} \quad (6)$$

Звідки

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_\theta + \sigma_x) &= -3\sigma - \sigma_r; & (\sigma_\theta + \sigma_x) &= -3\sigma - \sigma_r; \\ (\sigma_r + \sigma_x) &= -3\sigma - \sigma_\theta \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

З врахуванням (5) вираз (7) набуває вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \sigma; \\ \sigma_r &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial r} - \sigma; \\ \sigma_\theta &= 2\mu \left(\frac{\partial \omega}{r \partial \theta} + \frac{v}{r} \right) + \sigma; \\ \tau_{rx} &= \mu \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial x} \right); \\ \tau_{r\theta} &= \mu \left(\frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} - \frac{\omega}{r} \right); \\ \tau_{x\theta} &= \mu \left(\frac{\partial u}{r \partial \theta} + \frac{\partial \omega}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Виразивши із (8) компоненти деформацій отримуємо фізичне рівняння зв'язку швидкостей деформацій з напруженнями (в'язкого стану середовища):

$$\left. \begin{aligned} \dot{\epsilon}_r &= \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{1}{3\mu} \left(\sigma_r - \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_x) \right); \\ \dot{\epsilon}_\theta &= \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial \theta} + \frac{v}{r} = \frac{1}{3\mu} \left(\sigma_\theta - \frac{1}{2}(\sigma_r + \sigma_x) \right); \\ \dot{\epsilon}_x &= \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{3\mu} \left(\sigma_x - \frac{1}{2}(\sigma_r + \sigma_\theta) \right); \\ \dot{\gamma}_{rx} &= \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} = \frac{1}{\mu} \tau_{rx}; \\ \dot{\gamma}_{r\theta} &= \frac{\partial u}{r \partial \theta} + \frac{\partial \omega}{\partial x} = \frac{1}{\mu} \tau_{x\theta}; \\ \dot{\gamma}_{x\theta} &= \left(r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\omega}{r} \right) + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial v}{\partial \theta} \right) \right) = \frac{1}{\mu} \tau_{r\theta}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Підставимо (8) в (9) і виразимо напруження через деформації, які входять в них, переміщеннями вздовж осей:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial r} - \sigma; \\ \sigma_\theta &= 2\mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial \theta} + \frac{v}{r} \right) - \sigma; \\ \sigma_x &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \sigma; \\ \tau_{rx} &= \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} \right); \\ \tau_{x\theta} &= \mu \left(\frac{\partial u}{r \partial \theta} + \frac{\partial \omega}{\partial x} \right); \\ \tau_{r\theta} &= \mu \left(r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\omega}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Рівняння нестискання середовища (для випадку чистої в'язкості):

$$\dot{\varepsilon}_x + \dot{\varepsilon}_\theta + \dot{\varepsilon}_r = 0. \quad (11)$$

Для випадку вязкопружності:

$$\frac{\varepsilon_x + \varepsilon_\theta + \varepsilon_r}{3} = \frac{\sigma}{K}, \quad (12)$$

де K – модуль об'ємної деформації.

Найважливішим показником, який буде забезпечувати умову відділення вологи із сапропелю приймаємо згідно [8] коефіцієнт інтенсивності напруження kin .

$$kin = \frac{\sigma}{\sqrt{\tau_{rx}^2 + \tau_{x\theta}^2 + \tau_{r\theta}^2}} \quad (13)$$

Саме цей коефіцієнт це відношення гідростатичного напруження до інтенсивності як середньоквадратичних зсувних напружень, а тому чим більший kin тим більша буде вологовіддача. Даний коефіцієнт буде визначальним при стисненні двосистемного середовища із збереженням каплярів для відділення вологи. Використавши програмне забезпечення *Mathematica 7.0*, підставивши необхідні значення величин отримуємо графічні інтерпретації (рис. 2) залежності коефіцієнта інтенсивності напруження від таких величин як радіус R , крок гвинта λ , кут підйому гвинтової лінії α та частоти обертання гвинта ω .

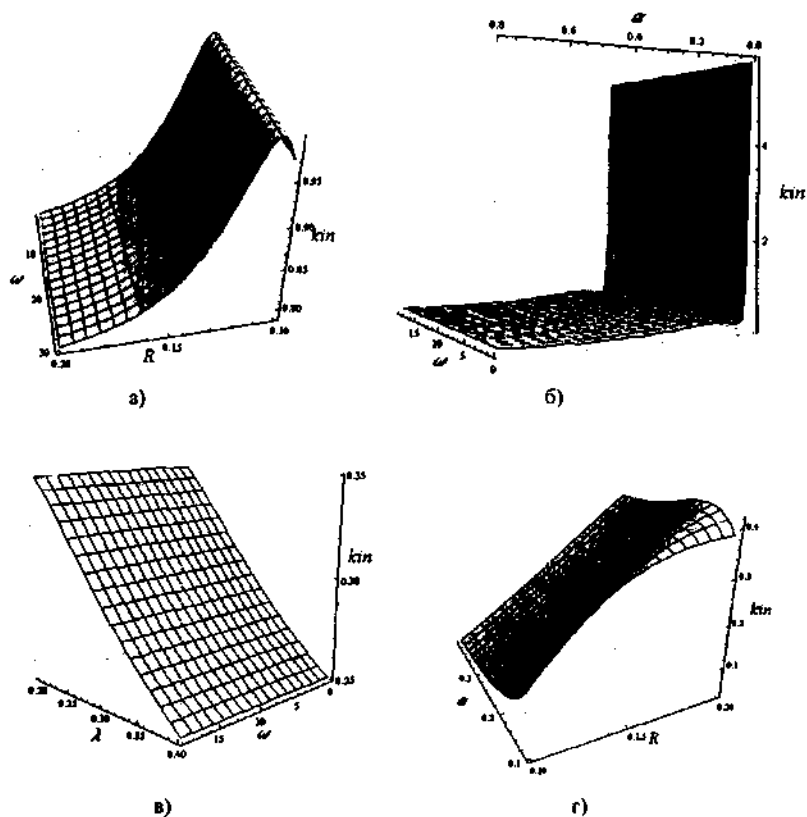


Рис. 2. Залежність коефіцієнта інтенсивності напруження k_{in} від а) радіуса гвинта та його частоти обертання; б) кута нахилу гвинтової лінії та частоти обертання гвинта; в) кроку гвинта та його частоти обертання; г) кута нахилу гвинтової лінії та радіуса гвинта

З рис. 2 видно, що частота обертання разом у конфігурації з геометричними параметрами гвинтового робочого органу суттєво не впливає на процес відділення слабозв'язаної вологи. Тому, теоретично встановлено, що визначальний вплив на зневоднення сапропелю будуть матимуть лише конструктивні параметри гвинтового робочого органу.

Висновок. Проведені теоретичні дослідження та розрахунок параметрів з використанням комп'ютерної техніки взаємодії гвинтової поверхні із сапропелем, дають можливість визначити геометричні параметри роботи пристрою для відділення вільної води в процесі зневоднення сапропелю за умови рівномірного стискання в'язкого середовища.

Література

1. Лопотко М.З. Озера и сапропель / Лопотко М.З. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 86с.
2. Смирнов А.В. Жизнь болот / Смирнов А.В. – М.: Колос, 1973. – 159 с.
3. Сапропелевые ресурсы Омской области: (Международная научно-практическая конф., Омск, 2008) [Электронный ресурс] / И.А. Вяткин // — 2008. — С 8. — Режим доступа до журн. : www.omsk.aris.Ru/bitrix/redirect.php.event/
4. Дідух В.Ф. Вологообмінні та термодинамічні властивості сапропелів / В.Ф. Дідух, Р.В. Луцик, В.В. Грабовець // Науковий вісник Національного аграрного університету [редкол.: Д.О.Мельничук (відп. ред) та ін]. – К., 2006. - Вип. 92. - Частина II. – С.56-60.
5. Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Шимчук Олександр Петрович. – Тернопіль, 2009. – 137 с.
6. Полянин А.Р. Справочник по линейных уравнениях математической физики / Полянин А.Р. – М.: ФИЗМАТИЗДАТ, 2001. – 576 с.
7. Надаи А. Пластичность и разрушения твердых тел / Надаи А.; [под ред. Г.С. Шапиро]. – М.: Мир, – 1969. – 864 с.
8. Новожилов В.В. Теория упругости / Новожилов В.В. – Л.: СУДПРОМГИЗ – 1958. – 366 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 621. 82

© В.Ф. Дідух, д.т.н.; С.Ф. Бабарика

Луцький національний технічний університет

О.Л. Ляшук к.т.н.; І.Б. Гевко, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАНЬ ШНЕКА РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ ДЛЯ РОЗКИДАННЯ ДОБРИВ

Приведено модель навантажень шнека робочого органу машини для внесення органічних добрив розташованого у вертикальній площині. Запропонована його розрахункова схема при навантаженні сапропелями. Представлено математичну модель коливань шнека для визначення амплітудно-частотних характеристик і оцінки можливості виникнення резонансу.

ШНЕК, ДОБРИВА, РОЗКИДАННЯ ДОБРИВ, КОЛИВАННЯ, МОДЕЛЬ, РЕЗОНАНС.

Постановка проблеми. Одним із перспективних напрямків відновлення родючості ґрунтів в державі є використання в якості органічних добрив сапропелів прісноводних озер, на які багата наша держава.

Для широкого використання значних запасів сапропелів необхідно удосконалювати відомі та створювати нові засоби механізації внесення сапропелів в ґрунт. Робочі органи таких машин отримують значні навантаження, які викликають у них вібраційні коливання, що передаються на МТА в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням добування і використання сапропелів присвячені праці цілого ряду вчених різних країн. Однак, ряд питань, пов'язаних з розробленням технологічних процесів, робочих органів і машин для поверхневого внесення нових, таких як сапропелі, органічних добрив з метою підвищення родючості ґрунтів досліджені недостатньо.

Запропоновані нові конструкції робочих органів машин для внесення органічних добрив вимагають тривалих випробувань [1,2]. Тому, створення математичних моделей в процесі досліджень допоможе вибрати правильні шляхи вдосконалення як робочих органів, так і машини в цілому.

Мета дослідження. Метою дослідження є пошук шляхів удосконалення конструкції машин і гвинтових робочих органів для розкидання сапропелів, як органічних добрив через створення математичних моделей.

Результати досліджень. У практиці проектування машин для сушільного розкидання твердих органічних добрив по полю, в тому числі сапропелів, у спеціалістів і вчених виникає головне питання щодо розміщення робочих органів гвинтових роторних розкидачів – в горизонтальному чи вертикальному положенні. Провідні фірми світу надають перевагу другому варіанту розміщення робочих елементів розкидаючих пристроїв, який при експлуатації є найбільш навантаженим.

Особливо в початковий момент часу роботи машини, коли добрив у кузові машини найбільше і серед нього знаходяться затверділі включення. При цьому гвинтові пристрої сприймають значні навантаження і визначають надійність роботи машини в цілому.

На величину напружень, що виникають в елементах шнеку робочого органу та їх зносостійкість значний вплив мають коливання. Коливання шнека спричинені зміною зусиль, що виникають при розкиданні добрив. Розрахункова схема шнеку робочого органу показана на рис. 1.

Для такої системи крутильні коливання впливають тільки на міцність стояка. В зв'язку з тим, що скручуючий момент прикладений до одного кінця, крутильний момент що виникає в поперечному перерізу стояка затухає в міру наближення до верхньої опори. Тому, вплив коливань, що виникають під час роботи шнека робочого органу може бути враховано коефіцієнтом динамічності при розрахунках на міцність та жорсткість [3, 4]. Для цього розглянемо поздовжні та поперечні коливання, які в значній мірі впливають, як на роботу самого стояка, так і на опорні поверхні до яких він кріпиться, а, отже, і на механізми машини в цілому.

Розглянемо коливання стояка шнека робочого органу розкидаючого пристрою, прийнявши, що їх поздовжні деформації не зв'язані з поперечними.

Рівняння поздовжніх коливань можна записати в наступному виді [5]:

$$V_i \cdot \frac{\partial^2 U_i}{\partial y_i^2} = \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} \quad (1)$$

де $i=1, 2, \dots, n$ – номери ділянок стояка; V_i – швидкість поширення пружної хвилі, $V_i = \frac{E}{\rho}$ (E і ρ – відповідно модуль пружності та середня щільність матеріалу); t – час. Вертикальні зусилля на кроці шнека зрівноважуються, тому граничні умови інтегрування рівняння (1) можна представити у виді наступних рівнянь:

$$\begin{cases}
 EA \frac{\partial U_1}{\partial y_1} \Big|_{y_1=0} - m_1 \frac{\partial^2 U_1(0,t)}{\partial t^2} - C_0 U_0(0,t) = 0; \\
 EA \frac{\partial U_1}{\partial y_1} \Big|_{y_1=h_1} + m_2 \frac{\partial^2 U_1(h_1,t)}{\partial t^2} - EA \frac{\partial U_2}{\partial y_2} \Big|_{y_2=0} = F_1; \\
 \dots \\
 EA \frac{\partial U_{(i-1)}}{\partial y_{(i-1)}} \Big|_{y_{(i-1)}=h_{(i-1)}} + m_i \frac{\partial^2 U_{(i-1)}(h_{(i-1)},t)}{\partial t^2} - EA \frac{\partial U_i}{\partial y_i} \Big|_{y_i=0} = F_{(i-1)}; \quad (2) \\
 EA \frac{\partial U_i}{\partial y_i} \Big|_{y_i=h_i} + m_{(i+1)} \frac{\partial^2 U_i(h_i,t)}{\partial t^2} - EA \frac{\partial U_{(i+1)}}{\partial y_{(i+1)}} \Big|_{y_{(i+1)}=0} = F_i; \\
 \dots \\
 EA \frac{\partial U_n}{\partial y_n} \Big|_{y_n=h_n} + m_n \frac{\partial^2 U_n(h_n,t)}{\partial t^2} = 0.
 \end{cases}$$

У процесі розрахунку вимушених коливань навантаження F_i визначаються виразом:

$$F_i = F_{yc} \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

де F_{yc} – горизонтальна складова від тиску добрив, що виникає під час роботи шнека (залежить від маси сапропелів та його густини, а також швидкості обертання шнеку і може бути знайдена відомими методами, що використовуються при розрахунку шнекових транспортерів [6]); ω – циклічна частота коливань.

Розв'язки рівняння (1) відповідають гармонійним коливанням і можуть бути записані в такому вигляді:

$$U_i = U_i(y_i) \cdot \sin \omega t; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Після підстановки значення переміщення з рівняння (4) в (1) отримаємо рівняння амплітудних функцій:

$$\frac{\partial^2 U_i}{\partial y_i^2} + \frac{\omega^2}{V_i^2} U_i = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Розв'язок рівняння (5), згідно методу початкових параметрів, можна подати в наступному виді:

$$Y_i(y_i) = R_i(y_i) \cdot Y_i(0), \quad (6)$$

де $Y_i(y_i) = U_i(y_i)$; $R_i(y_i) = \cos \frac{\omega}{V_i} \cdot y_i$; $\frac{\omega}{V_i} \cdot \sin \frac{\omega}{V_i} y_i$; $Y_i'(y_i) = U_i'(y_i)$;
 $R_i'(y_i) = \frac{V_i}{\omega} \cdot \sin \frac{\omega}{V_i} \cdot y_i$; $\cos \frac{\omega}{V_i} y_i$.

Ми представили математичну модель коливань шнека в загальному виді. Для визначення амплітудно-частотних характеристик і оцінки можливості виникнення резонансу необхідно розробити алгоритм числового розв'язання задачі.

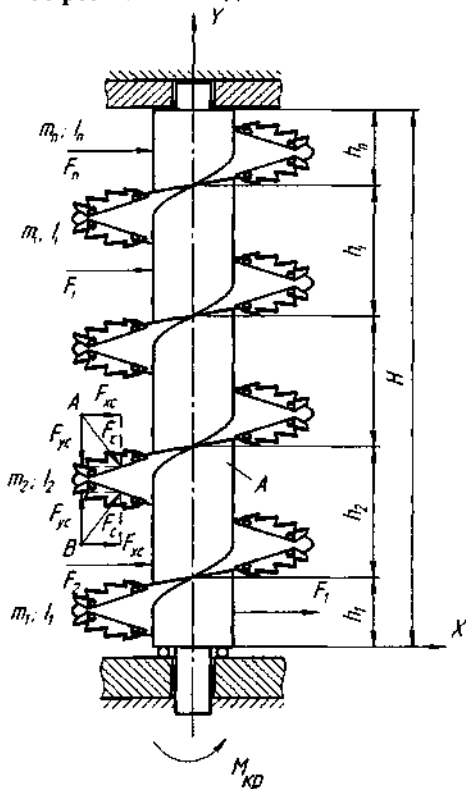


Рис. 1. Розрахункова схема шнека для розкидання сапропелів

Рівняння поперечних коливань шнека можна отримати, використавши теорію згинальних деформацій [5]:

$$\frac{\partial^4 \omega_i}{\partial \xi_i^4} + \frac{F_{xi} \cdot h_i}{EI_x} \cdot \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial \xi_i^2} + \frac{\mu_i \cdot h_i^4}{EI_x} \cdot \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial t^2} = 0; \quad (i=1, 2, \dots, n); \quad (7)$$

де I_x – осьовий момент інерції поперечного перерізу шнека; F_x – статичні сили що діють на стоек.

Значення поздовжніх і поперечних сил та згинальних моментів у перерізах ділянок стоек визначають залежностями, [4]:

$$N_i = \frac{E \cdot A \cdot \partial U_i}{h_i \cdot \partial \xi_i}; \quad Q_i = -\frac{E \cdot I_x \cdot \partial^3 \omega_i}{h_i^3 \cdot \partial \xi_i^3}; \quad M_i = \frac{E \cdot I_x \cdot \partial^2 \omega_i}{h_i^2 \cdot \partial \xi_i^2}; \quad (8)$$

$$N_i = N_0 \cdot \sin \omega_i t; \quad F_i = F_0 \cdot \sin \omega_i t; \quad M_i = M_0 \cdot \sin \omega_i t; \quad (9)$$

де N_0 ; F_0 ; M_0 – відповідно амплітудні значення вертикальної та горизонтальної сил і згинального моменту.

Розв'язок рівнянь (5), (7) відповідає гармонійним коливанням і може бути представлений наступними виразами:

$$U_i = U_i(\xi_i) \cdot \sin \omega t; \quad \omega_i = W_i(\xi_i) \cdot \sin \omega t; \quad (i=1, 2, \dots, n); \quad (10)$$

де $U_i(\xi_i)$; $W_i(\xi_i)$ – амплітудні функції поздовжніх і поперечних переміщень стоек.

З врахуванням залежностей (10) рівняння (5) можна представити в наступному виді:

$$\frac{\partial^2 U_i}{\partial \xi_i^2} + \frac{\omega^2}{V_i^2} \cdot U_i = 0; \quad (i=1, 2, \dots, n); \quad (11)$$

Розв'язок рівняння (11) можна отримати, скориставшись методом початкових параметрів у наступній формі:

$$X_i(\xi_i) = R_i(\xi_i) \cdot X_i(0), \quad (12)$$

Для заданих розмірів стоек і відомих зовнішніх зусиль рівняння амплітудних функцій для поперечних коливань можна записати в наступному виді:

$$\frac{d^4 W_i}{d \xi_i^4} + b_i^2 \frac{d^2 W_i}{d \xi_i^2} - C^4 W_i = 0; \quad (i=1, 2, \dots, n); \quad (13)$$

$$\text{де } b_i^2 = \frac{F_i}{EI_x}; \quad C_i^4 = \frac{\rho \cdot A \cdot \omega^2}{EI_x}.$$

Граничні умови інтегрування рівняння (7) можна записати аналогічно, як для поздовжніх коливань. Моделювання механічної коливної системи та визначення основних параметрів можна виконати за допомогою програмного забезпечення Solid-Works 2006 та Cosmos-Works 2006.

Висновок: представлено математичну модель коливань шнека для визначення робочого розкидаючого пристрою машини

поверхневого внесення добрив амплітудно-частотних характеристик і оцінки можливості виникнення резонансу.

Література

1. Патент України 40640 UA, МПК (2009) В 65G33/00. Машини для внесення сапропелів/ Гевко І.Б., Заїкін Н.Н., Бабарика С.Ф., Ляшук О.Л., Васильків В.В., Лясота В.М.; заявник і власник патенту ТДГУ. - Бюл. - № 8. - 2009.

2. Патент України 41207, МПК (2009) В 65 G33/00. Стенд для дослідження характеристик гвинтових вертикальних бітерних розкидачів/ Гевко І.Б., Бабарика С.Ф., Заїкін М.М., Ляшук О.Л. - Бюл. № 13. - 2009.

3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 734с.

4. Харченко Е.В. Динамические процессы буровых установок. – Львов: Свит, 1991. – 176с.

5. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Цивер И. Колебания в инженерном деле. - М.: Машиностроение, 1985. – 472с.

6. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчёт подъёмно-транспортных машин. – К.: Вища школа, 1988. – 424с.

УДК 633.521

© І.М. Дударев, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ

У статті проаналізовано технології збирання льону-довгунця, обґрунтовано доцільність їх застосування, що дозволить оптимізувати енергоємність та трудомісткість процесу збирання, а також підвищити якість сировини.

ЗБИРАННЯ, ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ВОЛОКНО, ТРЕСТА.

Постановка проблеми. Розширення сфери використання продуктів виробництва льону-довгунця вимагає пошуку нових технологічних та технічних рішень з метою спрощення та оптимізації традиційних технологій збирання цієї культури. Послідовність технологічних операцій має визначатися технологією первинної переробки та вимогами, що висуваються до сировини, необхідної для



виготовлення кінцевого продукту. За такого підходу, технологія збирання льону-довгунця для одержання високоякісного насінневого матеріалу відрізнятиметься від технологій збирання цієї культури для одержання довгого чи однотипного волокна. Крім того, технології збирання мають бути гнучкими, тобто передбачати за необхідності проведення додаткових технологічних операцій або іншої їх послідовності, щоб дозволило усунути вплив такого фактора як погодні умови, що є одним з визначальних при формуванні якісних показників сировини. Оптимізація технологій збирання льону-довгунця дозволить суттєво підвищити якісні показники сировини та забезпечити раціональне використання енергетичних та трудових ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковими установами різних країн розроблені технології збирання льону-довгунця, що передбачають різні технологічні операції та їх послідовність [1-5]. Поряд з тим, внаслідок появи нових, нетрадиційних технологій переробки продуктів льону-довгунця, виникає необхідність в додаткових дослідженнях для обґрунтування застосування тієї чи іншої технології збирання.

Мета дослідження – проаналізувати технології збирання льону-довгунця для їх оптимізації та обґрунтування послідовності технологічних операцій в залежності від подальшої переробки сировини та вимог, що ставляться до неї.

Результати дослідження. У світі спостерігається тенденція до зростання попиту на натуральні волокна, зокрема, одержані з льону-довгунця. Це пояснюється розширенням сфери застосування натуральних волокон внаслідок створення нових видів продукції на їх основі. Поряд з високим попитом на довге волокно льону-довгунця, зростає попит на коротке волокно з якого виготовляють неткані матеріали, що широко використовуються в багатьох галузях промисловості. Відходи виробництва льоноволокна також знайшли широке застосування. З лляної костриці виготовляють паливні брикети, добрива на основі торфу та матеріали, що використовуються в будівельній та меблевій промисловості. Насіння льону-довгунця використовується в харчовій, фармацевтичній, лакофарбовій та парфумерній галузях промисловості. Відходи переробки насіння – макуху та шрот, використовують в кормовиробництві.

Призначення посівів льону-довгунця визначає послідовність технологічних операцій під час збирання. Розглянемо послідовність операцій різних технологій збирання льону-довгунця. Снопову технологію збирання не розглядатимемо, оскільки вона

неперспективна внаслідок значних трудових та енергетичних затрат, а також характеризується великими втратами льонопродукції та залежністю від погодних умов.

У світі збирання льону-довгунця проводиться за чотирма технологіями: традиційною комбайною, роздільною, роздільною європейського типу та комбайною (рис. 1). Вибір технології збирання

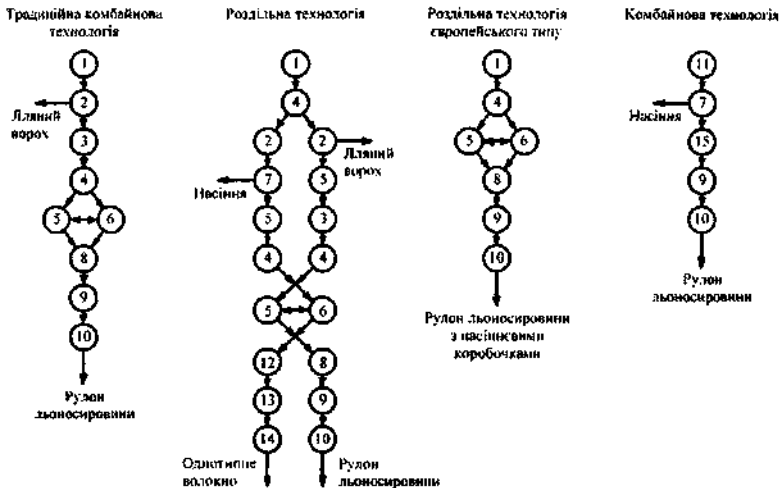


Рис. 1. Технології збирання льону-довгунця: а – традиційна комбайнова; б – роздільна; в – роздільна європейського типу; г – комбайнова (позначення технологічних операцій: 1 – брання льону-довгунця; 2 – обчісування насінневих коробочок; 3 – площення гузирів; 4 – розстилення стебел у стрічку; 5 – обертання стрічки; 6 – ворущіння стрічки; 7 – обмолочування насінневих коробочок; 8 – здвоювання стрічок; 9 – пресування льоносіровини в рулони; 10 – завантаження рулонів; 11 – скошування льону-довгунця; 12 – м'яття льоносіровини; 13 – тіпання льону-сірцю; 14 – трясіння продуктів тіпання; 15 – формування валків)

залежить від призначення посівів, строків проведення технологічних операцій та кліматичних умов зони, в якій вирощується льон-довгунець. Важливим при виборі технології збирання є врахування біологічних та технологічних особливостей льону-довгунця. Перші полягають у неодноточасному досяганні насінневих коробочок на одній і тій самій рослині, а другі – у тому, що волокно з найвищими якісними

показниками міститься у фізіологічно недостиглих рослинах. Розрізняють п'ять фаз стиглості льону: “зеленець”, зелена, рання жовта, жовта й повна. Збирання товарних посівів льону рекомендується проводити в фазі ранньої жовтої стиглості. Тривалість цієї фази 5...6 днів. У цьому випадку використовують роздільну чи роздільну європейського типу технології, за яких досягання насіння продовжується в стрічці. Традиційну комбайнову та комбайнову технології застосовують наприкінці фази ранньої жовтої стиглості та на початку жовтої стиглості, коли насіння є більш достиглим.

Найбільш поширеною технологією збирання льону-довгунця є традиційна комбайнова. Ця технологія дозволяє одержати льоносивовину для виробництва довгого та короткого волокна, а також насіння, що може використовуватися як посівний матеріал, так і на технічні цілі. Технологія передбачає, що льонокомбайном здійснюється брання льону, обчісування насінневих коробочок та розстилання льоносоломи у стрічку. Тривалість вилежування стрічки залежить від термінів збирання та погодних умов. Для рівномірного вилежування соломи товщина стрічки має бути в 1...3 стебла. При більшій товщині нижні шари стебел повільніше вилежуються та підгнивають. Для рівномірного вилежування солому на льонищі обертають.

Операцію обертання проводять один чи два рази. Перше обертання стрічок проводять на 8...12 добу після брання, а друге – проводять у випадку, якщо має місце неоднорідність трести у верхніх та нижніх шарах стрічки. Для покращення умов вилежування трести також комбінують обертання стрічок з їх ворущінням. Такий захід забезпечує рівномірність вилежування трести та усуває можливість її загнивання. Якщо ж стрічка сильно ущільнена, то в нижньому шарі підвищується вологість та погіршується повітрообмін. У такому випадку доцільно спочатку провести ворущіння стрічки, а через 5...7 днів обертання.

Перед підніманням трести здійснюється ворущіння або обертання стрічок. Це дозволяє підсушити тресту, відірвати стрічку від ґрунту та трави, якою вона проросла. Піднімання готової трести здійснюється рулонними прес-підбирачами. Для підвищення продуктивності рулонних прес-підбирачів перед підніманням трести проводять здвоювання стрічок.

Ляний ворох після обчісування переробляють на стаціонарних машинах. Неможливість тривалого збереження вологого ляного вороху і значні енергетичні затрати на його сепарацію та сушіння – основні недоліки традиційної комбайнової технології.

Одним із шляхів зменшення енерговитрат на сушіння лляного вороху є застосування роздільної технології збирання льону-довгунця. Ця технологія дозволяє розпочати збирання у фазі ранньої жовтої стиглості, коли волокно має найвищі якісні показники. Поряд із перевагами технологія має і низку недоліків: залежність від погодних умов; через знаходження насінневих коробочок на ґрунті в період дощів виникає небезпека зараження насіння хворобами; через багаторазове піднімання стрічки зростає її розтягнутість, що ускладнює роботу прес-підбирачів та збільшує пошкодження льоносировини.

Роздільна технологія збирання має декілька варіантів. Один з варіантів передбачає брання льону льонобралкою з розстиланням у стрічку для природного сушіння та досягання насіння в коробочках. Після цього застосовують підбирач-молотарку, яка підбирає стрічку, обчісує та обмолочує насінневі коробочки. Крім того, підбирач-молотарка обертає стрічку і вкладає на поле для вилежування. Інший варіант передбачає брання льону льонобралкою з розстиланням у стрічку. Після підсушування насінневих коробочок здійснюють підбирання, обчісування та обертання стрічки. В цьому варіанті передбачено також плющення гузирів для рівномірного вилежування трести. Лляний ворох переробляють на стаціонарі аналогічно до традиційної комбайнової технології.

Для покращення умов вилежування трести здійснюється однокі дворазове обертання стрічок або ж їх ворущіння. Далі роздільна технологія передбачає в залежності від призначення посівів дві послідовності технологічних операцій. Перша послідовність операцій передбачає одержання однотипного волокна на полі. Машини, що реалізують таку послідовність, обладнані м'яльною, тіпальною та трясильною частинами. Слід відзначити, що цей варіант роздільної технології знаходиться на стадії розробки. Друга послідовність операцій передбачає пресування льоносировини в рулони з подальшою її переробкою для одержання довгого та короткого волокна на льонозаводах.

Роздільна технологія європейського типу передбачає брання льону-довгунця льонобралками з розстиланням у стрічку для вилежування. Під час вилежування аналогічно до роздільної технології проводиться обертання та ворущіння стрічок. Після вилежування льонотреста в рулонах спрямовується на льонозаводи для промислової переробки. Ця технологія відрізняється від роздільної тим, що обчісування насінневих коробочок на полі не проводять, а здійснюють його під час розмотування рулонів на переробних підприємствах з

подальшим обмолотом та очищенням насіння. Застосовують цей спосіб, коли необхідно одержати волокно високої якості. Насіння отримане за цим варіантом придатне для використання на технічні цілі або в харчовій промисловості чи кормовиробництві.

У зв'язку з розширенням сфери застосування продуктів льону-довгунця, проводяться дослідження з розробки технології виробництва льоносировини без отримання довгого волокна, яка полягає в застосуванні аналога зернозбирального комбайна для скошування льону та обмолоту насіння. Після цього, підсушений в валках льон у вигляді соломи збирається в рулони та транспортується на переробне підприємство. Таку технологію рекомендується застосовувати на насінницьких посівах та на товарних ділянках, які вражені хворобами, посіви на яких зріздені чи довжина стебел не перевищує 50 см.

На практиці досить часто застосовують комбінування різних технологій збирання. Це дозволяє за рахунок зміщення строків збирання одержувати якісне насіння та волокно за оптимальних матеріальних та енергетичних витрат.

Зниження енерговитрат під час збирання льону-довгунця досягається шляхом використання двопотокових машин (льонобралок, льонокомбайнів, обертачів, рулонних прес-підбирачів), а також створення машин, які за один прохід здійснюють декілька технологічних операцій.

Для покращення умов вилежування льонотресту розміщують в стрічках на аераційних каналах (грунтових гребенях), що дозволяє скоротити процес вилежування трести на декілька днів за рахунок повітряної фільтрації. Нарізання гребенів відбувається спеціальним пристроєм, що встановлюють на обертачах стрічки.

Ще одним проблемним питанням технологій збирання льону-довгунця є переробка лляного вороху. Під час збирання його вологість може сягати 60...70%. Висока вологість рослинного матеріалу сприяє активізації мікроорганізмів, діяльність яких веде до його загнивання та погіршення якісних властивостей насіння. Крім того, для забезпечення обмолоту лляного вороху без травмування насіння, його вологість не має перевищувати 16...18%. Зниження вологості лляного вороху здійснюється шляхом сушіння. Особливістю вороху як об'єкта сушіння є те, що його складові мають різну початкову вологість, причому найвища вологість у стеблових складових. Саме це призводить до значних енерговитрат за існуючої технології переробки лляного вороху, оскільки вона передбачає сушіння несепарованого вороху. Для усунення недоліків існуючої технології переробки лляного вороху пропонується така послідовність технологічних операцій (рис.2). Для

більш ефективного використання енергетичного потенціалу сушильного агента доцільно перед сушінням проводити сепарацію вороху. У результаті сепарації необхідно відділити насінневі коробочки та вільне насіння від стеблових складових (баласту). Для скорочення тривалості сушіння насінневих коробочок рекомендується проводити їх деформацію шляхом плющення перед сушінням, що сприяє порушенню герметичності коробочок та покращує повітрообмін. Під час сепарації необхідно забезпечити розділення коробочок та насіння для окремого сушіння, оскільки швидкість сушіння насіння вища у порівнянні з коробочками, а тому при їх спільному сушінні насіння пересушується.

Після сушіння насінневі коробочки спрямовуються на обмолочування для виділення з них насіння льону. Вільне насіння після сушіння та насіння, одержане внаслідок обмолоту, подається на очищення та сортування. У результаті отримують кондиційне насіння. Стеблові складові вороху після основної сепарації проходять додаткову сепарацію, що передбачає більш жорсткі режими. В результаті з вороху відділяється насіння, яке може бути використане на технічні цілі.



Рис. 2. Послідовність операцій під час переробки льняного вороху

Висновки. Аналіз технологій збирання льону-довгунця показує, що при виборі технології або її варіанту необхідно враховувати призначення посівів та технологію подальшої переробки сировини. Крім того, послідовність технологічних операцій в значній мірі визначається природнокліматичними умовами. Врахування зазначених факторів дозволить оптимізувати енергетичні та трудові затрати на процес збирання льону-довгунця та забезпечити високі якісні показники сировини.

Література

1. Дідух В.Ф., Дударев І.М., Кірчук Р.В. Збирання та первинна переробка льону-довгунця: Монографія. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2008. – 215 с.
2. Гілязетдінов Р.Н., Жуплатова Л.М., Мохер Ю.В. Деякі особливості збирання льону-довгунця. – Інститут луб'яних культур УААН, 2006. – 15 с.
3. Голуб І.А. Льноводство Беларуси / І.А. Голуб, А.З. Чернушок; РУП “Ин-т льна Нац. акад. наук Беларуси”. – Борисов: Борисов. укрупн. тип. им. 1 Мая, 2009. – 245 с.
4. Гілязетдінов Р.Н. Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур. Дис....д-ра техн. наук: 05.18.01 / Інститут луб'яних культур УААН. – Глухів, 2009. – 329 с.
5. Дударев І.М., Голячук С.Є. Обґрунтування шляхів зниження енергосмності переробки льоновороху. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, №2 (120). – Луганськ, 2008. – С. 117-120.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 631.365:676.017.3

© І.М. Дударев, к.т.н.; М.П. Матвійчук
Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ КОСТРИЦІ ЛЬОНУ

У статті запропоновано конструкцію сушарки костриці льону. Представлено результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнта тертя спокою костриці льону.

СУШАРКА, ЛЬОН, ПЕЛЛЕТИ, КОСТРИЦЯ, ТЕРТЯ.

Постановка проблеми. Традиційно в якості палива використовують газ, мазут та вугілля. Ці види палива відносяться до невідновлюваних, їх запаси щороку зменшуються, а вартість зростає. Все це зумовлює пошук альтернативних видів екологічночистого палива з відновлюваних джерел енергії.

Альтернативним видом палива є брикети та пеллети з відходів рослинної сировини. Паливні брикети – це пресовані у вигляді плиток обрізки з дерева, торф, дрібні відходи, сміття з бурого чи кам'яного

вугілля, рослинні рештки. Довжина брикетів 100...300 мм, діаметр 25...75 мм. Пеллети – це паливні гранули циліндричної форми, що пресовані з висушених рослинних відходів. Їх виготовляються без хімічних закріплювачів під високим тиском. Довжина пеллетів складає 20...50 мм, діаметр 4...10 мм.

У якості сировини для виготовлення брикетів та пеллетів використовують відходи первинного оброблення лляної трости – кострицю. Костриця льону – це подрібнена деревина стебла льону. Виготовлення брикетів та пеллетів з костриці дозволяє вирішити проблему утилізації відходів та забезпечує додатковим прибутком льонопереробні підприємства. Вологість костриці льону, що використовується для брикетування, має становити 6...8%. Тому для одержання якісних брикетів необхідно забезпечити сушіння костриці, оскільки її початкова вологість більше 12%.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз досліджень та публікацій показав [1-3], що в якості сировини для виготовлення паливних брикетів та пеллетів використовуються рослинні відходи: солома, листя, стебла, плутанина та лушпиння різних культур. В залежності від виду сировини, що використовується, технологія виготовлення брикетів та пеллетів має свої особливості, зумовлені властивостями матеріалу. Врахування властивостей сировини під час розробки технологічного обладнання та обґрунтування раціональних режимів його роботи, дозволить знизити собівартість виготовлення твердого палива з рослинних решток. Оскільки використання рослинних відходів обмежене, тому їх фізико-механічні властивості залишаються малодослідженими. Саме тому, додаткові дослідження в цьому напрямку є актуальними.

Мета дослідження. Розробити конструкцію сушарки костриці льону та експериментально визначити коефіцієнт тертя спокою костриці льону.

Результати досліджень. Для сушіння костриці льону запропонована сушарка, що представлена на рис.1. Сушарка також може використовуватися для сушіння інших сипких та малосипких сільськогосподарських рослинних матеріалів. Сушарка містить сушильну камеру, що утворена корпусом. У верхній частині корпус закритий перфорованою кришкою, а до нижньої частини приєднані дифузори, які з'єднані через повітропровід з вентилятором та джерелом тепла. В середині корпусу вздовж сушильної камери одна над одною розміщені сушильні секції. Кінцева ділянка кожної попередньої секції розміщена над початковою ділянкою кожної наступної. Над початковою ділянкою верхньої секції передбачено отвір, над яким

встановлено завантажувальний бункер. Під кінцевою ділянкою нижньої сушильної секції передбачено вивантажувальний жолоб. Кожна сушильна секція утворена перфорованими вертикальними перегородками, що розміщені вздовж сушильної камери. Між вертикальними перегородками та вертикальними перегородками і корпусом вздовж сушильної камери горизонтально розміщені полицки з похилими гранями. До основи кожної полицки з двох країв нерухомо прикріплено шатуни, які призначені для приведення полицок в поступальний рух від двох колінчастих валів. Колінчасті вали однієї сушильної секції обертаються синхронно в одну сторону. Конструктивно забезпечено поступальний рух полицок, під час якого сусідні полицки однієї сушильної секції діаметрально протилежно розміщені, тобто якщо полицка рухається з верхньої мертвої точки до нижньої мертвої точки, то сусідня їй полицка одночасно рухається з нижньої мертвої точки до верхньої мертвої точки. Під час переміщення кожної полицки з верхньої мертвої точки до нижньої мертвої точки між сусідніми вертикальними перегородками та між вертикальними перегородками і корпусом утворюється сушильна комірка. Обертання колінчастих валів кожної наступної сушильної секції забезпечується в протилежному напрямку від напрямку обертання колінчастих валів попередньої сушильної секції.

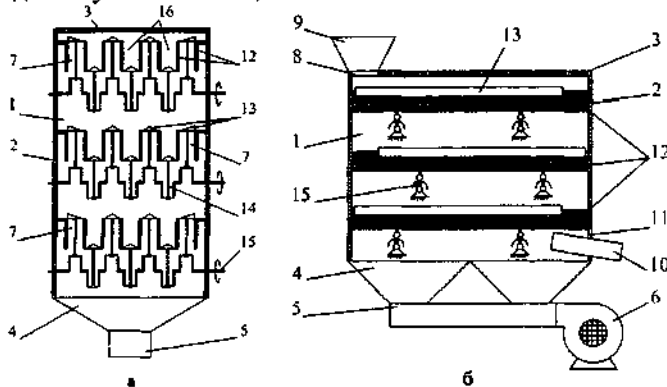


Рис 1. Сушарки костриці льону: а – поперечний переріз сушарки; б – поздовжній переріз сушарки (позначення: 1 – сушильна камера; 2 – корпус; 3 – перфорована кришка; 4 – дифузор; 5 – повітропровід; 6 – вентилятор; 7 – сушильна секція; 8 – отвір в перфорованій кришці; 9 – завантажувальний бункер; 10 – вивантажувальний жолоб; 11 – отвір в корпусі; 12 – вертикальні перегородки; 13 – полицки; 14 – шатун; 15 – колінчастий вал; 16 – сушильна комірка)

У процесі роботи сушарки матеріал з завантажувального бункера надходить в сушильну камеру, де опиняється на початковій ділянці верхньої сушильної секції. Внаслідок поступального руху полицок та їх форми матеріал з полицок, які переміщуються з нижньої мертвої точки в верхню мертву точку, пересипається в сушильні комірки, що утворюються під час переміщення сусідніх полицок з верхньої мертвої точки в нижню мертву точку, та водночас переміщується вздовж сушильної секції. Матеріал з сушильних комірок, в яких опинився, в результаті руху їх полицок з нижньої мертвої точки в верхню мертву точку пересипається в сусідні сушильні комірки, що утворюються внаслідок руху їх полицок з верхньої мертвої точки в нижню мертву точку. Під час пересипання з однієї утвореної сушильної комірки в іншу (сусідню) матеріал продовжує переміщуватися вздовж сушильної секції. З кінцевої ділянки верхньої сушильної секції матеріал пересипається на початкову ділянку наступної секції, якою здійснює аналогічний рух, тільки в протилежному напрямку. Таким чином, здійснюється переміщення матеріалу всіма сушильними секціями. З кінцевої ділянки нижньої сушильної секції матеріал пересипається в вивантажувальний жолоб, яким через отвір вивантажується з сушильної камери.

Під час переміщення матеріалу сушильними секціями відбувається його сушіння. Сушильний агент від джерела тепла через повітропровід та дифузори вентилятором подається в сушильну камеру під нижню сушильну секцію. Далі сушильний агент через вертикальні перегородки надходить до матеріалу, що розміщений в сушильних комірках, та підсушує його. Сушильний агент, пройшовши матеріал та рухаючись вгору, аналогічним чином проходить матеріал в сушильних комірках решти сушильних секцій. Відпрацьований сушильний агент виходить з сушильної камери через перфоровану кришку назовні. Застосування запропонованої конструкції сушарки дозволяє забезпечити постійне пересипання матеріалу вздовж сушильних секцій, що інтенсифікує процес сушіння та сприяє рівномірному сушінню матеріалу.

У сушарці кистриця льону переміщується гранями полицок. Серед основних фізико-механічних показників кистриці, що впливають на цей процес є коефіцієнт тертя спокою (статичний). За результатами досліджень з визначення коефіцієнту тертя спокою кистриці при різній вологості на різних поверхнях тертя побудовані графічні залежності, що представлені на рис.2. Дослідження проведені за методикою, що наводиться в [4].

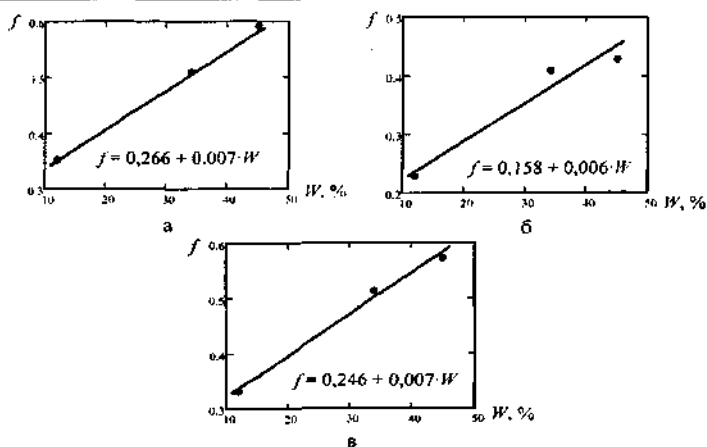


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тертя спокою f костриці льону від вологості W (поверхня тертя: а – дерево; б – сталь; в – пластмаса)

Результати досліджень вказують на те, що зі збільшенням вологості костриці льону-довгунця коефіцієнт тертя спокою (статичний) зростає. Значення коефіцієнту тертя спокою костриці по дереву більше, ніж по сталі, а по пластмасі більше, ніж по дереву.

Висновки. Запропонована конструкція сушарки забезпечує інтенсифікацію процесу сушіння костриці за рахунок постійного пересипання матеріалу, також досягається рівномірне його просушування. Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити залежність коефіцієнта тертя спокою костриці від вологості матеріалу та поверхні тертя.

Література

1. Брикетты из чистой костры льна без связующих компонентов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://waste.com.ua>
2. Производство топливных брикетов из растительных отходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bio-briquette.com>
3. Использование установки брикетирования УБО-2 для решения проблем утилизации растительных отходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.evrobriket.ru>
4. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. – 302 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 631.365:633.521

© І.М. Дударев, к.т.н., М.В. Мордик
Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У статті запропоновано конструкцію сушарки для сипких рослинних матеріалів, а також досліджено фізико-механічні властивості насіння льону олійного.

СУШАРКА, НАСІННЯ, ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ОБИЧАЙКА.

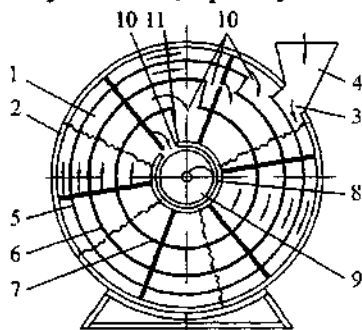
Постановка проблеми. В Україні спостерігається тенденція до зростання посівних площ льону олійного, що зумовлено попитом на його насіння у світі. До льону олійного відносяться льон-кудряш та льон-межеумок. У насінні льону-кудряша міститься 41...45% жиру, а в насінні льону-межеумку – 39...48% [1]. Стеблова частини межеумків містить 12...17% волокна, що може бути використане для виробництва текстильного волокна. Вміст волокна в стеблах кудряшів менший і воно придатне лише для виготовлення вати, паперу та пакувальних матеріалів. Ляна олія, яку одержують з насіння, має широкий спектр використання: лакофарбова, шкіряна, миловарна, харчова та фармацевтична галузі промисловості, а також кормовиробництво.

Збирання льону олійного проводять двома способами: роздільним та прямим комбайнуванням. Внаслідок несприятливих погодних умов вологість насіння може бути вищою за допустиме значення. Якщо вологість насіння вище 12%, то це призводить до погіршення його властивостей та втрати. Тому для його збереження необхідно проводити штучне сушіння, що є надзвичайно енергоємним процесом. Таким чином, актуальними є дослідження, що дозволять забезпечити зниження енергоємності процесу сушіння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі конструкції сушарок сипких рослинних матеріалів мають низький ступінь заповнення об'єму сушильної камери, що призводить до неефективного використання сушильного агента, зростання енергоємності процесу та металомісткості конструкції [2,3]. Крім цього, малодослідженими є фізико-механічні властивості насіння льону олійного. Тому виникає необхідність у розробці конструкції сушарки, яка б забезпечувала усунення зазначених недоліків існуючих сушарок, а також у додаткових дослідженнях з визначення фізико-механічних властивостей насіння льону олійного.

Мета дослідження. Мета дослідження полягає в розробці конструкції сушарки для сипких рослинних матеріалів, а також дослідженні фізико-механічних властивостей насіння льону олійного.

Результати досліджень. Для сушіння сипких рослинних матеріалів, зокрема насіння льону олійного, пропонується сушарка (рис.1), яка



— сипкий матеріал ~~~~~ сушильний агент

Рис. 1. Сушарка сипких рослинних матеріалів (протитечія): 1—сушильна камера; 2—корпус; 3—завантажувальне вікно; 4—бункер; 5, 6, 7—перфоровані циліндричні обичайки; 8—циліндрична вставка; 9—шнек; 10—перевантажувальні вікна; 11—запобіжні заслінки

містить сушильну камеру, що утворена корпусом з двох горизонтально розміщених циліндричних обичайок з порожниною між ними. Внутрішня обичайка корпусу виконана перфорованою. У верхній частині корпусу обладнано завантажувальним вікном з бункером. Всередині корпусу коаксіально розміщені перфоровані циліндричні обичайки різного діаметра. Всередині обичайки з найменшим діаметром розміщена циліндрична вставка, що виконана з двох обичайок з порожниною між ними, причому зовнішня обичайка виконана перфорованою. У свою чергу, всередині циліндричної вставки розміщений вивантажувальний шнек. Простір між циліндричними обичайками, а також ними і корпусом та циліндричною вставкою утворює багатосекційну сушильну камеру (секції в перерізі мають форму кільця). Циліндрична вставка та обичайки у верхній частині обладнані перевантажувальними вікнами, які є зміщеними одне відносно іншого. Під завантажувальним вікном та перевантажувальними вікнами передбачені запобіжні заслінки, що усувають можливість пересипання сипкого матеріалу через одну секцію вниз. В межах кожної секції сушильної камери передбачені лопаті, які приєднані до диска, що виконаний з можливістю обертання.

З обох торців до корпусу кріпляться кришки з отворами під патрубки, приводний вал та вивантажувальний шнек.

Під час роботи сушарки сипкий матеріал з бункера надходить в периферійну (зовнішню) секцію сушильної камери. В цій секції між сусідніми лопатями формується порція сипкого матеріалу, яка переміщується ними секцією до перевантажувального вікна в наступну секцію. Далі процес повторюється в усіх наступних секціях. Досягнувши перевантажувального вікна в циліндричній вставці (тобто пройшовши останню секцію), сипкий матеріал надходить в робочий простір вивантажувального шнека, яким вивантажується з сушарки.

Під час переміщення сипкого матеріалу сушильною камерою відбувається його сушіння. Конструкція сушарки дозволяє реалізувати сушіння в два способи: з елементами принципу протитечії та з елементами принципу прямогоку. У випадку протитечії сушильний агент підводиться через патрубок в порожнину циліндричної вставки, звідки через її зовнішню обичайку, що перфорована, підводиться до сипкого матеріалу в сушильній камері. Сушильний агент, проходячи через сипкий матеріал всіх секцій від центра до периферії в радіальному напрямку, підсушує його та відводиться через внутрішню обичайку корпусу в його порожнину звідки через патрубок назовні.

У випадку прямогоку рух сушильного агента забезпечується від периферії до центра сушильної камери таким чином. Сушильний агент через патрубок надходить в порожнину корпусу, звідки підводиться через внутрішню обичайку корпусу до сипкого матеріалу. Проходячи всі секції від периферії до центра в радіальному напрямку, сушильний агент підсушує сипкий матеріал та відводиться в порожнину циліндричної вставки, звідки через патрубок виводиться назовні.

Запропонована конструкція сушарки дозволяє збільшити ступінь використання об'єму сушильної камери, а, відповідно, підвищити продуктивність машини та знизити енергоємність процесу сушіння.

У процесі сушіння відбувається переміщення матеріалу (насіння) елементами конструкції сушарки. Тому важливим є дослідження фізико-механічних властивостей насіння, що дозволить врахувати властивості матеріалу під час обґрунтування параметрів сушарки. Для дослідження руху матеріалу сушаркою важливими є його фрикційні властивості. Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнта тертя спокою насіння льону олійного за різної вологості на різних поверхнях представлені на рис.2. Дослідження проведені за методикою, що наводиться в [4].

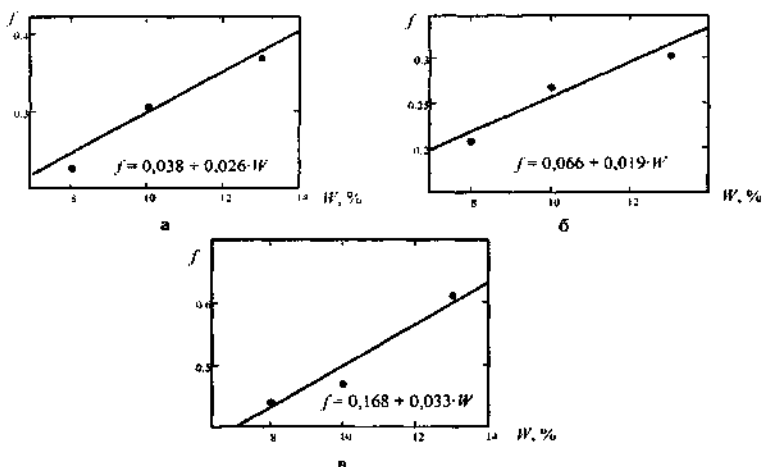


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тертя спокою f насіння льону олійного від вологості W (поверхня тертя: а – дерево; б – сталь; в – пластмаса)

Аналіз дослідних даних дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням вологості насіння льону олійного коефіцієнт тертя спокою (статичний) зростає. Значення коефіцієнту тертя спокою насіння по дереву більше, ніж по сталі, а по пластмасі більше, ніж по дереву.

Висновки. В результаті досліджень запропонована сушарка сипких рослинних матеріалів, що забезпечує сушіння з елементами принципу протитечії та з елементами принципу прямогоку. Конструкція сушарки дозволяє збільшити ступінь заповнення сушильної камери, а, відповідно, підвищити її продуктивність. У результаті експериментальних досліджень одержані значення коефіцієнтів тертя спокою насіння льону олійного по різних поверхнях та за різної вологості.

Література

1. Соловьев А.Я. Льноводство. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
2. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
3. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств / Под ред. Соколова А.Я. – М.: Машиностроение, 1969. – 638с.

4. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів.
– Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. – 302 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 539.3

© Н.В. Здолбіцька; М.В. Делявський, д.т.н.
Луцький національний технічний університет

МАТРИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПЛИТ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ ВІНКЛЕРА

Запропоновано підхід до розрахунку напружено-деформованого стану ортотропних плит на пружній основі Вінклера. Метод базується на точному розв'язку диференціального рівняння згину тонких ортотропних плит на такій основі. Граничні умови задовольняються методом колокацій.

МЕТОД, ПЛИТА, ЗГИН, ВІНКЛЕР, МЕТОД КОЛОКАЦІЙ.

Постановка проблеми. У роботі запропоновано матричний метод розв'язку задачі про поперечний згин тонкої ортотропної плити на пружній основі Вінклера. Отримані числові результати в системі Maple для різних умов на контурі плити. Побудовано графіки розв'язків базових диференціальних рівнянь. Даний алгоритм є стійким щодо вибору точок колокацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розв'язок цієї задачі для круглої пластинки було представлено у вигляді степеневих рядів чи функцій Бесселя [1]. А.Т.Василенко розв'язує клас задач про згин еліптичної анізотропної плити у вигляді степеневих рядів [2]. Великанов П.Г. запропонував метод непрямих граничних елементів (МНГЕ) для ізотропних пластин на складній двопараметричній пружній основі [3].

Метою досліджень є розробка матричного методу розрахунку ортотропних плит на пружній основі Вінклера.

Результати досліджень. Основне рівняння згину тонкої ортотропної плити на пружній основі Вінклера має вигляд [4]:

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} + K w = q, \quad (1)$$

де D_y – жорсткості плити на згин і кручення; q – навантаження прикладене до верхньої сторони плити; K_0 – коефіцієнт жорсткості основи.

Прогин плити представлено у вигляді [4,5]:

$$w(x_1, x_2) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} W_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} W_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} W_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} W_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} W_{mn}^*(x_1, x_2), \quad (2)$$

де функції $W_{jk}^{[j]}(x_1, x_2)$, $W_{(\nu+4)k}^{[j]}(x_1, x_2)$ за аналогією з методом скінчених елементів названо координатними функціями прогину плити, а W_{mn}^* відповідно функціями навантаження плити відносно прогину.

Тангенціальні переміщення:

$$u_1(x_1, x_2) = -x_3 \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} U_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} U_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} U_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} U_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} - x_3 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} U_{mn}^*(x_1, x_2), \quad (3)$$

$$u_2(x_1, x_2) = -x_3 \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} V_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} V_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} V_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} V_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} - x_3 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} V_{mn}^*(x_1, x_2). \quad (4)$$

Згинальні моменти:

$$M_{11}(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} X_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} X_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} X_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} X_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} X_{mn}^*(x_1, x_2), \quad (5)$$

$$M_{22}(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} Y_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} Y_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} Y_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} Y_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} Y_{mn}^*(x_1, x_2). \quad (6)$$

Крутильний момент:

$$M_{12}(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \{R_{(\nu)2k}^{[1]} Z_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} Z_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)2k}^{[2]} Z_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} Z_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2)\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} Z_{mn}^*(x_1, x_2).$$

$$+ R_{(\nu)2k}^{[2]} Z_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} Z_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2) \Big\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} Z_{mn}^*(x_1, x_2). \quad (7)$$

Поперечні сили:

$$Q_1(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \left\{ R_{(\nu)2k}^{[1]} T_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} T_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + \right. \\ \left. + R_{(\nu)2k}^{[2]} T_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} T_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2) \right\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} T_{mn}^*(x_1, x_2), \quad (8)$$

$$Q_2(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \left\{ R_{(\nu)2k}^{[1]} G_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} G_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + \right. \\ \left. + R_{(\nu)2k}^{[2]} G_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + G_{(\nu)jk}^{[2]} T_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2) \right\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} G_{mn}^*(x_1, x_2). \quad (9)$$

Узагальнені поперечні сили:

$$V_1(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \left\{ R_{(\nu)2k}^{[1]} J_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} J_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + \right. \\ \left. + R_{(\nu)2k}^{[2]} J_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} J_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2) \right\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} J_{mn}^*(x_1, x_2), \quad (10)$$

$$V_2(x_1, x_2) = - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{\nu=1}^4 \left\{ R_{(\nu)2k}^{[1]} H_{(\nu)2k}^{[1]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[1]} H_{(\nu)jk}^{[1]}(x_1, x_2) + \right. \\ \left. + R_{(\nu)2k}^{[2]} H_{(\nu)2k}^{[2]}(x_1, x_2) + R_{(\nu)jk}^{[2]} H_{(\nu)jk}^{[2]}(x_1, x_2) \right\} - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} H_{mn}^*(x_1, x_2). \quad (11)$$

Сенс введених функцій такий самий як для прогину. З метою ефективного використання отриманого розв'язку представляємо його у матричні форми. Для цього у формулі (2) вводимо позначення.

$$W_{(\nu)2k}^{[1]} = W_{\nu k}, \quad \nu = 1 \div 4; \quad (12)$$

$$W_{(\nu)jk}^{[1]} = W_{\nu k}, \quad \nu = 5 \div 8; \quad (13)$$

$$W_{(\nu)2k}^{[2]} = W_{\nu k}, \quad \nu = 9 \div 12; \quad (14)$$

$$W_{(\nu)2k}^{[2]} = W_{\nu k}, \quad \nu = 13 \div 16. \quad (15)$$

Аналогічно

$$R_{(\nu)2k}^{[1]} = R_{\nu k}, \quad \nu = 1 \div 4; \quad (16)$$

$$R_{(\nu)jk}^{[1]} = R_{\nu k}, \quad \nu = 5 \div 8; \quad (17)$$

$$R_{(\nu)2k}^{[2]} = R_{\nu k}, \quad \nu = 9 \div 12; \quad (18)$$

$$R_{(v)}^{[2]} = R_{vk}, \quad v = 13 \div 16. \quad (19)$$

Позначивши

$$\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} W_{mn}^* (x_1, x_2) = W^*, \quad (20)$$

тоді згідно (12)-(19) прогин запишеться

$$w(x_1, x_2) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{v=1}^{16} W_{vk} (x_1, x_2) R_{vk} + W^*. \quad (21)$$

Ввівши однорядкову матрицю з координатних функцій

$$[W_{vk}] = [W_{1k}, W_{2k}, \dots, W_{16k}] \text{ і}$$

$$\{R_{vk}\} = \left\{ \begin{array}{c} R_{1k} \\ R_{2k} \\ \dots \\ R_{16k} \end{array} \right\} \text{ – вектор рядок з невідомих параметрів,}$$

суму $\sum_{v=1}^{16} W_{vk} (x_1, x_2) R_{vk}$ замінімо на

$$\sum_{v=1}^{16} W_{vk} (x_1, x_2) R_{vk} = [W_k] \{R_k\}. \quad (22)$$

Вводимо гіперматрицю і гіпервектор невідомих.

$[[W]] = [[W_1], [W_2], \dots, [W_k], \dots]$ – матриця, елементами якої є матриці $[W_{vk}]$ і вектори

$$\{\{R_v\}\} = \left\{ \begin{array}{c} \{R_1\} \\ \{R_2\} \\ \dots \\ \{R_k\} \\ \dots \end{array} \right\}, \text{ де } k = \overline{1, \infty}.$$

Остаточно враховуючи (22) прогин подаємо в матричній формі

$$w(x_1, x_2) = [[W]] \{\{R\}\} + W^*. \quad (23)$$

Подібно записуються вирази (3)-(11) для переміщень, моментів і поперечних сил:

$$u_1 = [[U]] \{\{R\}\} + U^*, \quad u_2 = [[V]] \{\{R\}\} + V^*, \quad (24)$$

$$M_{11} = [[X]] \{\{R\}\} + X^*, \quad M_{22} = [[Y]] \{\{R\}\} + Y^*, \quad (25)$$

$$M_{12} = [[Z]] \{\{R\}\} + Z^*, \quad (26)$$

$$Q_1 = \llbracket T \rrbracket \{\{R\}\} + T^*, Q_2 = \llbracket G \rrbracket \{\{R\}\} + G^*, \quad (27)$$

$$V_1 = \llbracket J \rrbracket \{\{R\}\} + J^*, V_2 = \llbracket H \rrbracket \{\{R\}\} + H^*. \quad (28)$$

Для кожної з цих величин вводяться власні координатні матриці і вільні частини:

- для тангенціальних переміщень $\llbracket U \rrbracket, \llbracket V \rrbracket, U^*, V^*$;
- для згинальних моментів $\llbracket X \rrbracket, \llbracket Y \rrbracket, X^*, Y^*$;
- для крутильних моментів $\llbracket Z \rrbracket, Z^*$;
- для поперечних сил $\llbracket T \rrbracket, \llbracket G \rrbracket, T^*, G^*$;
- узагальнені поперечні сили $\llbracket J \rrbracket, \llbracket H \rrbracket, J^*, H^*$.

Сукупність виразів (23)-(28) утворюють математичну модель тонкої ортотропної плити на пружній основі Вінклера.

Розглянемо конкретний приклад: плита два протилежних краї якої вільно обіперті, а два інших вільні (рис. 1).

Розглянемо прямокутну залізобетонну плиту з розмірами $2a_1 = 8m, 2a_2 = 6m$ і товщиною $h = 0.3m$ під сталим навантаженням $q = 1.96 \cdot 10^3 N/m^2$. В обчисленнях залізобетонна плита замінена однорідною ортотропною плитою з усередненими модулями пружності, які визначаються на підставі формул запропонованих Губером [6]. До розрахунків вибрано такі значення жорсткостей плити:

$$D_{11} = 3.13 \cdot 10^8 N/m^2; D_{22} = 6.19 \cdot 10^7 N/m^2;$$

$$D_{12} = 4.39 \cdot 10^7 N/m^2; D_{66} = 3.37 \cdot 10^7 N/m^2;$$

$$K_0 = 5.88 \cdot 10^7 N/m^3.$$

Граничні умови на краях плити задовольняються методом колокацій, тобто лише в окремо точках краю плити $x_1 = \pm a_1$ та $x_2 = \pm a_2$, вибраних за формулою [5]:

$$x_k = \frac{a_j}{2K_*} + \frac{a_j}{K_*} (k^* - 1), \quad (29)$$

де K_* – кількість точок колокації; k^* – номер точки колокації на відрізьку $a_j, j = 1, 2$.

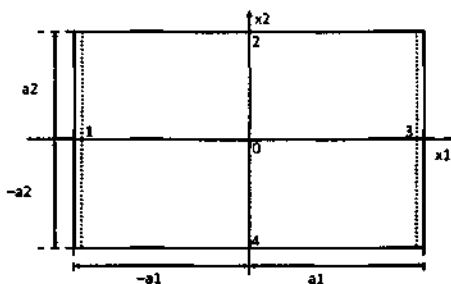


Рис. 1. Схема плити

Розпишемо умови на кожному краю плити:

а) на стороні 1 ($x_1 = -a_1, -a_2 \leq x_2 \leq a_2$):

$$w(x_1, x_2) \Big|_{x_1 = -a_1} = \llbracket W \rrbracket \Big|_{x_1 = -a_1} \{ \{ R \} \} + W^* \Big|_{x_1 = -a_1} = 0,$$

$$M_{11}(x_1, x_2) \Big|_{x_1 = -a_1} = \llbracket X \rrbracket \Big|_{x_1 = -a_1} \{ \{ R \} \} + X^* \Big|_{x_1 = -a_1} = 0;$$

б) на стороні 2 ($x_2 = a_2, -a_1 \leq x_1 \leq a_1$):

$$M_{22}(x_1, x_2) \Big|_{x_2 = a_2} = \llbracket Y \rrbracket \Big|_{x_2 = a_2} \{ \{ R \} \} + Y^* \Big|_{x_2 = a_2} = 0,$$

$$V_2(x_1, x_2) \Big|_{x_2 = a_2} = \llbracket H \rrbracket \Big|_{x_2 = a_2} \{ \{ R \} \} + H^* \Big|_{x_2 = a_2} = 0;$$

в) стороні 3 ($x_1 = a_1, -a_2 \leq x_2 \leq a_2$):

$$w(x_1, x_2) \Big|_{x_1 = a_1} = \llbracket W \rrbracket \Big|_{x_1 = a_1} \{ \{ R \} \} + W^* \Big|_{x_1 = a_1} = 0,$$

$$M_{11}(x_1, x_2) \Big|_{x_1 = a_1} = \llbracket X \rrbracket \Big|_{x_1 = a_1} \{ \{ R \} \} + X^* \Big|_{x_1 = a_1} = 0;$$

г) на стороні 4 ($x_2 = -a_2, -a_1 \leq x_1 \leq a_1$):

$$M_{22}(x_1, x_2) \Big|_{x_2 = -a_2} = \llbracket Y \rrbracket \Big|_{x_2 = -a_2} \{ \{ R \} \} + Y^* \Big|_{x_2 = -a_2} = 0,$$

$$V_2(x_1, x_2) \Big|_{x_2 = -a_2} = \llbracket H \rrbracket \Big|_{x_2 = -a_2} \{ \{ R \} \} + H^* \Big|_{x_2 = -a_2} = 0.$$

Запишемо ці умови в матричному вигляді.

$$\llbracket M \rrbracket \{ \{ R \} \} + \{ \{ P \} \} = 0.$$

$$M = \begin{bmatrix} [W]_{-a_1} \\ [X]_{-a_1} \\ [Y]_{a_2} \\ [H]_{a_2} \\ [W]_{a_1} \\ [X]_{a_1} \\ [Y]_{-a_2} \\ [H]_{-a_2} \end{bmatrix}, \quad \{P\} = \begin{bmatrix} W^*_{-a_1} \\ X^*_{-a_1} \\ Y^*_{a_2} \\ H^*_{a_2} \\ W^*_{a_1} \\ X^*_{a_1} \\ Y^*_{-a_2} \\ H^*_{-a_2} \end{bmatrix}$$

На кожній стороні маємо по дві крайові умови, а невідомих параметрів 16. Врахувавши, що функції $w(x_1, x_2)$, $M_{11}(x_1, x_2)$, ..., $V_2(x_1, x_2)$ можна розкласти на симетричну і антисиметричну частини у результаті отримуємо сумісну систему з лінійних алгебраїчних рівнянь на невідомі коефіцієнти.

Запишемо для прикладу матричне рівняння для прогину

$$w = [\tilde{W}_k] \{\tilde{R}_k\} + [\tilde{W}_{k+8}] \{\tilde{R}_{k+8}\} + P = \begin{bmatrix} [\tilde{W}_k] & [0] \\ [0] & [\tilde{W}_{k+8}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\tilde{R}_k\} \\ \{\tilde{R}_{k+8}\} \end{Bmatrix} + P,$$

$$k = \overline{1,8},$$

де $[\tilde{W}_k] \{\tilde{R}_k\}$ – відповідно симетрична частина прогину і невідомих коефіцієнтів, $[\tilde{W}_{k+8}] \{\tilde{R}_{k+8}\}$ – відповідно антисиметрична частина, $[0]$ – нульова матриця.

Розроблено програму, яка сама генерує матрицю відповідно до граничних умов і вибору кількості точок колокації. При $k=1$ маємо 16 рівнянь з 16 невідомими, при $k=2$ маємо 32 рівняння і т.д. у залежності від точності наближення розв'язку.

На основі отриманих результатів проведено обчислення прогину, переміщень, моментів у кожній точці плити.

На рис. 2 подано загальний вигляд поверхні прогину плити.

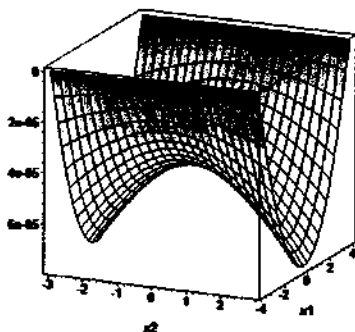


Рис. 2. Поверхня прогину плити

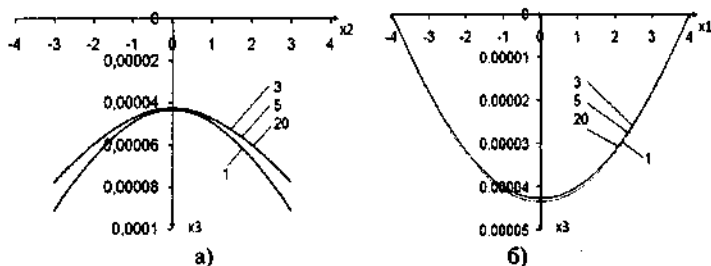


Рис. 3. Центральний переріз поверхні прогину плити: а) $x_1 = 0$, б) $x_2 = 0$

Із поданих графіків видно, що починаючи з 3 точок колокації криві для прогину практично співпадають. Криві для 3 і 20 точок колокації в центральній частині відрізняються на 0,07%.

На рис. 4 подано просторові графіки зміни моментів M_{11} , M_{22} . Граничні умови на відповідних краях виконуються точно.

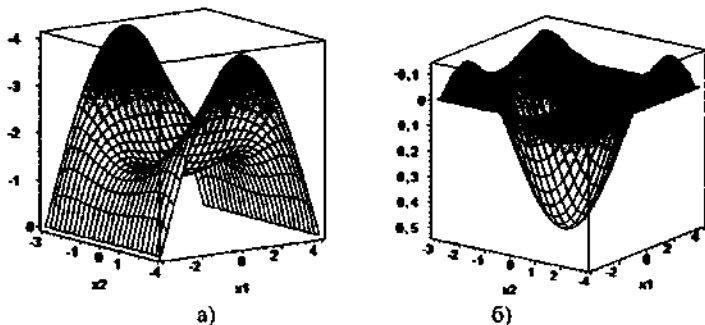


Рис. 4. Моменти: а) M_{11} , б) M_{22}

Висновки. У роботі отримано розв'язок задачі згину тонкої ортотропної прямокутної плити на пружній основі Вінклера. На конкретному прикладі показано матричний спосіб представлення основних співвідношень, стійкість побудованого алгоритму щодо вибору точок колокації. Граничні умови задовольняються з дуже великим ступенем точності.

Література

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит. 1963. – 635 с.
2. А.Т. Василенко. Изгиб анизотропной эллиптической пластины на упругом основании // Прикл. механика. – 2002. – 38, № 3. С. 108-113.
3. Великанов П.Г. Метод граничных интегральных уравнений для решения задач изгиба изотропных пластин, лежащих на сложном двухпараметрическом упругом основании // Известия Саратовского университета. - Т.8. - Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2008. – вып. 1. С. 36-42.
4. Здолбіцька Н.В. Ортотропна прямокутна плита на пружній основі Вінклера//Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом „Інженерна механіка”). – Луцьк, 2005. –Вип. 17.– С. 145-153.
5. Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П., Делявський М.В. „Напружено-деформований стан тонкої ортотропної плити на пружній основі” // Сучасні проблеми механіки та математики: В 3-х т. – Львів. – 2008. Т.2. – С. 40-41.
6. Huber M.T.: Teoria płyt prostokątne różnokierunkowych. Lwów: Arch. Tow. Nauk.

УДК 531.3

© В.П. Ковбаса, д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.В. Ярошенко

„Тегра Україна ЛТД”

РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ У СИПКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ОБМЕЖЕНОМУ СТІНКАМИ СПОРУДИ СИЛОСНОГО ТИПУ

На основі теорії пластичності розв'язана задача про розподіл компонентів напружень зв'язного сипкого середовища у спорудах силосного типу.

НАПРУЖЕННЯ, СИПКЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ПЛАСТИЧНІСТЬ.

Постановка проблеми. У промисловості та сільському господарстві для зберігання сипких матеріалів широке поширення мають споруди силосного типу. При цьому до теперішнього часу не існує адекватних результатів теоретичних досліджень щодо визначення тиску сипких матеріалів на стінки силосів та умов розвантаження матеріалу під дією гравітаційних сил. Природа утворення склепін та вплив на склепоутворення механічних властивостей не достатньо вивчена. Більшість результатів досліджень щодо механіки сипких середовищ базується на теорії пластичності, при цьому сипке середовище вважається ідеально сипким. Більшість результатів досліджень ґрунтується на результатах експериментів і не носить достатньої узагальненості [1]. Теоретичні дослідження обмежуються розв'язанням найбільш простих випадків статички сипкого середовища [2,3,4] або динаміки середовища по аналогії з Ньютоновською рідиною. [5]

Метою даних досліджень є встановлення зв'язків механічних властивостей сипкого середовища, геометричних параметрів силоса з напруженнями у споруді та умовами граничної рівноваги матеріала, крім визначення форм ліній ковзання при порушенні граничної рівноваги.

Для досягнення поставленої мети розв'язувались наступні задачі:

- Визначення критерія гарничної рівноваги для зв'язного сипкого середовища.
- Визначення розподілу компонентів напружень у споруді силосного типу.
- Визначення форм ліній ковзання при настанні пластичності (текучості).

Результати досліджень. В багатьох процесах при формалізації матеріалів і середовищ застосовується модель сипкого дискретного середовища. До таких моделей приходять у випадках формалізації процесів пов'язаних з зерновими матеріалами, комбікормами, продуктами переробки зернових, бобових та олійних культур. При цьому ці матеріали мають суттєві відмінності у механічних властивостях, зокрема граничному напруженні зсуву, початковому напруженні зсуву, коефіцієнтах внутрішнього та зовнішнього тертя. Тому, при формалізації процесів дуже важливим є врахування цих властивостей при визначенні умов руху таких матеріалів, визначенні навантажень з боку матеріалів на конструкції, споруди та робочі органи. Крім того, важливим є знання величин зовнішніх впливів при необхідності переміщення цих матеріалів та зміни їх властивостей. Особливо важливим є забезпечення умов розвантаження споруд силосного типу.

Виходячи з вищезначеного знання зв'язків компонентів напружень таких матеріалів та умов порушення рівноваги має надзвичайно важливе значення. У відповідності з твердженням Хаара та Кармана класична теорія пластичності та теорія граничної рівноваги ґрунтів (теорія сипкого середовища) мають спільне підґрунтя, тому аналіз сипкого середовища проводиться з застосуванням методів класичної теорії пластичності.

Однією з найбільш поширених та найбільш застосовуваних до сипкого середовища критеріїв повної пластичності (умови граничної рівноваги) є критерій Треска, згідно з яким умова граничної рівноваги має вигляд:

$$\sigma_3 = \sigma_2, \sigma_1 - \sigma_3 = 2k, \quad (1)$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - головні напруження в середовищі; k - константа, що характеризує границю переходу середовища у пластичний стан.

Для визначення величини k (тобто умови рівноваги) можна скористатися колами Мора (рис.1).

На рис.1 позначення мають наступні трактовки: τ_0 - початкове напруження зсуву для зв'язного сипкого середовища, φ - кут внутрішнього тертя середовища, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - головні напруження в середовищі (відповідно найбільше, середнє, та найменше). Згідно Отто Мору, CA_1 та CA_2 - лінії ковзання по яких відбувається пластична течія або порушується суцільність. Співвідношення між компонентами напружень на лініях ковзання мають вигляд:

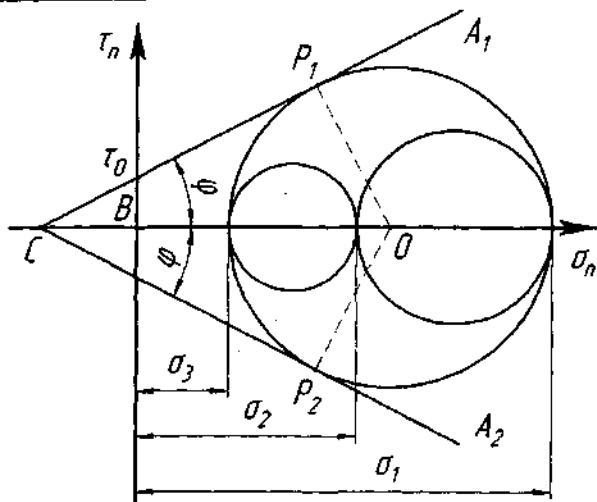


Рис.1. Кола Мора для визначення співвідношень між компонентами напружень та умов настання пластичності

$$BO = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} + \sigma_3 = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}; BC = \frac{\tau_0}{\operatorname{tg} \varphi}; OC = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\tau_0}{\operatorname{tg} \varphi}; OP_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2};$$

$$\frac{1}{\sin \varphi} = \frac{\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\tau_0}{\operatorname{tg} \varphi}}{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}} \quad (1)$$

З виразу (2) на лінійх ковзання можна отримати співвідношення між властивостями середовища та компонентами напружень:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_3 + 2\tau_0 \operatorname{ctg} \varphi + \sigma_3 \sin \varphi}{-1 + \sin \varphi}; \sigma_3 = \frac{-\sigma_1 - \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi + \sigma_1 \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (2)$$

Згідно з представлень напружень через кола Мора максимальне дотичне напруження має вигляд: $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$, що у відповідності з умовою пластичності Греска:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \leq k, \quad k - \text{const}, \text{ або } \sigma_1 - \sigma_3 = 2k.$$

Слід відзначити, що постійна k для пластичного зв'язного (сипкого) середовища може бути отримана з умови (3) з урахуванням того що:

$$\sigma_3 = \sigma_1 - 2k, \text{ при } \sigma_2 = \sigma_3, \sigma_3 = \frac{1}{2}(3\sigma - \sigma_1), \sigma = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3).$$

Підстановка виразів для σ та σ_3 у перше рівняння (3) та вираження з нього постійної k дає вираз:

$$k = -\frac{3(\sigma \sin \varphi + \tau_0 \cos \varphi)}{-3 + \sin \varphi}. \quad (3)$$

Графічно вираз (4) при постійному напруженні $\sigma = const$ має вигляд представлений на рис.2.

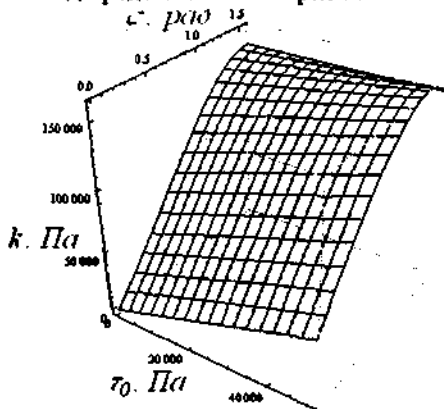


Рис.2. Залежність постійної k від кута внутрішнього тертя φ та початкового напруження зсуву τ_0 середовища при $\sigma = 100 \text{ кПа}$

Для розв'язання задач статки пластичного (дискретного сипкого) середовища необхідно знати як зв'язані компоненти напружень між собою та який зв'язок вони мають з механічними властивостями самого середовища.

На площадці довільно нахилений до осей координат x, y, z зв'язок між компонентами напружень та головними напруженнями визначається через напрямні косинуси:

$$\sigma_x = \sigma_1 l_1^2 + \sigma_2 m_1^2 + \sigma_3 n_1^2;$$

$$\sigma_y = \sigma_1 l_2^2 + \sigma_2 m_2^2 + \sigma_3 n_2^2;$$

$$\sigma_z = \sigma_1 l_3^2 + \sigma_2 m_3^2 + \sigma_3 n_3^2;$$

$$\tau_{xy} = \sigma_1 l_1 l_2 + \sigma_2 m_1 m_2 + \sigma_3 n_1 n_2;$$

$$\tau_{yz} = \sigma_1 l_2 l_3 + \sigma_2 m_2 m_3 + \sigma_3 n_2 n_3;$$

$$\tau_{xz} = \sigma_1 l_1 l_3 + \sigma_2 m_1 m_3 + \sigma_3 n_1 n_3,$$

де існує зв'язок між осями координат та напрямками головних напружень через напрямні косинуси:

	1	2	3
<i>x</i>	l_1	m_1	n_1
<i>y</i>	l_2	m_2	n_2
<i>z</i>	l_3	m_3	n_3

При цьому існує зв'язок:

$$l_1^2 + m_1^2 + n_1^2 = 1; \quad l_1 l_2 + m_1 m_2 + n_1 n_2 = 0;$$

$$l_2^2 + m_2^2 + n_2^2 = 1; \quad l_2 l_3 + m_2 m_3 + n_2 n_3 = 0;$$

$$l_3^2 + m_3^2 + n_3^2 = 1; \quad l_1 l_3 + m_1 m_3 + n_1 n_3 = 0,$$

або

$$l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 = 1; \quad l_1 m_1 + l_2 m_2 + l_3 m_3 = 0;$$

$$m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 = 1; \quad m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3 = 0;$$

$$n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 = 1; \quad l_1 n_1 + l_2 n_2 + l_3 n_3 = 0.$$

З урахуванням (1) та (5) компоненти напружень можуть бути записані наступним чином:

$$\sigma_x = \sigma - 2k/3 + 2k n_1^2; \quad \tau_{xy} = 2k n_1 n_2;$$

$$\sigma_y = \sigma - 2k/3 + 2k n_2^2; \quad \tau_{yz} = 2k n_2 n_3; \quad (4)$$

$$\sigma_z = \sigma - 2k/3 + 2k n_3^2; \quad \tau_{xz} = 2k n_1 n_3,$$

$$n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 = 1.$$

Якщо з виразів (6) для компонентів нормальних напружень виразити n_1, n_2, n_3 і підставити у вирази для τ_{ij} , можна записати:

$$\tau_{xy}^2 = (\sigma_x - \sigma + 2k/3)(\sigma_y - \sigma + 2k/3); \quad \tau_{yz}^2 = (\sigma_y - \sigma + 2k/3)(\sigma_z - \sigma + 2k/3);$$

$$\tau_{xz}^2 = (\sigma_x - \sigma + 2k/3)(\sigma_z - \sigma + 2k/3), \quad (5)$$

а далі:

$$(\sigma_x - \sigma + 2k/3)\tau_{yz} = \tau_{xy}\tau_{xz}; \quad (\sigma_y - \sigma + 2k/3)\tau_{xz} = \tau_{xy}\tau_{yz};$$

$$(\sigma_z - \sigma + 2k/3)\tau_{xy} = \tau_{xz}\tau_{yz}. \quad (6)$$

Зі співвідношень (8):

$$\sigma_x = \sigma - 2k/3 + \frac{\tau_{xy}\tau_{zx}}{\tau_{yz}}; \quad \sigma_y = \sigma - 2k/3 + \frac{\tau_{yz}\tau_{xz}}{\tau_{xy}}; \quad \sigma_z = \sigma - 2k/3 + \frac{\tau_{xz}\tau_{xy}}{\tau_{yz}}. \quad (7)$$

З (9) умова граничної рівноваги:

$$\frac{\tau_{xy}\tau_{zx}}{\tau_{yz}} + \frac{\tau_{yz}\tau_{xz}}{\tau_{xy}} + \frac{\tau_{xz}\tau_{xy}}{\tau_{yz}} = 2k.$$

По аналогії з рівняннями (6) для випадку, коли косинуси кутів між осями координат у циліндричній системі координат z, θ, r та найбільшим головним напруженням визначаються як: $n_1 = \cos \alpha; n_2 = \cos \beta; n_3 = \cos \gamma$, де $\alpha - \widehat{\sigma_1 r}, \gamma - \widehat{\sigma_1 z}, \beta - \widehat{\sigma_1 \theta}$, співвідношення між напруженнями матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \sigma - \frac{2}{3}k + 2k \cos^2 \alpha; \quad \sigma_\theta = \sigma - \frac{2}{3}k + 2k \cos^2 \beta; \\ \sigma_z &= \sigma - \frac{2}{3}k + 2k \cos^2 \gamma; \quad \tau_{r\theta} = 2k \cos \alpha \cos \beta; \quad \tau_{r\theta} = 2k \cos \gamma \cos \beta; \\ \tau_{rz} &= 2k \cos \alpha \cos \gamma. \end{aligned} \quad (8)$$

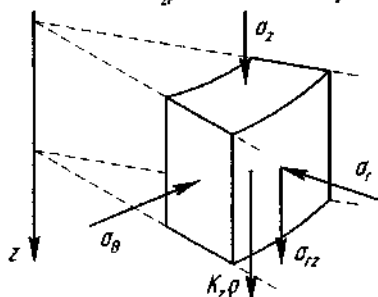


Рис.2. Сили, що діють на елемент сипкого середовища в циліндричній системі координат

Для аналізу напруженого стану сипкого матеріалу у споруді силосного типу можна використати рівняння динаміки руху суцільного середовища :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{r \partial \theta} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \rho k_r + F_r &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} + \frac{\partial \sigma_\theta}{r \partial \theta} + \frac{\partial \tau_{z\theta}}{\partial z} + \rho k_\theta + F_\theta &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} + \frac{\partial \tau_{z\theta}}{r \partial \theta} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \rho k_z + F_z &= 0, \end{aligned} \quad (9)$$

де ρk_r , ρk_θ , ρk_z - об'ємні сили; F_r , F_θ , F_z - розподілені по границях об'єму зовнішні сили.

За аналогією з пружною постановкою (до настання граничного стану сипкого матеріалу) задачі для випадку з осью симетрії на основі рівнянь Гука, при відсутності кручення навкруги осі oz та відсутності можливості розширення у радіальному напрямку (стінки силоса абсолютно жорсткі) деформації у відповідних напрямках становлять:

$$\begin{aligned}\varepsilon_\theta &= \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu(\sigma_z + \sigma_r)) = 0; \\ \varepsilon_r &= \frac{1}{E}(\sigma_r - \nu(\sigma_z + \sigma_\theta)) = 0.\end{aligned}\tag{10}$$

З (12) можна записати:

$$\sigma_\theta = \nu \sigma_r + \nu \sigma_z;\tag{a}$$

$$\sigma_r = \nu \sigma_z + \nu \sigma_\theta \rightarrow \sigma_z = \frac{\sigma_r - \nu \sigma_\theta}{\nu}.\tag{б}$$

Якщо (б) підставити в (а), можна записати:

$$\sigma_\theta = \nu \sigma_r + \sigma_r - \nu \sigma_\theta;$$

$$\sigma_\theta + \nu \sigma_\theta = \nu \sigma_r + \sigma_r,$$

звідки:

$$\sigma_r = \sigma_\theta.$$

Враховуючи те, що $\sigma_r = \sigma_\theta$, з (7) випливає, що $\tau_{r\theta} = 0$. Крім того, слід відзначити, що компонента напружень $\tau_{z\theta}$ на залежить від кута повороту, тому $\partial \tau_{z\theta} / (r \partial \theta) = 0$. В цьому випадку рівняння (11) приймуть вигляд:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \rho k_r + F_r &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \rho k_z + F_z &= 0.\end{aligned}\tag{11}$$

В останньому рівнянні (в умовах гравітації) об'ємна сила в напрямку осі or -- $\rho k_r = 0$. А в напрямку осі oz -- $\rho k_z = \rho g$, де $g = 9.81, \text{м/с}^2$.

Величини F_r та F_z є силами, що діють з боку стінок силоса на сипке середовище. У загальному випадку при куті нахилу твірної стінки силоса до горизонту β (рис. 3.) величини F_r та F_z визначаються як:

$$F_r = \frac{1}{2\pi R} (\sigma_z f \cos^2 \beta + \sigma_r \sin^2 \beta);$$

$$F_z = \frac{1}{2\pi R} (\sigma_r f \sin^2 \beta + \sigma_z \cos^2 \beta), \quad (12)$$

де R - радіус силоса в точці в якій визначається сила; f - коефіцієнт зовнішнього тертя сипкого матеріала по стінці силоса.

Величини компонентів $\sigma_z, \sigma_r, \tau_{zr}$ визначаються рівняннями (10). З урахуванням виразів (10) та (14) рівняння динаміки (13) приймуть вигляд:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{4(3 \csc \varphi - 1)} \left(\frac{1}{2\pi R} \csc \varphi (-(1+f+(f-1)\cos 2\beta)(\tau_0 \cos \varphi + 3\sigma) + \right. \\ & \left. + 3(f-1+(f+1)\cos 2\beta)\cos 2\alpha(\tau_0 \cos \varphi + \sin \varphi \sigma) \right) + \\ & \left. + 4 \left(-6 \csc \varphi \sin 2\alpha(\tau_0 \cos \varphi + \sin \varphi \sigma) \frac{\partial \alpha}{\partial r} + 3(\cos 2\alpha + \csc \varphi) \frac{\partial \sigma}{\partial r} \right) + \right. \\ & \left. + 4 \left(6 \cos 2\alpha(\tau_0 \operatorname{ctg} \varphi + \sigma) \frac{\partial \alpha}{\partial z} + 3 \sin 2\alpha \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right) \right) = 0; \quad (13) \\ & g\rho + \frac{1}{4\pi R(3 \csc \varphi - 1)} \csc \varphi (-(1-f+(f-1)\cos 2\beta)(\tau_0 \cos \varphi + 3\sigma) + \\ & \left. + 3(1-f+(f-1)\cos 2\beta)\cos 2\alpha(\tau_0 \cos \varphi + \sin \varphi \sigma) \right) + \\ & \left. + \frac{1}{(3 \csc \varphi - 1)} \left(6 \cos 2\alpha(\tau_0 \cos \varphi + \sigma) \frac{\partial \alpha}{\partial r} + 3 \sin 2\alpha \frac{\partial \sigma}{\partial r} \right) + \frac{3}{(3 \csc \varphi - 1)} \times \right. \\ & \left. \times \left(2 \csc \varphi \sin 2\alpha(\tau_0 \cos \varphi + \sin \varphi \sigma) \frac{\partial \alpha}{\partial z} + (\csc \varphi - \cos 2\alpha) \frac{\partial \sigma}{\partial z} \right) = 0. \right. \end{aligned} \right.$$

Дана система двох залежних гідростатичного напруження $\sigma(z, r)$ та кута $\alpha(z, r)$ між віссю z та напрямком найбільшого головного напруження σ_1 від двох незалежних змінних z, r , які визначають положення точки у сипкому матеріалі.

Система диференціальних рівнянь (15) є системою гіперболічних нелінійних неоднорідних рівнянь першого порядку яка в загальному випадку не може бути розв'язана у загальному вигляді. Чисельні розв'язки цієї системи не можуть дати узагальненості для аналізу розподілу компонентів напружень та визначення положень і

форм ліній ковзання. Тому, можна зробити спробу розв'язати дану систему наближеними методами.

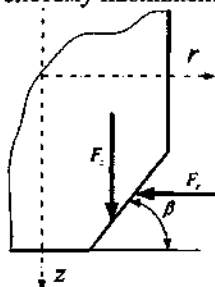


Рис.3. Схема дії сил з боку стінок силоса

Такий розв'язок може полягати в наступному. Підбирається потенціальна функція зміни гідростатичного напруження $\sigma(z, r)$ з певним невідомим коефіцієнтом та потенціальна функція зміни кута нахилу $\alpha(z, r)$ з певним невідомим коефіцієнтом, які повинні задовольнити граничні (початкові) умови і водночас ці функції повинні задовольнити рівняння (15). Потім знаходяться невідомі коефіцієнти.

Таким чином задача може бути розв'язана. Слід зазначити, що функції $\sigma(z, r)$ та $\alpha(z, r)$ повинні бути гладкими та їх диференціали не повинні давати постійних, тобто:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial r} \neq const, \frac{\partial \sigma}{\partial z} \neq const, \frac{\partial \alpha}{\partial r} \neq const, \frac{\partial \alpha}{\partial z} \neq const.$$

Початкові умови, які повинні задовольняти функції формулюються наступним чином [2]:

$$\sigma(z, r)|_{z=0} = 0; \alpha(z, r)|_{z=0} = \frac{\pi}{2}.$$

Крім того, розкладемо трансцендентні функції кута α у ряд Маклорена, що дозволить розв'язувати алгебраїчні рівняння:

$$\cos \alpha \rightarrow 1 - \alpha^2/2; \sin \alpha \rightarrow \alpha.$$

Враховуючи результати експериментальних досліджень щодо вигляду функції $\sigma(z, r)$ [1] останню можна представити у вигляді:

$$\sigma = \frac{1}{3} b \rho g \left(1 + \exp\left(-\frac{z}{2\pi R}\right) \operatorname{arctg}\left(\frac{R}{r+R}\right) \right) (\sin \varphi - 3);$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial z} = \frac{b \rho g \exp\left(-\frac{z}{2\pi R}\right) \left(2 \left(1 + \exp\left(\frac{z}{2\pi R}\right) \right) \pi R - z \right) \operatorname{arctg}\left(\frac{R}{r+R}\right) (\sin \varphi - 3)}{6\pi R};$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial r} = \frac{b \rho g R z \left(1 + \exp\left(-\frac{z}{2\pi R}\right) \right) (\sin \varphi - 3)}{3(r^2 + 2rR + 2R^2)}, \quad (14)$$

де b - невідомий коефіцієнт (коефіцієнт незнання).

Функцію $\alpha(z, r)$ можна представити у вигляді:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + c \sqrt{\frac{z}{h}} + \sqrt{\frac{r}{R}}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial z} = \frac{c}{2h\sqrt{z/h}}; \quad \frac{\partial \alpha}{\partial r} = \frac{1}{2R\sqrt{r/R}},$$

де c - невідомий коефіцієнт (коефіцієнт незнання); h - висота силоса.

Стосовно коефіцієнтів незнання b та c слід відзначити, що вони повинні бути визначені експериментально і, швидше за все, будуть залежати від механічних властивостей сипкого середовища.

Графічно (16) та (17) представлені на рис. 4.

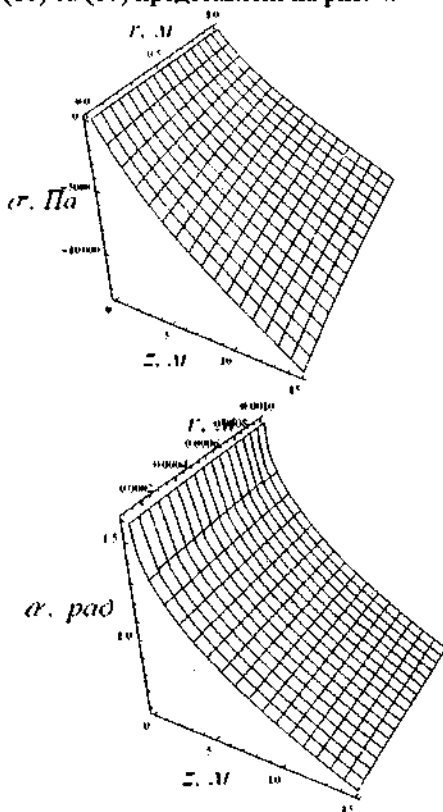


Рис.4. Графіки функцій $\sigma(z, r)$ та $\alpha(z, r)$

Враховуючи осьову симетрію споруди силосного типу для випадку використання циліндричної системи координат та при відсутності кручення вирази (10) приймуть вигляд:

$$\sigma_r = \sigma - \frac{2}{3}k + 2k \cos^2 \alpha; \sigma_z = \sigma - \frac{2}{3}k + 2k \sin^2 \alpha; \tau_{rz} = 2k \cos \alpha \sin \alpha, \quad (16)$$

де α - кут нахилу напрямку найбільшого головного напруження до осі oz (залежність (17)).

Залежності (18) повністю визначають розподіл компонентів напружень зв'язного сипкого середовища у споруді силосного типу.

Висновки. В роботі визначений аналітичний вираз критерія рівноваги зв'язного сипкого середовища, що враховує механічні властивості останнього, а саме початкове напруження зсуву τ_0 та кут внутрішнього тертя φ .

На основі теорії пластичності розв'язана задача про розподіл компонентів напружень зв'язного сипкого середовища у споруді силосного типу, яка дозволяє враховувати механічні властивості середовища та геометричні параметри споруди. Це дозволяє визначати зони порушення рівноваги середовища у споруді, що суттєво впливають на умови розвантаження силосів та визначити динамічні навантаження на стінки самих споруд.

Література

1. Дженике Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов. М.: - Мир, 1968.- 164 с.
2. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. - Т.2. - М.: Мир, 1969.- 864 с.
3. Соколовский В.В. Теория пластичности. - М.: ВШ, 1969. - 608 с.
4. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.-704 с.
5. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. - М.: Машиностроение, 1968. - 184 с.

УДК. 633.5.9

С.П. Коропченко, к.т.н.; Р.Н. Гілязетдінов, к.т.н.,
Інститут луб'яних культур УААН

АНАЛІЗ СФЕР ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКЦІЇ ЛЬОНУ ТА КОНОПЕЛЬ

Наведено характеристику стебел льону та конопель. Проаналізовано напрямки використання волокна та насіння, отриманих з описаних культур.

ЛЬОН, КОНОПЛІ, НАСІННЯ, ВОЛОКНО, ВИКОРИСТАННЯ.

Постановка проблеми. Первинна переробка стебел лубоволокнистого матеріалу пов'язана зі значними труднощами, обумовленими структурою та властивостями самої сировини, багатостадійністю й різноманітністю технологій її переробки.

Коноплі та льон (рис. 1), однорічні лубоволокнисті культури, вирощують для одержання волокна і насіння.

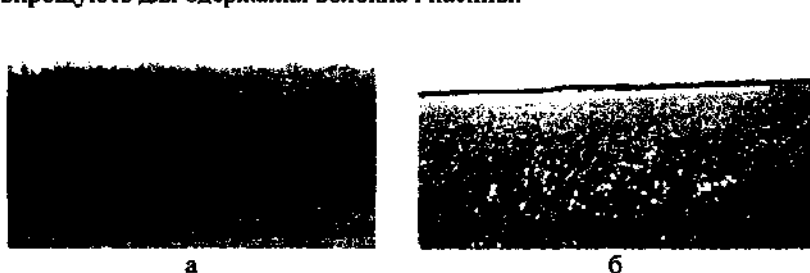


Рис. 1. Коноплі (а) та льон (б)

Стебло є основною масовою частиною рослини. Наприклад, основну масу (60-70 %) стебла конопель у фазі технічної стиглості складає деревина (рис. 2), решту складає луб (кора), джерело волокна. Значна частка волокна в повітряно-сухому стеблі коливається від 10 до 35 %, а вміст волокна в лубі – від 60 до 70 % [1-3].

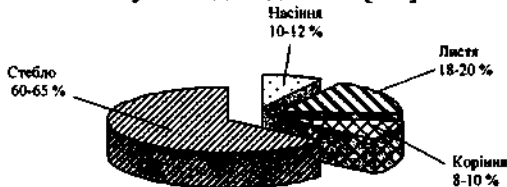


Рис. 2. Співвідношення морфологічних частин конопель за масою

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення літературних джерел з даного питання дало можливість переконатися в твердженні, що коноплі та льон є безвідходними культурами [4, 5]. Збільшення попиту на екологічно чисті та натуральні вироби у багатьох галузях економіки відкриває величезний потенціал використання лубоволокнистої сировини, наприклад, в одязі, ліках, будівельних матеріалах та ін. Тому, останнім часом інтенсивно розширюється ареал застосування стебел та лубу (волокна) у різних галузях виробництва (рис. 3). Це пов'язано зі специфічними властивостями даної сировини, яка в певному асортименті виробів не може бути заміненою іншими видами сировини.



Рис. 3. Сфери використання льонопродукції

Мета дослідження. Виділення та аналіз основних, пріоритетних напрямків використання сировини льонарства і коноплярства з метою підвищення ефективності та забезпечення безвідходності виробництва цих галузей.

Результати дослідження. Із волокна лубоволокнистих культур виготовляють безліч виробів:

- кручені вироби: канати і мотузки різних видів і призначень,

пряжу, риболовецькі та маскувальні сітки, приводні ремені різних конфігурацій, основи для килимів;

- технічні тканини: парусину, брезент, мішковину, а також пакувальний, кордовий, підкладковий матеріал для меблевої і взуттєвої промисловості, полотно для пошиття національного одягу і предметів обрядів, спецодягу, плащів, чохлів, тентів, сумок, гардин, порт'єр, полотнищ для комбайнів і пожежних рукавів;
- натуральні тканини для пошиття літнього одягу, джинсову тканину для пошиття костюмів, курток, брук, демісезонних пальт, сумок та ін., а також сумішеву тканину з додаванням синтетичних, штучних, натуральних волокон і ниток;
- целюлозу для виготовлення цінних і тонких сортів паперу.

А з короткого волокна одержують неткані теплозвукоізоляційні матеріали, різні види шпагату, шнури, сердечники сталевих канатів та ін. [6].

Щодня гострішою стає енергетична проблема. Тому використання льону та конопель як джерела енергії вважається цікавим і перспективним напрямком. Масові вирубки лісів негативно впливають на клімат планети і викликають ерозію ґрунтів цілих регіонів. Вирощування і використання льону та конопель дозволить зменшити обсяги лісозаготівлі, тому ці культури мають значний потенціал для поліпшення екологічної ситуації [5].

Використання лубоволокнистої сировини для виробництва паперу стає одним із головних напрямків, оскільки гектар посіву, наприклад, конопель щорічно дає 5-6 м³ деревини (за середньої врожайності соломи), а іноді і 10-12 м³, тоді як середній річний приріст сосни складає 2,5 м³. До того ж, для отримання паперу зі стебел луб'яних культур необхідно менше енергії та хімічних речовин, а отриманий папір має вищу якість [7-9].

Важливим напрямком широкого використання льону та конопель є виготовлення будівельних матеріалів. Такі матеріали мають високі експлуатаційні та естетичні переваги у порівнянні з тими ж матеріалами хімічного виробництва [5].

Волокно широко використовується в автомобілебудуванні концернами Fiat, Ford, Mercedes Benz, Opel, Peugeot, Renault. Кожен новий автомобіль містить в собі від 3,5 до 5,8 кг натурального волокна [5].

Відмінною особливістю луб'яних культур є накопичення в їх стеблах значної кількості деревини. Кострицю можна використовувати в різних технологіях приготування будівельних матеріалів, а також з неї одержують етиловий спирт, лігнін. Костриця – відмінний субстрат

для вирощування шампінйонів, а в компостованому вигляді – для овочів закритого ґрунту. Як джерело енергії, костриця за теплотворною властивістю рівноцінна довго полум'яному вугіллю, тому в СРСР на заводах з переробки конопель вона зазвичай використовувалась як паливо.

Крім волокна, як основного продукту, рослини льону і конопель дають не менш цінний продукт – насіння (рис. 4) Крім посівного матеріалу, з насіння одержують олію, яку використовують як для приготування їжі, так і для лікування різних захворювань. Олія, отримана з луб'яних культур, у виробництві рослинних масел займає третє місце після соняшникової і бавовняної. Дивовижні смакові й цілющі якості конопляної і лляної олії використовуються людством впродовж багатьох століть.

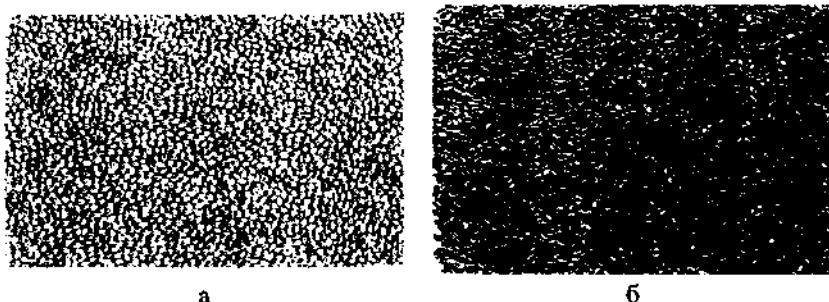


Рис. 4. Насіння конопель (а) та льону (б)

Насіння луб'яних культур багате рослинними жирами, які сприятливо впливають практично на всі процеси життєдіяльності людського організму. Крім цього, насіння, наприклад, льону містить значну кількість білка, вітамінів (А, В, Е, Р) та інших біологічно активних речовин. Хімічний склад насіння, макухи і полови льону представлений в таблиці [4, 5].

Виділена з насіння олія – справжній захисник нашого організму, застережливий засіб проти хвороби судин і утворення тромбів, оскільки є рекордсменом за вмістом поліненасичених жирних кислот. Якщо взяти, наприклад, лляну олію, то щільність при температурі +15°C буде 0,9305-0,9357кг/м³; температура застигання - від -15 до -30 С; коефіцієнт обмілення 188-192; йодне число 170-200. Олія, отримана з конопель і льону, являє собою ідеальний природний засіб для профілактики й лікування атеросклерозу, ішемічної хвороби серця і багатьох інших хвороб, пов'язаних з порушенням кровообігу,

тромбозів, а також раку різної локалізації. Для застосування в медицині олію необхідно одержувати шляхом холодного віджиму.

Таблиця. Хімічний склад насіння, макухи і полови льону

Найменування продуктів	Вміст найголовніших хімічних компонентів, %					
	жири	білки	безазотисті екстрактні речовини	клітковина	вода	попіл
Насіння	32-38	19-29	22-31	8-9	7-9	3-5
Макуха	9-10	30	31	10	12	7
Полова	4-4,5	6-7	30-33	30-31	14-15	9-10

Через свою властивість швидко висихати (йодне число, що характеризує здатність олії до висихання, досягає більше 180 одиниць) даний тип олії особливо високо цінується в лакофарбовій і шкіряно-взуттєвій промисловості та оливоприготуванні. Шляхом спеціальної переробки насіння отримують високоякісну лакову олію. Також олію широко застосовують у миловарній, паперовій, гумовій, електротехнічній та інших галузях промисловості. Вона використовується при виготовленні друкарських фарб, клейонок, лінолеуму, сурогатів каучуку, термоізоляційних проводів і т.д. При переробці насіння на олію отримують велику кількість макухи або шроту, відмінного концентрованого корму. У 1 кг лляної макухи міститься 1,15 кормової одиниці і 260 г легкозасвоюваного протеїну. Макуху охоче поїдають всі сільськогосподарські тварини, але найчастіше вона йде в корм молочним коровам, молодняку великої рогатої худоби і молодняку на відгодівлі.

Ще одним напрямом використання олії луб'яних культур є виготовлення косметики. Косметика на основі таких олії – унікальний комплекс косметичних засобів, який дбайливо доглядає за шкірою і волоссям. Речовини, що містяться в насінні, чудово тонізують і звожують шкіру, запобігають появі вугрів і зменшують запалення; спеціальні шампуні й маски допоможуть позбавитися від лупи, знижуючи причину її появи.

Висновки

1. Використання продуктів переробки льону і конопель в текстильних виробках, будівельних матеріалах, в автомобілебудуванні, паперовій промисловості, кулінарії, лікарській практиці, в косметичних

засобах свідчить про універсальність властивостей цих рослин і доводить твердження «Льон і коноплі є безвідходними культурами».

2. Основним напрямком використання луб'яних культур, все-таки, залишається текстильна промисловість. Але спектр їх використання постійно розширюється, з'являються нові перспективні напрямки, які в майбутньому можуть стати одними з головних. Так, з підвищенням цін на вичерпні енергоносії (нафту, природний газ, вугілля) буде зростати значення конопель та льону як відновлюваного і екологічно чистого джерела енергії.

Література

1. Конопля // Под ред. Г.И. Сенченко, М.А. Тимонина. - М.: Колос, 1978. - 288с.
2. Вировец В.Г., Гилязетдинов Р.Н., Голобородько П.А. Справочник коноплевода. - К.: Урожай, 1994. - 80 с.
3. Якушкин И.В. Конопля. - М.: Сельхозгиз, 1976. - 220 с.
4. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. - М.: Информ-Знание, 2002. - 400 с.
5. Батова Н.Н. Направления повышения конкурентоспособности льнопродукции//Вести НАН Белоруссии. - 2007. - №1. - с. 21-26.
6. Сивцов А.Н. Первичная обработка лубяных волокон. - М.: Гизлегпром, 1949. - 434 с.
7. Джеймс П. Кейси. Производство полуфабрикатов и бумаги. - М.: Гослесбумиздат, 1958. с. 238-254.
8. Семенихина Л., Уваров Х. Перспективный заменитель бумаги (кенаф) // Сельское хозяйство Узбекистана. - 1991. - №0131 - 6389, том 1 - с. 22.
9. Луатер Б. и др. Производство бумаги из костры. - United states department of agriculture. 1916. - Bulletin №404 - с. 1 - 25.

Рецензент: д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК 631.35: 633.521

Р.Є. Костюнік, к.т.н.

Національний авіаційний університет,

В.С. Пуць

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КІЬКОСТІ УДАРІВ ПІДБІЙКИ НА РОЗТЯГНУТІСТЬ СТРІЧКИ ЛЬОНУ

У статті наведено методику та результати експериментальних досліджень процесу підбивання стрічки льону з метою визначення потрібної кількості ударів підбійки для ефективної роботи підрівнюючого пристрою.

ПІДБІЙКА, ЛЬОН, СТРІЧКА, РОЗТЯГНУТІСТЬ, УДАР.

Постановка проблеми. Історичний досвід і традиції розвитку галузі льонарства підтверджують, що вона може бути відроджена лише у разі реалізації підвищених вимог до показників якості продукції на основі більш широкого використання техніко-технологічних новацій, спрямованих на розробку нових та вдосконалення існуючих машин. Складовим елементом цього процесу є розробка нових технологічних рішень і технічних засобів для збирання льону-довгунця. Заключним етапом збирання льону є формування рулонів або снопів лляної трести. Якість рулонів залежить від розтягнутості стрічки льону, яка є інтегруючим показником і характеризує технічну і технологічну досконалість способів збирання. Збільшення розтягнутості стрічки знижує вихід довгого волокна, і, відповідно, зменшує рентабельність та економічну привабливість виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями підрівнюючих механізмів для зменшення розтягнутості стрічки льону займалися Г.А. Хайліс, М.М. Ковальов [1], В.Г. Черніков, А.І. Бродман, Л.В. Родіонов, В.М. Аносов, В.М. Луценко [2], О.О. Налобіна [3], М.М. Толстущко [4], В.Ю. Конохов [5] та інші. Але до останнього часу не розроблялись і не досліджувались комплідбівачі, які застосовуються безпосередньо перед формуванням рулонів чи снопів і забезпечують одночасне розпушування стрічки та підрівнювання її підбійками з двох кінців стебел.

Вирішення задачі зменшення розтягнутості здійснено у Луцькому національному технічному університеті шляхом розроблення спеціального пристрою, основні функції якого забезпечуються робочими органами механізмів транспортування, струшування і підбивання стрічки [6, 7]. Для встановлення параметрів і



режимів роботи цього пристрою проведено ряд теоретичних та експериментальних досліджень [8, 9]. Однак, ці дослідження не дозволяють встановити тієї кількості ударів по стеблах, яка забезпечила б зменшення розтягнутості стрічки до допустимих значень, забезпечуючи потрібну ефективність операції підбивання, а також передатних відношень елементів приводу механізму для її реалізації.

Мета дослідження. Встановлення потрібної для максимального зменшення розтягнутості кількості ударів підбіжок по стеблах рухомої стрічки льону.

Результати дослідження. Дослідження проводились у лабораторних умовах з використанням експериментальної установки, яка складається з розробленого пристрою 1 (рис. 1) для підрівнювання стрічки льону, електродвигуна 2 та редуктора 3 зі змінним передатним відношенням, а також обладнання для швидкісної кінозйомки – швидкісної цифрової відеокамери Fastvideo-200, штатива та мобільної системи відеореєстрації швидкісних процесів.

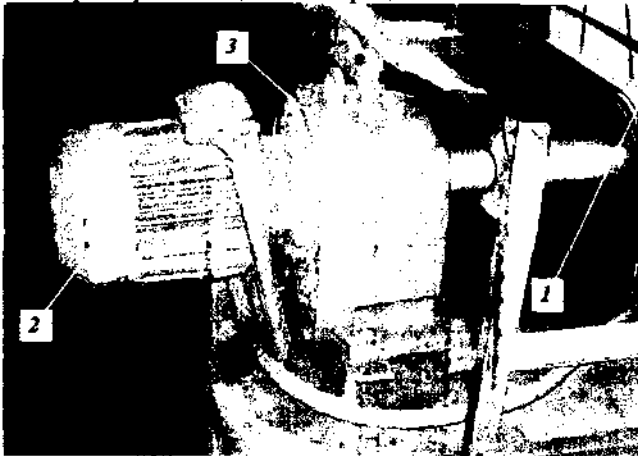


Рис. 1. Фото приводу експериментальної установки: 1 – електричний двигун; 2 – редуктор; 3 – підбираючий транспортер

На стрічку транспортера стебла льону викладались вручну таким чином, щоб розтягнутість льону складала 1,3 рази і 1,2 рази. Відрізок стрічки, який підлягав дослідженню, був викладений з пофарбованих стебел (ділянка I, рис. 2). Для проведення дослідів в одному випадку використовувались стебла свіжобрані (з відносною вологістю 47-49%), в іншому – підсушені (з відносною вологістю 20-

23%). Після укладання льону на транспортер експериментальна установка приводилась у рух. Стрічка транспортера рухалась зі швидкостями 1,5 м/с і 2,0 м/с. Зміна швидкості забезпечувалась за рахунок зміни передатного числа редуктора 3 (див. рис. 1) і таким чином забезпечувалась різна кількість ударів підбійки по стеблах за час їхнього транспортування.

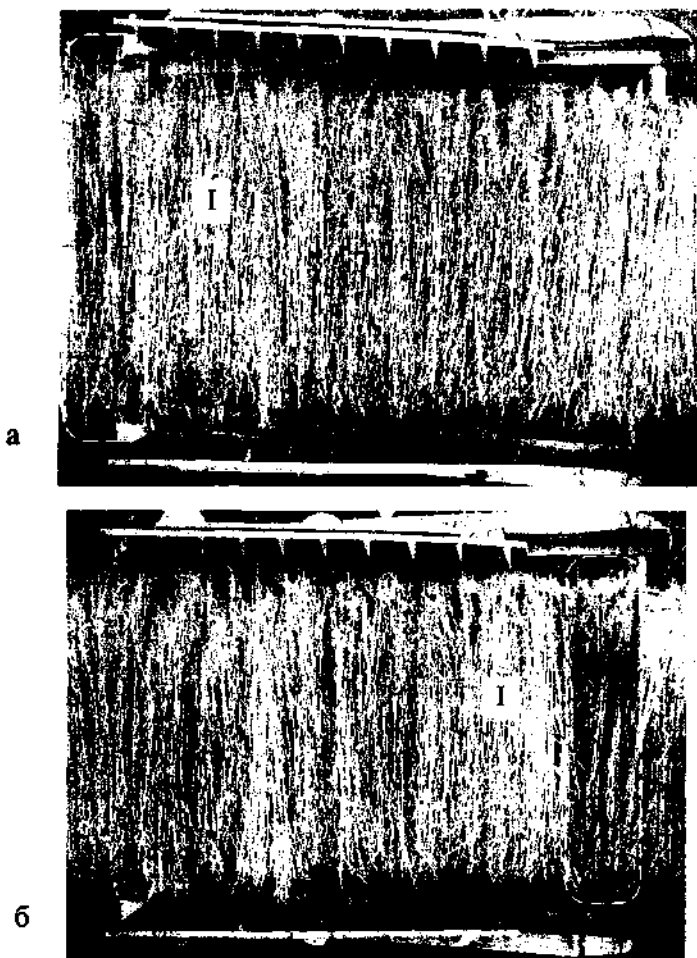


Рис. 2. Фрагменти кінозйомки: а – фрагмент з поміченими стеблами на вході; б – фрагмент з поміченими стеблами на виході; I – ділянка стрічки з поміченими стеблами

Стебла, викладені на транспортерній стрічці, рухались разом з нею вгору і знаходились постійно в об'єктиві відеокамери, встановленої на штативі. Моменти удару підбійки по стеблах також зафіксовані відеокамерою. Розклавши зйомку процесу підвінювання стебел за допомогою комп'ютера на окремі кадри, визначалась розтягнутість після одного удару, двох і трьох ударів і ці значення порівнювались з початковими.

Середні значення одержаних результатів наведені у табл. Побудовані за цими результатами графіки, які характеризують зміну відносної розтягнутості стрічки від кількості ударів підбиваючих дошок, подані на рис. 3.

Таблиця. Результати дослідження кількості ударів підбиваючих дошок на розтягнутість

№ з/п	Стан стрічки	Швидкість транспортера	Початкова розтягнутість, раз	Кількість ударів	Розтягнутість після підвінювання (середня)
1.	Свіжобрані стебла з відотною вологістю 47-49%	1,5	1,3	1	1,26
				2	1,22
				3	1,2
		1,5	1,2	1	1,16
				2	1,13
				3	1,12
		2,0	1,3	1	1,26
				2	1,24
				3	1,2
		2,0	1,2	1	1,18
				2	1,14
				3	1,13
2.	Стебла з відотною середньою вологістю 20-23%	1,5	1,3	1	1,24
				2	1,2
				3	1,17
		1,5	1,2	1	1,14
				2	1,10
				3	1,07
		2,0	1,3	1	1,24
				2	1,19
				3	1,17
		2,0	1,2	1	1,14
				2	1,12
				3	1,09

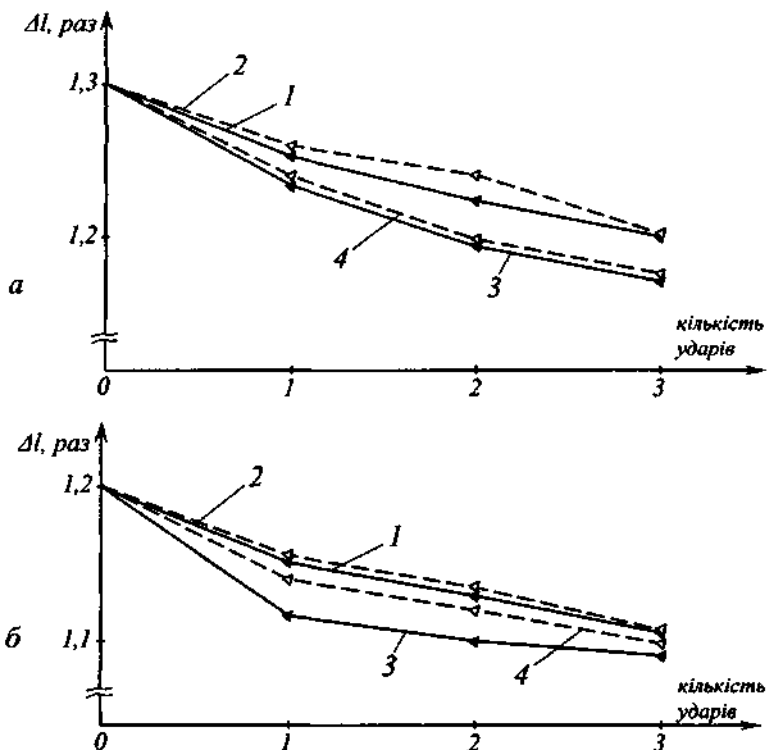


Рис. 3. Зміна розтягнутості при ударах підбійної дошки при початковій розтягнутості стрічки: а - $\Delta l = 1,3$ рази; б - $\Delta l = 1,2$ рази; 1 - $v_{тр} = 1,5$ м/с; $W = 49\%$; 2 - $v_{тр} = 2,0$ м/с; $W = 49\%$; 3 - $v_{тр} = 1,5$ м/с; $W = 20 - 23\%$; 4 - $v_{тр} = 2,0$ м/с; $W = 20 - 23\%$

Висновки. З даних таблиці і графіків (рис. 3) видно, що для досягнення максимального ефекту від підбивання стрічки необхідно, щоб підбійки здійснили 2-3 удари по стрічці. Причому, найбільша інтенсивність підбивання прослідковується при здійсненні першого і другого ударів. Це пояснюється тим, що при першому та другому ударах підбійка взаємодіє з невеликою кількістю виступаючих із загальної маси стебел і для їхнього переміщення необхідно долати порівняно невеликі сили тертя. При подальшому контакті підбійок зі стеблами зростає площа контакту і через зростання сил тертя стебла вже слабо переміщуються вздовж своєї осі. Крім того, за результатами проведених дослідів видно, що при швидкості транспортера

$v_{\text{сп}} = 1,5 \text{ м/с}$ зменшення розтягнутості, в середньому, досягає 6,66% при відносній вологості 49% і 10,05% – при вологості 20-23%. При $v_{\text{сп}} = 2,0 \text{ м/с}$ ці показники, відповідно, складають 6,15% і 9,49%.

Результати даних досліджень є основою для надання практичних рекомендацій щодо узгодження параметрів і режимів роботи розробленого пристрою для підрівнювання стрічки стебел льону.

Література

1. Хайліс Г.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Хайліс Г.А., Горбовий А.Ю., Гошко З.О., Ковальов М.М., Налобіна О.О., Юхимчук С.Ф. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 1998. – 268 с.

2. Луценко В.М. Исследование и разработка способов улучшения качества снопов льна-долгунца машинной вязки для сдачи их на льнозаводы пригодными к дальнейшей переработке: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05410. – Кострома, 1970. – 20 с.

3. Налобіна О.О. Льноозбиральні комбайни (основи теорії і розрахунку механізмів та питання експлуатації) / О.О. Налобіна. – Луцьк, РВВ ЛДТУ, 2006. – 208 с.

4. Толстушко М.М. Обґрунтування параметрів і режиму роботи підрівнювача-розстилача стрічки стебел льону: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 М.М. Толстушко. – Луцьк, 2004. – 229 с.

5. Конохов В.Ю. Механико-технологические основы подбора и подравнивания стебельной ленты: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологи и средства механизации сельского хозяйства» / В.Ю. Конохов. – М., 2007. – 24 с.

6. Пат. на винахід 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.

7. Пат. на корисну модель 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. Пуць В.С. Дослідження процесу підрівнювання стрічки льону на пасовому транспортері // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2007. – № 115. – С. 66–72.

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

Рецензент: д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК.631.356.42

© А.Ю. Ліннік

ВП НУБ і П України Бережанський агротехнічний інститут

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

За результатами вивчення технологічних процесів зрізу гички і схем вітчизняних та зарубіжних бурякозбиральних машин розроблено нову конструкцію гичкозбиральної машини, яка забезпечує ефективно очищення головок коренеплодів від залишків гички, за рахунок точного копіювання поверхні самої головки коренеплоду.

ГИЧКА, ЦУКРОВИЙ БУРЯК, ОЧИСНИК, КОРЕНЕПЛОД.

Постановка проблеми. Технологічний процес збирання врожаю цукрових буряків є одним із найбільш складних і енергомістких процесів, в тому числі і за кількістю виконуваних операцій: обрізання гички з послідуочим її подрібненням та транспортування із робочої зони поля, доочищення головок коренеплодів на корені, викопування, очищення, підбір і транспортування коренеплодів.

Питанням розрахунку та розробки конструкції гичкозбиральних та гичкоочисних машин займалися багато вчених, однак цілий ряд питань залишається невирішеним.

Метою даної роботи є розробка конструктивно-технологічної схеми трирядної навісної гичкозбиральної машини, що забезпечує підвищення якості очищення головок коренеплодів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією із основних технологічних вимог, що ставляться до гичкозбиральних машин є якість очищення головок коренеплодів від залишків гички, склад яких не повинен перевищувати 6% по масі коренеплодів.

Відомі різноманітні способи відокремлення залишків гички від коренеплодів: електричний, агротехнічний, механічний. На теперішній час найбільшого поширення набув механічний спосіб доочищення головок коренеплодів. При такому способі доочищення проводиться за допомогою активних та пасивних до обрізувачів. [1,2].

В сучасних бурякозбиральних машинах застосовується ціла гама різноманітних конструкцій очисників головок коренеплодів.

У гичкозбиральних машинах вітчизняного виробництва найбільше розповсюдження отримала компоновальна схема доочисника, зображеного на рис.1 (А.С. №660616). Такий доочисник складається з рами, опорних коліс, які копіюють рельєф поля, горизонтального вала, на якому по гвинтовій лінії закріплені еластичні

очисні бичі, виготовлені з гуми або поліуретану. За конструктивним виконанням бичі можуть бути прямокутної, квадратної або круглої форми.

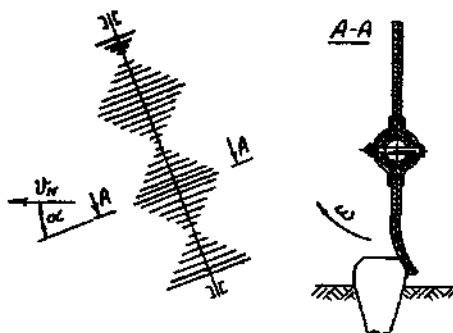


Рис.1. Компонувальна схема очисника та принцип роботи бича

При обертанні вала кінці еластичних бичів вдаряють по верхинах коренеплодів і збивають з них залишки гички, які виносять за межі оброблюваної зони. Винесення залишків гички на зібрану частину поля відбувається за рахунок розташування площини обертання ротора під кутом $15...17^{\circ}$ до напрямку руху машини.

Також у вітчизняному машинобудуванні мають місце доочисники з вертикальним розміщенням валу робочих органів. В такій компоновці найчастіше використовують жорсткі очисні елементи (рис 2).

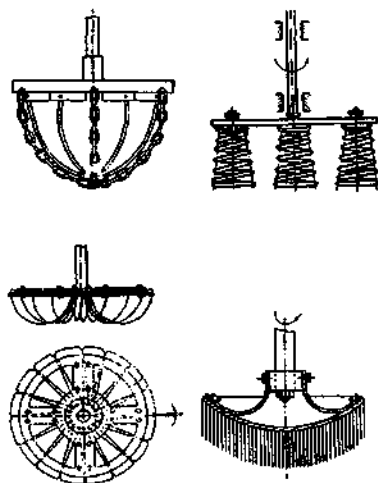


Рис.2. Очисники вертикального типу

Характерним недоліком технологічного процесу роботи таких доочисників є значне пошкодження коренеплодів жорсткими робочими органами.

Результати дослідження. Нами розроблено, виготовлено і проведено попередні польові випробування нової конструкції трирядної навісної машини для фермерських і приватних господарств, яка зображена на рис.3.

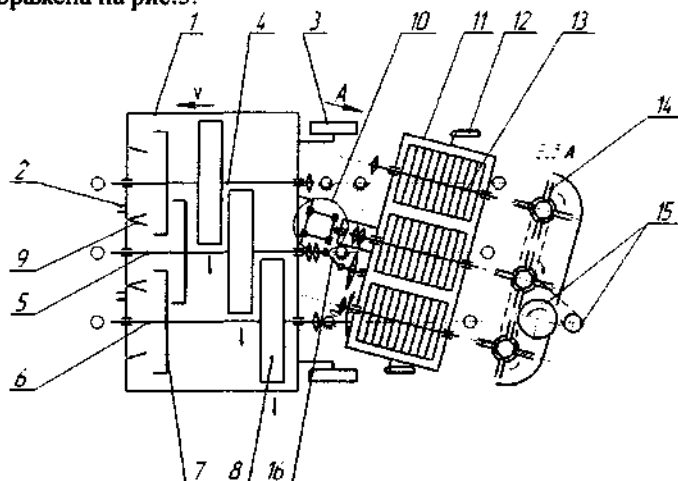


Рис. 3. Машина гичкозбиральна трьохрядна навісна

Конструктивно-компонувальна схема машини базується за принципами концентрації наступних операцій: піднімання, зрізання, подрібнення і транспортування гички, укладання її в валок, доочищення головок коренеплодів.

Машина гичкозбиральна навісна складається з рами 1 на якій закріплено її основні механізми і деталі.

До них відносяться навіска 2 за допомогою якої гичкозбиральна машина кріпиться до навісної системи трактора (на кресленні не показано), опорні колеса 3. На рамі 1 на підшипникових опорах встановлені правий 4 середній 5 і лівий 6 вали, на яких закріплені ножі високого зрізу 7 і бичі очистки 8. на рамі 1 жорстко встановлені гичкопіднімальні лапи 9, а також встановлений механізм 10 навіски рами 11 доочисника коренеплодів. На рамі 11 встановлені опорно-регульовальні полози 12, а також на підшипникових опорах встановлені вали 13 на яких закріплені бичі 14 доочистки головок коренеплодів.

На рамі 11 встановлений привідний механізм 15 зміни напрямку обертання валів 13 з бичами доочистки 14 і з'єднаний карданною

передачею 16 з середнім валом 5, який з'єднаний карданною передачею з валом відбору потужності трактора (на рисунку не показано).

Механізм 10 навіски (рис.4.) рамки 11 доочисника коренеплодів складається з передньої плити 17, яка жорстко закріплена на рамі 1 таким чином, що вона знаходиться у вертикальній площині і утворює кут α з вертикальною площиною перпендикулярною до вісі вала 5. В площині плити 17 горизонтально встановлені паралельні вісі 18, які шарнірно тягами 19 з'єднані з аналогічними вісями задньої плити 20.

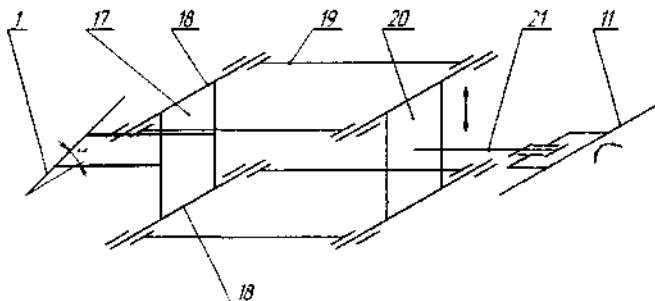


Рис. 4. Механізм навіски до очисника коренеплодів на раму гичкозбиральної машини

До задньої плити 20, перпендикулярно до її площини жорстко закріплено вісь 21 на якій шарнірно встановлена рамка 11 доочисника головок коренеплодів.

Налагоджування до роботи і робота гичкозбиральної машини здійснюється таким чином. Навішану на трактор машину опускають на рівну поверхню. Центральним гвинтом навіски трактора виставляють раму машини 1 в горизонтальне положення. За допомогою регульовально-опорних коліс 3 встановлюють оптимальну висоту зрізання гички. За допомогою регульовально-опорних положів 12 виставляють рамку 11 на висоту яка забезпечує дотик доочищуючих бичів 14 до поверхні ґрунту. З допомогою розносів тракторної навіски виставляють вал 5 строго по осі трактора.

Відрегульований агрегат заводять загінку опускають на поверхню ґрунту включають ВВП і здійснюють рух вперед. При цьому гичкопіднімальні лапи 9 піднімають гичку над поверхнею ґрунту, а ножі 7 її зрізають і подрібнюють бичі очисника 8 збивають залишки гички і згортають у валок з лівої сторони по ходу агрегату.

З вала 5 обертовий рух через карданну передачу 16 передається на механізм 15 зміни напрямку обертання, який обертає вали 13 з бичами доочиски 14 в протилежну сторону. Завдяки цьому залізани залишки гички обриваються еластичними бичами. Розміщення вала 13 під кутом α до осі рядка з оптимальною кількістю еластичних бичів 14 забезпечує оббивання залишків гички по всій поверхні головки коренеплодів. Механізм навіски 15 з шарнірним кріпленням рамки 11 доочисника головок коренеплодів забезпечує належне копіювання рельєфу поверхні ґрунту.

Виготовлений і попередньо випробуваний дослідний зразок трирядної навісної гичкозбиральної машини має переваги у порівнянні з існуючими аналогами (БМ-6, МБС-6) за рахунок шарнірно встановленої рамки доочисника на механізм навіски з можливістю вільного переміщення в вертикальній площині і повертання відносно горизонтальної осі, що і забезпечує точне копіювання поверхні чим і досягається вища якість очистки головок коренеплодів

Висновок. На підставі аналізу існуючих технічних засобів для очищення головок коренеплодів розроблено конструктивно-технологічну схему гичкозбиральної машини, що дозволяє підвищити якість виконання процесу.

Література

1. Напрями вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій, В.М.Булгаков, Р.М.Рогатинський О.Б.Павелчак. – Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.
2. Свеклоуборочные машины: (Конструирование и расчет) / Л.В.Погорельий, Н.В.Татьянко, В.В.Брей и др.: Под общ. ред. Л.В.Погорелого. – К.:Техника, 1983. – 168 с.
3. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини. – Тернопіль: „Поліграфіст”, 1997. – 108 с.
4. Мишин М.А., Бабко И.П., Борщевская Э.Б. Анализ конструкторских аппаратов к свеклоуборочным машинам.- Тракторы и сельскохоззяйственные машины. – 1992. - №4. – С. 21-24.
5. Прогноз розвитку бурякозбиральних машин та обґрунтування альтернативної валкової технології збирання цукрових буряків. – Техніка АПК. – 2002. - №7-9. - С. 18-23.

Рецензент: д.т.н. Г.А. Хайліс.

УДК 621.873

© В. С. Ловейкін, д.т.н., Ю. О. Ромасевич
Національний університет біоресурсів і природокористування України

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РУХУ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН ПРЯМИМИ ВАРІАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

В статті приведено спосіб вирішення задач оптимізації режимів руху механізмів (машин). Методика синтезу ґрунтується на вирішенні варіаційної задачі розробленим прямим варіаційним методом.

СИНТЕЗ, РЕЖИМ, МЕХАНІЗМ, ВАРІАЦІЙНИЙ МЕТОД.

Обґрунтування проблеми. При нестационарних режимах роботи різноманітних механізмів та машин виникають значні динамічні навантаження, які пов'язані зі змінних характером приводних зусиль або моментів. Ці навантаження передаються на елементи машин, що призводить до їх інтенсивного зношування та старіння. Тому виникає необхідність експлуатувати машини у таких режимах, при яких ці навантаження були б мінімізовані. Це дозволить покращити якість виконання операцій та підвищити надійність елементів машини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення задач оптимізації режимів руху механізмів та машин можливе з використанням різноманітних теорій оптимальних процесів: варіаційного числення [1], принципу максимуму [2], динамічного програмування [3]. Для отримання кінематичних та динамічних функцій ланок механізмів та машин, які характеризуються неперервністю похідних доцільно використати варіаційне числення. Однак аналітичне інтегрування рівняння Ейлера-Пуассона, яке є необхідною умовою екстремуму функціоналу (критерію) у більшості випадків неможливе, наприклад, через його не лінійність. Тому цілком практичний інтерес викликають прямі варіаційні методи [4].

Мета та задачі дослідження. Метою проведеного дослідження є розроблення методики синтезу оптимальних режимів руху механізму (машини) прямими варіаційними методами. У відповідності до мети ставляться такі задачі:

- 1) обрати модель механізму для проведення його оптимізації;
- 2) викласти сутність нового прямого варіаційного методу;
- 3) провести оптимізацію режимів руху механізму за допомогою прямого варіаційного методу.

Методика досліджень. Для проведення процедури оптимізації режимів руху механізмів необхідно обрати динамічну розрахункову модель. У якості такої моделі приймемо одномасову модель, у якій маса здійснює поступальний рух впродовж деякої напрямної. Це перше наближення, яке здійснюється для опису руху механізму, тому воно найпростіше. Однак вже одномасова модель дає змогу отримати оптимальні закони руху механізму, які можуть бути певним „взірцем” для подальших, більш детальних, досліджень руху машини.

Викладемо сутність нового прямого методу синтезу оптимальних траєкторій. Нехай потрібно знайти екстремум функціоналу (який представляє собою критерій руху механізму або машини), у підінтегральний вираз якого входить похідна k -го порядку:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} P(t, x(t), \dot{x}(t), \ddot{x}(t), \dots, x^{(k)}(t)) dt, \quad (1)$$

де t_0 та t_1 - час, при якому починається та закінчується рух машини (механізму) відповідно; t - поточний час; x - узагальнена координата руху механізму; $x^{(k)}(t)$ - похідна від узагальненої координати k -го порядку. При цьому рівняння Ейлера-Пуассона є рівнянням $2k$ -го порядку. Тому для його вирішення необхідно задати $2k$ крайових умов (наприклад k умов на початку руху та k в кінці руху). Новий спосіб синтезу оптимальної траєкторії руху машини полягає у тому, щоб

вирішити диференціальне рівняння $(2k+s+r)$ -го порядку: $x^{(2k+s+r)} = 0$. Тут s - кількість додаткових крайових умов, які необхідно поставити для покращення умов руху машини (на початку і/або у кінці руху системи), тобто для усунення „жорстких” ударів [4]. У частинному випадку може бути $s=0$. Величина r - кількість додаткових умов, які ставляться в інтервалі $[t_0, t_1]$, позначимо їх через q_1, q_2, \dots, q_r . Таким чином, вирішення диференціального рівняння містить r параметрів. Після цього можна визначити чому рівний інтеграл (1), у який також будуть входити r параметрів, тобто функціонал (1) перетворюється у функцію параметрів q_1, q_2, \dots, q_r . Надалі диференціюємо функціонал $I = \phi(q_1, q_2, \dots, q_r)$ за параметрами q_1, q_2, \dots, q_r і вирішуємо систему рівнянь:

$$\frac{\partial I}{\partial q_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, r). \quad (2)$$

Підставляючи визначені значення q_1, q_2, \dots, q_r у формулу для вирішення диференціального рівняння і спрощуючи її, отримаємо наближене вирішення варіаційної задачі. Переходом при $r \rightarrow \infty$ отримуємо точне вирішення задачі.

Необхідно зазначити, що постановку додаткових r умов можна робити декількома способами: 1) задати значення функції у різні моменти часу, наприклад $x\left(\frac{i(t_1 - t_0)}{r+1}\right) = q_i, i = 1, 2, \dots, r$; 2) задати значення функції та її вищих похідних у один конкретний момент часу, наприклад посередині інтервалу $[t_0, t_1]$ $x^{(i)}\left(\frac{t_1 - t_0}{2}\right) = q_i, i = 0, 1, \dots, r-1$; 3) задати значення функції та її вищих похідних у різні моменти часу (поєднання двох попередніх способів). Всі способи завдання додаткових умов приводять до одних і тих же результатів.

Основна перевага нового прямого варіаційного методу полягає у тому, що наближений розв'язок варіаційної задачі шукається у класі функцій, до яких належить і точний розв'язок. До переваг цього методу слід віднести і те, що є можливість синтезувати закони руху механізмів з „пом'якшеними” кінематичними та динамічними характеристиками, що дуже важливо для сучасних механізмів та машин, і чого, в деяких випадках, неможливо досягти навіть точним вирішенням варіаційних задач (за допомогою інтегрування рівняння Ейлера-Пуассона).

Синтез оптимальних режимів руху механізмів за критерієм квадрату складової приводного зусилля

Протягом перехідних режимів руху різноманітних механізмів та машин зовнішня силова дія приводить їх у рух. Якщо зовнішня сила (момент) більша ніж сила опору переміщення механізму, тобто $F_{зовн} - W = F_{дин} > 0$ то він прискорюється. У випадку, коли $F_{дин} < 0$ відбувається загальмовування механізму (машин). Джерелом зовнішньої силової дії у механізму є привод. Одним з найпоширеніших приводів є електричний, зокрема від асинхронного короткозамкненого двигуна. У асинхронних двигунів електричні витрати пропорційні квадрату моменту на валу, тому актуальною є задача мінімізації цього показника протягом перехідних режимів руху механізму, оскільки у цих режимах динамічна складова моменту, а відповідно і сила, яка діє на механізм, є максимальною. Таким чином, необхідно вирішити варіаційну задачу – мінімізувати інтегральний функціонал:

$$I = \int_0^t F_{дин}^2 dt = \int_0^t (m\ddot{x})^2 dt \rightarrow \min, \quad (3)$$

де m - приведена до поступального руху маса механізму, t_1 - тривалість розгону механізму (машини).

Точний аналітичний розв'язок представленої задачі можемо знайти у роботі [5], при нульовому початковому положенні матеріальної точки він набуває вигляду:

$$x = v\left(1 - \frac{t}{t_1}\right) \frac{t^2}{t_1}, \quad (4)$$

де v - номінальна швидкість, до якої розганяється механізм.

При цьому функціонал набуває такого значення:

$$J = \frac{4}{3} \frac{m^2 v^2}{t_1}. \quad (5)$$

Розв'яжемо цю задачу прямим варіаційним способом та порівняємо отримані результати з (5).

Розв'яжемо диференціальне рівняння (4+1+4)-го порядку. Тут $2k=4$ - порядок рівняння Ейлера - Пуассона для функціоналу (3):

$$x^{IV} = 0, \quad (6)$$

$s=1$ - додаткова крайова умова (рівність нулю прискорення на початку руху маси $\ddot{x}(0) = 0$), $r=4$ - додаткові умови, які задаються, наприклад, другим способом. Таким чином, будемо мати:

$$x^{IX} = 0. \quad (7)$$

Це рівняння будемо розв'язувати при таких крайових умовах:

$$\begin{cases} x(0) = 0, & \dot{x}(0) = v, & \ddot{x}(0) = 0; \\ x\left(\frac{t_1}{2}\right) = q_1, & \dot{x}\left(\frac{t_1}{2}\right) = q_2, & \ddot{x}\left(\frac{t_1}{2}\right) = q_3, & \ddot{\ddot{x}}\left(\frac{t_1}{2}\right) = q_4; \\ \dot{x}(t_1) = v, & \ddot{x}(t_1) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язок рівняння (7) при крайових умовах (8) представляється у вигляді:

$$\begin{aligned} x = & \frac{t^3}{210t_1^8} (-53760q_1(t-t)^3(3t^2 - 3tt_1 + t_1^2) + (2t-t_1)t_1(48q_2(576t^4 - \\ & -1976t^3t_1 + 2520t^2t_1^2 - 1431tt_1^3 + 314t_1^4) + (2t-t_1)(-1680q_3(t-t_1)^3t_1 + \\ & + 2q_4(2t-t_1)t_1^2 \times (48t^2 - 105tt_1 + 58t_1^2) + 3(-2t+t_1)(-51t+62t_1)v)). \end{aligned} \quad (9)$$

Знаючи функцію $x(t)$, можемо легко знайти чому рівний функціонал (3):

$$I = \frac{2m^2}{55180125t_1^3} (12283084800q_1^2 - 26880q_1t_1(313344q_2 + 32t_1(-735q_3 + 136q_4t_1)) - 20697v + t_1^2(1627345152q_2^2 + 16228800q_3^2t_1^2 + 469628q_4^2t_1^4 - 5706816q_4t_1^2v + 90892863v^2 - 5880q_3(512q_4 + 643v)) - 384q_2(564480 \times q_3t_1 - 120373q_4t_1^2 + 974478v))), \quad (10)$$

який є функцією параметрів q_1, q_2, q_3, q_4 . Оберемо ці параметри таким чином, щоб функціонал досягав мінімуму, для чого розв'яжемо систему рівнянь:

$$\partial I / \partial q_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4). \quad (11)$$

Не будемо приводити процес розв'язання цих рівнянь, а запишемо лише кінцевий результат: значення параметрів

$$q_1, q_2, q_3, q_4, \text{ при яких функціонал набуває екстремуму: } q_1 = \frac{533t_1v}{4608},$$

$$q_2 = \frac{v}{2}, \quad q_3 = 161v/144t_1, \quad q_4 = 0.$$

Спростимо вираз (9) та знайдемо його вищі похідні за часом:

$$x = \frac{t^3v(-143t^5 + 572t^4t_1 - 924t^3t_1^2 + 770t^2t_1^3 - 350tt_1^4 + 84t_1^5)}{18t_1^7}, \quad (12)$$

$$\dot{x} = \frac{t^2v(-572t^5 + 2002t^4t_1 - 2772t^3t_1^2 + 1925t^2t_1^3 - 700tt_1^4 + 126t_1^5)}{9t_1^7}, \quad (13)$$

$$\ddot{x} = \frac{28t(t-t_1)v(143t^4 - 286t^3t_1 + 209t^2t_1^2 - 66tt_1^3 + 9t_1^4)}{9t_1^7}. \quad (14)$$

Проілюструємо отримані функції їхніми графіками при $t_1 = 1\text{с}$, $v = 1\text{м/с}$.

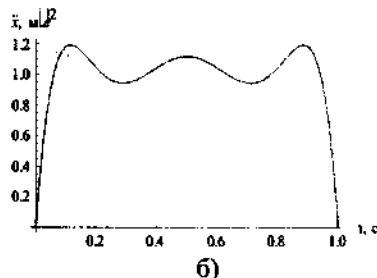
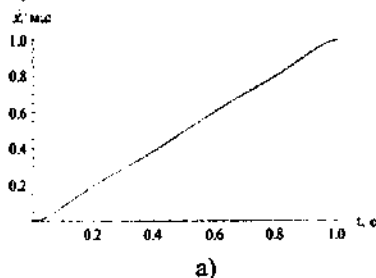


Рис. 1. Графіки функцій, які відповідають оптимальному закону руху механізму: а) графік швидкості руху механізму; б) графік прискорення механізму

Знаючи функцію прискорення матеріальної точки протягом розгону, можемо записати чому рівний функціонал за виразом (3):

$$I = \frac{28}{27} \frac{m^2 v^2}{t_1}. \quad (15)$$

Порівнюючи вирази (5) і (15) можемо зробити висновок, що знайдено такий закон руху механізму, який доставляє мінімум функціоналу і значення цього мінімуму на 30% менше ніж значення мінімуму отримане для екстремалі, знайденої за допомогою рівняння Ейлера-Пуассона. Збільшуючи кількість додаткових крайових умов можна добитись подальшого зменшення значення мінімуму функціоналу. Крім того, рух механізму на початку руху є плавним, що зменшує коливні динамічні навантаження у приводі механізму.

Збільшимо кількість додаткових умов: поставимо 5 умов q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 . Не будемо зупинятись на вирішенні цієї задачі.

Запишемо результат – значення функціоналу $I = \frac{45}{44} \frac{m^2 v^2}{t_1}$. Поставимо

на одну умову більше: $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$. Отримаємо таке ж значення функціоналу, як і при постановці п'яти умов. При постановці семи та восьми умов отримаємо таке значення функціоналу

$I = \frac{66}{65} \frac{m^2 v^2}{t_1}$. Постановка дев'яти та десяти умов дасть наступне

значення функціоналу $I = \frac{91}{90} \frac{m^2 v^2}{t_1}$. Таким чином, можемо узагальнити

ці випадки та записати наступну формулу:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{t_1} F_{\text{dov}}^2 dt = I(q_1, q_2, \dots, q_n) = \frac{m^2 v^2}{t_1}. \quad (16)$$

Таке значення функціоналу (16) ми можемо отримати вирішивши рівняння Ейлера-Пуассона (6) з крайовими умовами:

$$\begin{cases} x(0) = 0, & \dot{x}(0) = v, \\ x(t_1) = \frac{vt_1}{2}, & \dot{x}(t_1) = v. \end{cases} \quad (17)$$

При цьому екстремаль описується рівнянням:

$$x = \frac{vt^2}{2t_1}, \quad (18)$$

а перша похідна екстремалі за часом є пряма лінія. На початку та в кінці руху механізму його прискорення має розриви.



Значення функціоналу вже при чотирьох додаткових умовах досить непогано наближається до значення отриманого при аналітичному вирішенні варіаційної задачі.

Зробимо акцент на одній важливій властивості, а саме: значення функціоналу зменшується при збільшенні кількості додаткових умов на дві одиниці. Таким чином, найкраще ставити непарну кількість додаткових умов.

Синтез оптимальних режимів руху механізмів і машин з урахуванням обмежень на динамічне зусилля

Вирішимо варіаційну задачу – мінімізуємо функціонал за виразом (3) при врахуванні обмеження на максимальну величину динамічного зусилля $F_{dum} \leq F_{max}$. Фізичний зміст цього обмеження полягає у тому, що момент (а відповідно і зусилля), який діє на механізм зі сторони проводу, звичайно, є обмеженим деякою величиною, наприклад критичним моментом у асинхронному двигуні.

Приведемо спосіб синтезу законів руху механізму, які б враховували обмеження на величину динамічного зусилля. Для того, щоб виконувалась нерівність можна виконати заміну змінних у відповідності до рівняння:

$$M^2 = F_{max} - F_{dum} = F_{max} - m\ddot{x}. \quad (19)$$

(Цей спосіб отримав назву методу Валентайна [6]).

З цього рівняння можемо виразити $m\ddot{x}$ та визначити функціонал за формулою (3):

$$I = \int_0^{t_1} F_{dum}^2 dt = \int_0^{t_1} (F_{max} - M^2)^2 dt \rightarrow \min. \quad (20)$$

Рівняння Ейлера-Пуассона для наведеного функціоналу набуває такого вигляду:

$$M(M^2 - F_{max}) = 0, \quad (21)$$

тобто по суті воно розпадається на два рівняння: $M = 0$ та $(M^2 - F_{max}) = 0$. Таким чином, можна зробити висновок: екстремум функціонала з урахуванням обмежень може досягатись лише на кривих, які складені з кусків екстремалей і кусків межі границі допустимої області (у частинних випадках довжина кусків екстремалей або кусків межі області може перетворюватись у нуль) [7].

Знайдемо функцію, яка доставляє мінімум функціоналу (20) новим прямим варіаційним способом. Для цього розв'яжемо диференціальне рівняння третього порядку:

$$\ddot{M} = 0, \quad (22)$$

при крайових умовах:

$$\begin{cases} M(0) = \sqrt{F_{\max}}; \\ M\left(\frac{t_1}{2}\right) = q_1; \\ M(t_1) = \sqrt{F_{\max}}. \end{cases} \quad (23)$$

Початкова та кінцева умови вибрані таким чином, щоб початкове та кінцеве прискорення механізму були рівні нулю.

Запишемо розв'язок рівняння:

$$M = \frac{\sqrt{F_{\max}}(t_1 - 2t)^2 + 4q_1 t(t_1 - t)}{t_1^2}. \quad (24)$$

Підставимо отриманий результат у формулу (20) та визначимо інтеграл (20):

$$I = \int_0^{t_1} F_{\text{дин}}^2 dt = \frac{32}{315} (\sqrt{F_{\max}} - q_1)^2 (7F_{\max} + 10\sqrt{F_{\max}} q_1 + 4q_1^2) t_1. \quad (25)$$

Візьмемо похідну з цього виразу за параметром q_1 та прирівняємо отриманий вираз до нуля:

$$-\frac{64}{315} (2F_{\max}^{\frac{3}{2}} + 9F_{\max} q_1 - \sqrt{F_{\max}} q_1^2 - 8q_1^3) t_1 = 0. \quad (26)$$

Це рівняння має три корені:

$$\begin{cases} q_{1,1} = \sqrt{F_{\max}}; \\ q_{1,2,3} = \frac{1}{16} (-11 \pm \sqrt{57}) \sqrt{F_{\max}}. \end{cases} \quad (27)$$

Перший корінь відкидаємо, оскільки підставивши його у вираз (25), отримаємо нульовий результат.

Оберемо лише один корінь та будемо працювати з ним. Для цього побудуємо графіки функцій для динамічного зусилля, отриманого підстановкою другого та третього коренів у рівняння (19) при параметрах $F_{\max} = 1000 \text{ Н}$, $v = 1 \text{ м/с}$, $m = 1000 \text{ кг}$, $t_1 = 0,5 \text{ с}$.

Оберемо третій корінь, оскільки він дає результат за яким динамічне зусилля не змінює свого знаку, що є бажаним при реалізації закону керування на практиці.

Визначимо динамічне зусилля з урахуванням виразу (27) для другого кореня:

$$F_{\text{дин}} = F_{\max} - \frac{F_{\max} (-(-27 + \sqrt{57})t^2 + (-27 + \sqrt{57})t_1 + 4t_1^2)}{16t_1^4}. \quad (28)$$

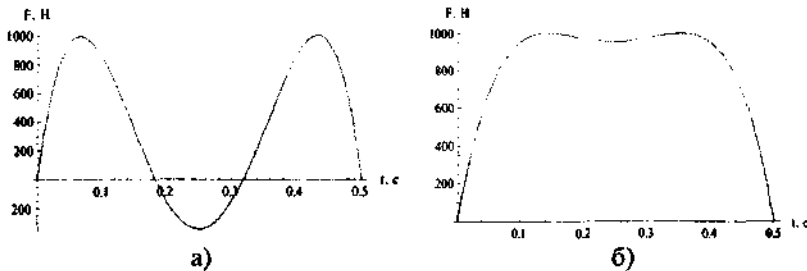


Рис. 2. Графіки функцій динамічного зусилля, які відповідають різним кореням: а) графік швидкості руху механізму; б) графік прискорення механізму

Оскільки динамічне зусилля рівне добутку (приведеної) маси механізму, або машини на її прискорення, то подвійним інтегруванням виразу (28) при нульових початкових умовах ($x(0) = \dot{x}(0) = 0$) отримаємо шуканий закон руху:

$$x = \frac{F_{\max} t^3}{480 m t_1^4} (6(-131 + 9\sqrt{57})t^3 + 18(131 - 9\sqrt{57})t^2 t_1 + 5(-501 + 31\sqrt{57})t_1^2 - 40(-27 + \sqrt{57})t_1^3). \quad (29)$$

Диференціюванням виразу (29) за часом отримаємо функцію зміни швидкості механізму:

$$\dot{x} = \frac{F_{\max} t^2}{240 m t_1^4} (18(-131 + 9\sqrt{57})t^3 + 45(131 - 9\sqrt{57})t^2 t_1 + 10(-501 + 31\sqrt{57})t_1^2 - 60(-27 + \sqrt{57})t_1^3). \quad (30)$$

У формулах (29) та (30) явно не вказана величина номінальної швидкості, до якої розганяється механізм. Тому знайдемо таке значення часу розгону t_1 , після закінчення якого механізм буде мати швидкість v . Для цього знайдемо швидкість, яку механізм набуває у кінці розгону:

$$\dot{x}(t_1) = \frac{7(21 + \sqrt{57})F_{\max} t_1}{240 m}, \quad (31)$$

прирівняємо її до v та розв'яжемо отримане рівняння. В результаті отримаємо:

$$t_1 = \frac{5(21 - \sqrt{57})mv}{56 F_{\max}}. \quad (32)$$

Зобразимо на графіках переміщення, швидкість та прискорення механізму при таких параметрах: $F_{\max} = 5500 \text{ Н}$, $v = 2 \text{ м/с}$, $m = 1000 \text{ кг}$.

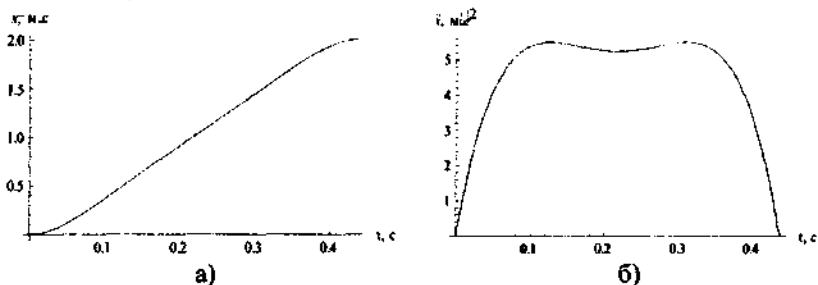


Рис. 3. Графіки функцій, які відповідають оптимальному закону руху механізму: а) графік швидкості руху механізму; б) графік прискорення механізму

Повернемось до раніше побудованого графіка (рис. 2 б.). Аналізуючи його можна сказати, що екстремаль задовольняє обмеженням на приводне динамічне зусилля і, в даному випадку, досягає межі допустимої області лише два рази.

Висновок. Таким чином, синтезовано закони руху механізму, за якими мінімізується динамічний критерій руху механізму. Крім того, отримано також закон руху механізму, який враховує обмеження, що накладені на величину динамічного приводного зусилля. Задачі оптимізації вирішувались новим прямим варіаційним методом, який можна використати також для знайдення оптимальної траєкторії руху механізмів, які описуються більш складними (багатомасовими) динамічними моделями.

Література

1. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
2. Понтрягин Л.С., Болтнянский В.Г., Гамкрелидзе Е.Ф., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – 4-е изд. – М.: Наука, 1983. – 392 с.
3. Беллман Р. Динамическое программирование (под ред. Н.Н. Воробьева). – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 400 с.
4. Хитрик В.Э. Методы динамической оптимизации механизмов машин-автоматов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 116 с.

5. Григоров О.В., Ловейкин В.С. Оптимальное керування рухом механізмів вантажопідійомних машин: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 264 с.

6. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение (под ред. Топчиева Ю.И.). – М.: Машиностроение, 1972. – 544 с.

7. Петров Ю.П. Вариационные методы теории оптимального управления. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1977. – 280 с.

УДК 532; 533.2

© В.С. Ловейкін, д.т.н., Ю.В. Човнюк, к.т.н., Л.С. Шимко
Національний університет біоресурсів і природокористування України

МОДЕЛЮВАННЯ У ЗАДАЧАХ ТРАНСПОРТУ ГРАНУЛЬОВАНИХ ВОЛОГИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Встановлено основні закономірності руху і транспортування гранульованих сільськогосподарських матеріалів за наявності впливу потоку рідини на рух прошарку вздовж похилої площини.

ТРАНСПОРТ, ГРАНУЛА, ВОЛОГА, НАПРУЖЕННЯ.

Постановка проблеми. Вплив добавки твердих гранул на опір зсуву у рідині був розглянутий й розрахований ще у роботі А. Ейнштейна [2]. Незважаючи на те, що до теперішнього часу границі подібного розгляду були розширені, він обмежувався малими розмірами гранул у широко розповсюдженому випадку суспензій, коли можна знехтувати взаємним впливом часточок однієї на одну. Умови за яких дані ефекти є суттєвими, були досліджені у роботах великої кількості авторів [1] у реологічному аспекті при течії псевдовязкої не ньютонівської рідини, яка складається з суспензії макромолекул чи дрібних твердих часточок ґрунту. Однак, при цьому виникали складнощі, пов'язані із необхідністю врахування їх електрохімічної взаємодії.

За глибоким переконанням авторів даної роботи, нерозглянутий до сих пір найпростіший випадок руху висококонцентрованої суспензії великих твердих сфер (сільськогосподарської сировини, матеріалів, продуктів переробки (гранули)) у ньютонівській рідині (ефект вологості) відноситься до

області, яка знаходиться на границі між реологічним й гідродинамічним підходами.

Даний випадок повинен бути надзвичайно важливим при розгляді впливу потоку рідини на засипаний прошарок часточок у задачах транспорту гранульованих матеріалів (продуктів переробки сільськогосподарської сировини), зерна тощо.

На думку авторів даної роботи, явища, котрі спостерігаються у експериментах, не можна пояснити без залучення й постулювання існування дисперсійного тиску гранул, який має таку величину, щоб суттєва частина рухомих часточок знаходилась у рівновазі у полі тяжіння незалежно від того, впливає на це чи ні турбулентність рідини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота [3] присвячена новому напрямку у механіці гранульованих середовищ – так званих «теорії швидких рухів». У цій теорії досліджується течія зернистих середовищ, котра зазвичай реалізується у гравітаційних потоках (рух зерна у елеваторах) і відрізняється відносно великими (порядку метрів у секунду) швидкостями часточок. Виявляється, що поведінка матеріалів за такого типу течії схожа на поведінку в'язкої рідини у аналогічних умовах і принципово відрізняється від передбачень теорії, заснованих на класичних підходах Кулона.

Починаючи з фундаментальної роботи К.Кулона (1773 р) й до початку 60 - х років ХХ століття, механіка гранульованих середовищ розвивалась у основному як наука про статичку сипучих середовищ. Це у значній мірі пояснювалось тим, що рівняння, які описують напружений стан середовища при плоскому деформованому стані (С.А. Христіанович (1938 р.)), (В.В. Соколовський (1939 р.)) й у осесиметричному випадку (О.Ю. Ішлінський (1944 р.)), так само як і рівняння теорії ідеальної пластичності, є статично визначеними, тобто у випадку статично визначених крайових умов можуть бути розв'язані без залучення кінематичних співвідношень.

Незважаючи на велике розмаїття підходів до вивчення деформованого стану середовища, найбільш коректною до сих пір є, запропонована Д. Друккером та В. Прагером (1952), теорія течії, заснована на застосуванні асоційованого закону до критерію текучості Кулона. Основною перевагою цієї теорії є те, що характеристики полів напружень та швидкостей у цьому випадку співпадають, і області, які знаходяться у граничній рівновазі, можуть бути визначені однозначно.

Однак, як зазначено вище, існують класи течій гранульованих середовищ, у котрих спостережувані поля швидкостей і напружень знаходяться у суттєвій невідповідності з результатами теорій, заснованих на класичних підходах.



Фізична сторона виникнення «в'язких» ефектів при швидких течіях сухих гранульованих середовищ пояснюється тим [1], що при «макрорусі» зсувного потоку у повздовжньому напрямку виникають переміщення часточок у поперечному напрямку, котрі передають з прошарку у прошарок додаткову кількість руху (імпульс) й тим самим викликають появу додаткових «в'язких» дотичних напружень.

Невирішена раніше частина загальної проблеми. Глибоке розуміння закономірностей руху сипучих середовищ під дією зсуву було б особливо корисним при проектуванні та конструюванні вивантажувальних пристроїв і механізмів, що призначені для переміщення сипких тіл, при виконанні технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції.

Мета даної роботи полягає у встановленні основних закономірностей руху і транспортування гранульованих сільськогосподарських матеріалів за наявності впливу потоку рідини на рух прошарку вздовж похилої площини.

Виклад основного матеріалу. Нехай система твердих сфер постійного діаметра D й щільністю σ розміщена таким чином, що сфери знаходяться у контакті одна з одною й реалізоване тетраедричне пакування, яке дає мінімальну величину порового простору (рейнольдсове «нормальне» пакування), і крім того, вважатимемо, що часточки мають однорідний розподіл у просторі так, що відстань D між їх центрами збільшена до величини bD ($b > 1$). Якщо кінцева величина відстані вповдовж лінії центрів між поверхнями часточок дорівнює S , тоді:

$$b = \frac{s}{D} + 1 = \frac{1}{\lambda} + 1, \quad (1)$$

де $\lambda = \frac{D}{s}$ – «лінійна концентрація».

Відношення простору, який заповнений гранулами, до повної величини розглядуваного об'єму сипучого матеріалу (інакше кажучи, об'ємна концентрація) дається виразом:

$$C = \frac{C_0}{b^3} = \frac{C_0}{\left(\frac{1}{\lambda} + 1\right)^3}, \quad (2)$$

де C_0 — максимально припустима концентрація у випадку

$\lambda = \infty$ ($s = 0$), котра для випадку сфер дорівнює $\frac{\pi}{3\sqrt{2}} \approx 0,74$.

Прийняте нами нормальне пакування здійснюється таким чином, що паралельні площини можуть утримувати у собі центри суміжних сфер, які знаходяться у вершинах квадрату чи правильного трикутника. Відстань між центрами сусідніх прошарків, які складаються з гранул, розміщених у вершинах трикутника, дорівнює

$\sqrt{\frac{2}{3}}bD$. Враховуючи, що один із прошарків, які контактують, може

тільки проковзувати, відносно іншого величина λ не може перебільшувати 22,5. Відстань між прошарками, коли гранули

розміщені у вершинах квадрату, дорівнює $\frac{\sqrt{2}}{2}bD$ й при ковзанні, яке

відбувається між цими прошарками, максимальна величина $\lambda = 8,3$. У випадках, коли існує дисперсія (розкид) у розподілі сфер за розмірами, або, якщо зсув відбувається вповодж паралельних криволінійних поверхонь, слід очікувати, що загальна зсувна деформація стає можливою при деяких проміжних значеннях λ , скажімо, від 12 до 14. За менших значень λ часточки прошарків пройдуть відносно один до одного без взаємодії. Інакше кажучи, ймовірність виникнення дотичного напруження, зв'язаного з миттєвим або тривалим контактом між сукупністю гранул, швидко спадає при зменшенні λ .

Основні припущення даного дослідження зводяться до наступних:

1. Опис здійснюється для випадку постійної зсувної деформації dU/dy , і середня швидкість гранул відносно оточуючого їх середовища дорівнює 0 в усій розглядуваній (лабораторній) системі координат;

2. деформація зсуву dU/dy підтримується постійною у часі за рахунок прикладених зовнішніх сил, діючих на всі гранули у напрямку вісі x ;

3. кінематична енергія системи із одиниці об'єму зберігає постійною свою величину завдяки наявності втрат на тертя;

4. рух гранул у доповнення до дрейфу вповодж вісі x складається з коливань по всім напрямкам, при котрих сусідні часточки наближаються одна до одної й віддаляються.

У подальшому розглянемо випадок, коли переважає в'язкість рідини над інерцією гранул.

У випадку, коли в'язка ньютонівська рідина у проміжках між часточками знаходиться у стані зсуву, слід визначити дисперсійний тиск. З'ясуємо фізичні механізми, які відповідальні за виникнення

такого тиску, якщо зберігається ізотропічний розподіл гранул у рідині. Якщо, однак, процес проходження гранул однієї над одною на стадії зближення супроводжується зменшенням складової швидкості зсуву у напрямку x у часі в порівнянні з її середньою величиною δU , а за цим слідє її збільшення на стадії віддалення, тоді у результаті повинна створитись статистично переважаюча конфігурація гранул, котра показана на рис. 1.

У цьому випадку повинен виникнути поперечний тиск, аналогічний тому, котрий виникає у статистиці при подібному безпосередньому контакті гранул. Тут також можна провести аналогію з розподілом та організацією руху на жвавій транспортній магістралі.

Припустимо, що амплітуда флуктуації швидкості зсуву знаходиться у деякому відношенні $f'(\lambda)$ до середньої швидкості зсуву δU , тому $\zeta = \delta U \cdot f'(\lambda)$. Якщо миттєве абсолютне значення швидкості зсуву є ξ , то миттєва величина напруження зсуву τ дається формулою $\tau = \frac{\eta}{s} \cdot \xi$. Якщо також припустимо, що флуктуація швидкості має наближено гармонічний вид, тоді справедливе співвідношення:

$$\xi = \delta U + \zeta \cdot \sin \theta = \delta U \cdot (1 + f'(\lambda) \cdot \sin \theta). \quad (3)$$

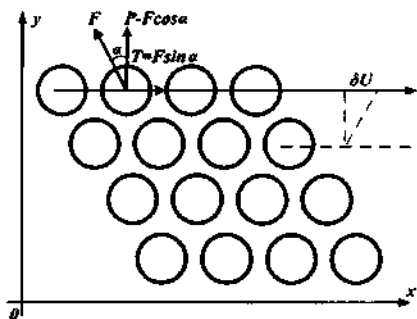


Рис. 1. Двовимірна схема імовірнісного статистично переважного розміщення гранул (не еквідистантного), котра може проілюструвати пропорціональність дисперсійного тиску дотичному напруженню у в'язкій рідині

Робота, яка виконується у процесі зміщення одного прошарку гранул відносно іншого (що утворює одну повну флуктуацію), дається

інтегралом $\int_0^{2\pi} \tau \cdot \xi \cdot d\theta$, причому середня величина дотичного напруження $\bar{\tau}$ на цьому зміщенні буде дорівнювати:

$$\bar{\tau} = \frac{\eta}{2\pi \cdot s \cdot \delta U} \cdot \int_0^{2\pi} \xi^2 \cdot d\theta = \frac{\eta \cdot \delta U}{2\pi s} \cdot \int_0^{2\pi} (1 + f'(\lambda) \sin \theta)^2 d\theta. \quad (4)$$

Оскільки

$$\frac{\delta U}{s} = \frac{bD}{s} \cdot \frac{dU}{dy} = (1 + \lambda) \cdot \frac{dU}{dy}, \quad (5)$$

то звідси випливає

$$\bar{\tau} = \eta \cdot (1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{f'(\lambda)}{2}\right) \cdot \frac{dU}{dy}. \quad (6)$$

Слід зазначити, що у випадку переважання сил інерції дотичне напруження τ представляє собою власне напруження між гранулами, яке розглядається у якості додаткового до зсувного напруження рідини τ' , котре може продовжувати існувати завдяки залишковій турбулентності рідини, а у випадку $\lambda = 0$, коли τ' стає рівним τ , дотичне напруження стає рівним нулю. Таким чином, у випадку переважання сил інерції можна записати $\tau = T + \tau'$ (замінюючи $\bar{\tau}$ на τ). Однак у випадку переважання сил в'язкості природа τ є більш складною, залежною від впливу в'язкості рідини із врахуванням наявності гранул, і не може бути чітко розділена на величини T і τ' , які відносяться відповідно до гранул і до рідини.

Висновки. Аналіз результатів робіт [1-3] (рис. 2 і 3) дозволяє стверджувати наступне:

1. При невеликих швидкостях значення T і P повинні

наближатись до лінійної функції від $\frac{dU}{dy}$. Крім того, наявне

близьке значення для різних значень $\lambda < 12$, означає існування скінченної макров'язкості, котра змінюється приблизно за законом $\lambda^{3/2}$ у межах експериментального діапазону вимірювань.

2. Аналіз кривих T та P для $\lambda = 11$ у випадку, коли в'язкість рідини зростає у 7 разів від 0,01 до 0,07, показує, що тиск P продовжує залишатись у скінченній в'язкій області.

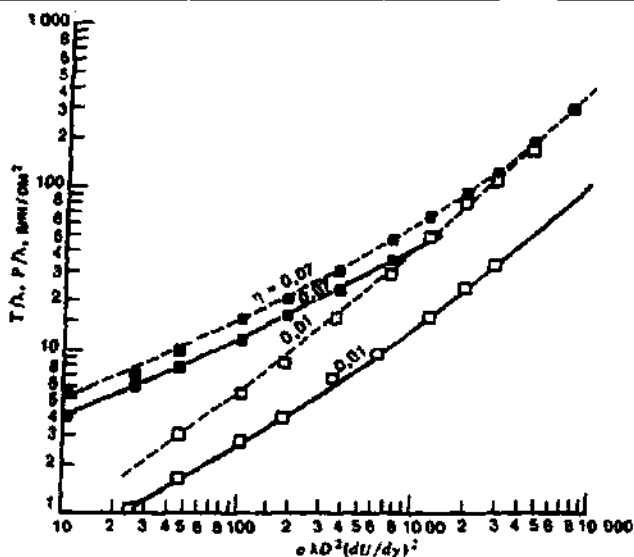


Рис. 2. Зміна в'язкості рідини: суцільними лініями показана дотична напруга гранул, штриховими - тиск; $\lambda = 11$ [3]

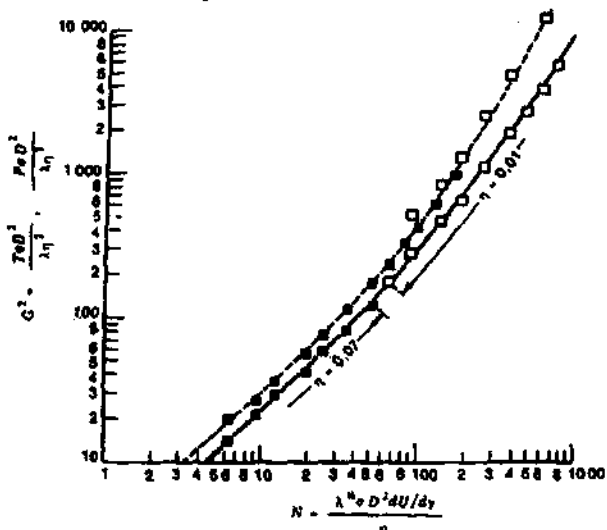


Рис. 3. Збіг експериментальних результатів при різних в'язкостях: суцільна лінія - дотична напруга; штрихована - тиск; $\lambda = 11$; $\square - \eta = 0,01$ (вода); $\bullet - \eta = 0,07$ [3]

3. Щоб порівняти дві пари кривих незалежно від в'язкості, слід побудувати залежності безрозмірних виразів $\frac{T \cdot \sigma \cdot D^2}{(\lambda \eta^2)}$ та

$\frac{P \cdot \sigma \cdot D^2}{(\lambda \eta^2)}$ від безрозмірного виразу, який описує деформацію зсуву:

$$\frac{\text{Інерційні сили}}{\text{В'язкі сили}} = \frac{\lambda^2 \cdot \sigma \cdot D^2 \cdot \left(\frac{dU}{dy}\right)^2}{\lambda^{\frac{3}{2}} \cdot \eta \cdot \left(\frac{dU}{dy}\right)} = \frac{\lambda^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma \cdot D^2 \cdot \left(\frac{dU}{dy}\right)}{\eta} = N. \quad (7)$$

Обидві криві T та P задовільно співпадають при двох різних коефіцієнтах в'язкості. Відношення $\frac{T}{P} = \operatorname{tg} \alpha$ зростає швидко від 0,32 у перехідній області і досягає свого кінцевого постійного значення, приблизно рівного 0,75.

4. Характер поведінки кривої дотичного напруження у скінченному в'язкому діапазоні дає емпіричну залежність:

$$T = 2,25 \cdot \lambda^{\frac{1}{2}} \cdot \eta \cdot \frac{dU}{dy}. \quad (8)$$

5. Якщо покласти наступну оцінку відношення:

$$\frac{\tau}{\eta \cdot \frac{dU}{dy}} = (1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad (9)$$

для експериментальних меж зміни λ від 2 до 10, тоді знайдемо, що:

$$\frac{\tau}{\eta \cdot \frac{dU}{dy}} \sim \frac{T}{\eta \cdot \frac{dU}{dy}} \sim 2 \cdot \lambda^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

у межах експериментальної похибки вимірювань.

6. Відношення $\frac{2 \cdot \lambda^{\frac{1}{2}}}{(1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)}$ наближено дорівнює 1

тільки при $\lambda > 2,5$. Воно швидко зменшується при зменшенні λ . Внаслідок цього ймовірно є те, що до проведення більш точних

вимірювань напівемпіричний вираз $(1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$ може бути найбільш прийнятним. У цьому випадку для в'язкої області маємо:

$$\tau = (1 + \lambda) \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \cdot \eta \cdot \frac{dU}{dy}, \quad P = 1,3\tau. \quad (11)$$

7. У співвідношенні (11) проявляє себе та особливість, що оскільки τ у (11) зменшується до $\eta \cdot \frac{dU}{dy}$ при $\lambda = 0$ у випадку рідини без

гранул (тобто? τ зберігає скінченне значення), а експерименти [1] показують пропорційність між P та τ , то, відповідно, P також залишається скінченим. Якщо, однак, тиск P' насправді є ізотропною функцією, то його наявність у рідині без гранул може бути виявлена тільки як розширення об'єму.

8. Перехід від інерційних умов до в'язких займає за величиною N область приблизно від 450 до 40. Впововж ординати

$G^2 = \frac{T \cdot \sigma \cdot D^2}{(\lambda \eta^2)}$ цей діапазон займає інтервал приблизно від 3000 до 100.

6. Слід зазначити, що G має зміст числа Рейнольдса, котре може бути записане як $D \cdot \frac{(T/\lambda\sigma)^{1/2}}{[\eta/\sigma]}$ й котре аналогічне звичайному

числу Рейнольдса $D \cdot \frac{(\tau/\rho)^{1/2}}{[\eta/\rho]} = \frac{D \cdot U}{\nu}$. Перехідна область відповідає діапазону числа Рейнольдса від 55 до 10.

Література

1. Bagnold R.A., F.R.S. Experiment on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear//Proceedings of Royal Society, London. — 1954. — V.A225 — P.49-63.
2. Einstein A. Ann. Phys., Lpz.-1906.-V.19, №4.-p.289.
3. Механика гранулированных сред: Теория быстрых движений: Сб. ст./составитель Ширко И.В.- М.: Мир, 1985.- 280с.

УДК 658.330.15

© Ю.Е. Мешков, к.т.н.; Н.В. Мешкова-Кравченко
Херсонський національний технічний університет

РЕСУРНА СТРАТЕГІЯ ТА ЇЇ РОЛЬ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В статті розглянута необхідність, доцільність та особливості розробки ресурсних стратегій у сучасних умовах.

СТРАТЕГІЯ, ПІДПРИЄМСТВО, РЕІНЖИНИРИНГ, РЕСУРС.

Постановка проблеми. Зарубіжна практика показує, що в підприємства повинне бути чітке уявлення про майбутнє, що визначає основний стратегічний напрямок його розвитку. Проведені в Україні дослідження показали, що переважна більшість менеджерів всіх обстежених підприємств, в тому числі і підприємств легкої промисловості, визначає стратегію як фактор успіху діяльності і визнає необхідність її розробки. Однак, питання розробки стратегії ще не зайняли належного місця в діяльності підприємств. Поряд з визнанням необхідності розробки стратегії, більшість керівників усе-таки віддають перевагу оперативним діям.

Аналіз останніх досліджень і публікацій вітчизняних та закордонних авторів в зазначеній проблемі, таких як М.Портер, Ж.-Ж. Ламбен, І. Ансоф, А.П. Градов, Г.Л. Азоев, ВФ. Оберемчук та ін., дозволяє зробити висновок, що правильно обрана стратегія забезпечує стійке положення на ринку. Сучасне уявлення про роль стратегії полягає в тім, що менеджери підприємства повинні прагнути до досягнення конкурентних переваг шляхом створення стратегій, що були б в однакової мірі творчі (тобто, дозволяли б вирішувати поставлені задачі) і ті, що можливо реалізувати (тобто відповідали би можливостям підприємства). Прихильники ресурсного підходу (Бхарадвай, Варадарян, Фахи, Дей, Уенли Хант, Морган), стверджують, що придбання й утримання конкурентної переваги є наслідком володіння підприємством деякими ключовими ресурсами,

Мета статті – розглянути необхідність, доцільність та особливості розробки і реалізації ресурсних стратегій в сучасних умовах.

Результати дослідження. Аналіз діяльності підприємств легкої промисловості за останні роки свідчать про наявність проблем на етапі адаптації галузі до ринкових умов господарювання. Ті підприємства, які не позбулися застарілих стереотипів в управлінні і організації виробництва відчутно поступилися у конкурентній боротьбі іноземним

виробникам. Імпортна продукція досить швидко зайняла домінуючі позиції на національному ринку. В такій ситуації тільки правильно обрана стратегія дозволить забезпечити конкурентні переваги вітчизняним підприємствам легкої промисловості.

Як указувалося раніше, за твердженням прихильників ресурсного підходу [2], придбання й утримання конкурентної переваги є наслідком володіння підприємством деякими ключовими ресурсами, тобто ресурсами, що мають такі характеристики, як цінність, бар'єри для відтворення і здатність до присвоєння цінності.

Цінність для споживачів є істотним елементом конкурентної переваги. Для того, щоб ресурс був потенційним джерелом конкурентної переваги, він повинен бути цінністю чи забезпечувати можливість створення цінності. Він повинний дозволяти підприємству формувати і реалізувати стратегії, що поліпшують його ефективність, задовольняючи потреби споживачів. Фактично, ця характеристика вказує на зв'язок між внутрішніми ресурсами підприємства й умовами, що склалися на ринку. Ресурси неможливо буде відтворити повністю чи не повною мірою, якщо їхній зв'язок з перевагою цілком неусвідомлений, і/чи вони мають характеристики неформалізуємості, комплексності, специфічності, правової захищеності і наявності економічних перешкод. Здатність компанії привласнювати цінність являє собою її здатність перетворювати додану цінність у прибуток.

В економічній літературі вважається, що в умовах сильного конкурентного тиску буде переважати висока раціональність, а економічні ренти будуть утрачені. Але там, де наявність ресурсів, що забезпечують перевагу, обмежена, є можливість поліпшення результатів діяльності завдяки ресурсам.

Конкурентоздатність підприємства визначається його потенціалом, достатнім, щоб удержати чи розширити займану їм частку ринку в умовах конкурентної боротьби. Слід зазначити, що умовою розробки стратегії є оцінка й аналіз власних можливостей підприємства, тобто визначення, чи здатне підприємство виконати ті задачі, що впливають із глобальних стратегічних цілей.

Ресурси, самі собою не гарантують життєздатної конкурентної переваги, ресурс стає конкурентною перевагою тільки тоді, коли він застосований в галузі чи поставлений на ринок. Відповідно, роль управління в організації можна розглядати як діяльність, власне пов'язану з перетворенням ресурсів у щось, що має цінність для споживачів.

Забезпечення відповідності між ресурсами підприємства і факторами успіху на ринку є головною метою ресурсної стратегії.

Основні напрямки стратегії – це:

- виявлення ресурсів, що визначають конкурентні переваги підприємства;
- розвиток ресурсів, що можливо на основі інвестування.

У випадку, якщо такому інвестуванню не вистачає послідовності і погодженості, то відповідний капітал знецінюється; захист ресурсів (охорона прав інтелектуальної власності); ефективне використання. Складно відповісти на запитання, який саме ресурс визначає успіх підприємства в конкуренції. Конкурентоздатність відбиває продуктивність використання всіх ресурсів. Виходячи з цього, можна стверджувати, що для забезпечення конкурентоздатності, підприємство повинне постійно піклуватися про найбільш повне й ефективне використання ресурсів, що є в його розпорядженні, а також тих, що плануються до використання в майбутньому.

Ресурси містять у собі три різні підгрупи: матеріальні активи, нематеріальні активи, здатність.

До матеріальних активів відносяться основні засоби й оборотний капітал, що мають фіксовані довгострокові можливості. Матеріальні активи мають властивості власності і їхню цінність відносно просто вимірити з використанням звичайних процедур бухгалтерського обліку, у них слабкий опір зусиллям по відтворенню конкурентами.

Споживачами продукції легкої промисловості є велике коло споживачів з різноманітним запитом, що змушує підприємства постійно змінювати асортимент. Відповідно, для того, щоб продукція могла конкурувати на ринку, потрібно значну увагу приділяти закупівлі сировини, заміні обладнання, технологічних ліній, впроваджувати автоматизовані сектори виробництва товарів.

Нематеріальні активи містять у собі інтелектуальну власність, таку, як торгові марки і патенти, а також репутацію бренду і підприємства, мережі і бази даних підприємства.

Нематеріальні активи мають відносно необмежений потенціал і підприємства можуть експлуатувати їхню цінність, використовуючи для себе, надаючи право оренди на них чи продаючи їх. Вони відносно стійкі до зусиль по відтворенню конкурентами. Інтелектуальна власність є предметом правового захисту, у той час як бази даних, мережі і репутація, являють собою приклади активів, специфіка нагромадження яких і властива їм складність перешкоджає імітуемості і заміні в короткостроковій перспективі.

За оцінками експертів, сьогодні до 40 % вартості середньої компанії складають її нематеріальні активи. Що стосується транснаціональних корпорацій, то ця частка зростає до 70–80 % їхньої вартості [3].

Однак, якщо подивитися бухгалтерські звіти підприємств і організацій різних форм власності, то в розділі нематеріальних активів або прочерк, або мізерно мала цифра в порівнянні з матеріальними активами підприємства, незважаючи навіть на те, що деякі з них підлягають амортизації, яка б дозволила б зменшити оподатковувану частку доходів підприємства, і аргументовано говорити про науково-технічний потенціал можна буде тоді, коли буде названа інтелектуальна власність підприємства і зазначена її вартісна оцінка. Устаткування, без технології можна порівняти з металобрухтом. Найявність інтелектуальної власності є одним із критеріїв оцінки підприємства як об'єкта інвестицій.

Останні 100 років розвитку світової економіки характеризуються постійним підвищенням значення нематеріальних ресурсів у структурі активів підприємства. Причому в самій структурі нематеріальних ресурсів відбулася зміна акцентів. Для індустріального суспільства основним видом нематеріальних цінностей були патенти на винахід і пов'язані з цим авторські права. У постіндустріальному суспільстві значну роль у досягненні цілей стали грати такі нематеріальні ресурси, як торгова марка і бренд. Одночасно, протягом двох останніх століть, зросла роль знань як рушійного ресурсу. Сьогодні провідні країни світу живуть вже в інформаційному суспільстві, де головними в області нематеріальних ресурсів є інформація і репутація.

Репутація є основною складовою Public Relations-ресурсу. Для того, щоб PR-ресурс впливав на діяльність підприємства, необхідно сформувати професійно розроблену стратегію, в області PR. Головною метою даної стратегії є побудова стійкої і керованої репутації підприємства. Локальні цілі PR-стратегії: формування суспільної думки; лояльність споживачів; прихильність співробітників, партнерів; залучення інвестицій; авторитет у діловому середовищі й у середовищі ЗМІ; лобіювання інтересів; інтерес/підтримка з боку державної влади.

При формуванні PR-стратегії необхідно враховувати наступне:

- репутація повинна допомагати в досягненні стратегічної мети підприємства;
- PR-процес-формування позитивної думки суспільної думки про об'єкт просування.

Слід зазначити, що громадськість схильна сприймати об'єкт чи суб'єкт, якщо бачить у ньому цінності для себе. Виходить, при

формуванні репутації необхідно відштовхуватися не від свого бачення і світогляду, а від суспільного. Групи громадськості, що цікавлять підприємство, повинні бути відомі і вивчені, тобто спочатку повинні бути проведені дослідження ринку; джерелом формування PR-ресурсу повинна виступати сама компанія. Якщо думка про підприємство формується без його участі і контролю, вона буде складатися досить хаотично, і, виходить, існує ризик виникнення негативної репутації. PR-ресурс може створюватися персоналом підприємства, залученими фахівцями і комбінованим способом; компанія повинна пропонуватися як визначена особистість, що має свій характер при формуванні PR-ресурсу необхідна наступність. Необхідно поширювати нову інформацію про підприємство і, безумовно, враховувати те, що люди вже знають щось про нього. Кожне нове фрагментарне повідомлення віддалене від попереднього і наступного в часі. Люди в різний час і з різних джерел можуть одержувати неоднозначні відомості про дане підприємство. Як наслідок, це може знизити довіру споживачів чи узагалі перешкодити відповідності між створюваним іміджем і фактичним сприйняттям, що склалося в громадськості; робота зі створення і розвитку PR-ресурсу повинна проводитися цілеспрямовано різноманітними засобами, використовуючи різні канали сприйняття: візуальний (формує зовнішній образ), вербальний (культура спілкування), діючий (нормативно-етична сторона поведінки, діяльності в загальному), контекстний (додатково репутація оточення); робота з усіх напрямків повинна проводитися одночасно, скоординовано, максимально з огляду на всі можливі обставини. Усі дії щодо просування якого-небудь елемента, узятим окремо (окремі статті, акції, зустрічі й ін.) створюють фрагментарний імідж підприємства. Завданням є координація окремих фрагментів у процесі створення репутації підприємства; створення позитивної репутації вимагає тривалого часу і змінити її швидко не можна; PR-ресурс повинен постійно розвиватися. При цьому основним у підтримці репутації є недопущення розчарованості громадськості.

Сформована репутація підприємства, що розвивається постійно, є діючим засобом захисту в різних ситуаціях. Підприємства, що володіють стійкою репутацією, простіше нівелюють негативну інформацію, що публікується в ЗМІ, чи ж негативний резонанс у ході різних конфліктних ситуацій, у тому числі з державними чи громадськими організаціями.

Репутація - це ресурс, який підприємство може використовувати в довгостроковому періоді, при цьому він стійкий до зусиль по відтворенню конкурентами.

Отже, PR-ресурс, зокрема, репутація підприємства, є ключовим ресурсом, що дозволяє забезпечити конкурентоздатне положення підприємства на ринку.

Третій вид ресурсів - здатність. Здатність - це характеристика кадрового потенціалу підприємства. Конкурентоздатність підприємства залежить від інтелектуального потенціалу. Індивідуальні уміння неімітуємі і незамінні, хоча вони можуть бути перекуплені конкурентами. Тому, ядро кадрового потенціалу утворюють сукупні здібності працівників підприємства, які необхідні для того, щоб вибрати, виконувати і координувати дії, що забезпечують підприємству стратегічні переваги на ринку. У випадку, коли здатність основана на взаємодії, її ще складніше відтворювати через причинну неоднозначність.

Вважається, що здатність сутужніше окреслити, і їх часто визначають як невидимі активи чи проміжні товари. За суттю, здатність містить у собі навички й уміння індивідуумів чи груп, так само організаційні процедури і взаємодії, за допомогою яких координуються всі ресурси підприємства. Здатність не має чітко визначених прав власності, оскільки вона рідко є предметом обміну, що приводить до труднощів у її оцінці. Вона має обмежений короткостроковий потенціал реалізації через труднощі засвоєння і зміни, при відносно необмеженому довгостроковому потенціалі.

Кожна група працівників по-різному впливає на кінцеві результати діяльності підприємства. Рівень кваліфікації робітників безпосередньо позначиться на ефективності виробничого процесу. Однак, це не зрівняти з тим, якби неправильно були розроблені стратегічні напрямки вищим рівнем керування.

Досвід роботи західних підприємств показує, що 90% невдач у здійсненні підприємницьких проектів і роботи підприємства пов'язаний з поганою організацією управління, незнанням законів управління, некомпетентністю і вузьким професіоналізмом, недостатністю управлінського досвіду, а також нечесністю, непорядністю керівників.

Відповідно, головним завданням управління трудовими ресурсами є формування й активізація високого кадрового потенціалу виробничої системи, тобто здатності кадрів ефективно вирішувати будь-які завдання, визначені вимогами ринку.

Цінність кадрів росте в залежності від масштабу інвестицій у нього, і придбаного персоналом досвіду. У стратегії управління персоналом повинна бути позначена необхідна потреба, в компетенції персоналу і розроблені напрямки, що дозволяють скоротити розрив у

рівнях компетентності - потрібної і існуючої, включаючи набір необхідного персоналу, освітні програми для працівників підприємства, стимулювання професійного розвитку за допомогою планування кар'єри і підвищення рівня внутрішньої мобільності персоналу, співробітництво з іншими підприємствами. При цьому необхідно розподілити кошти між річними групами працівників у таких пропорціях, щоб створити передумови для зацікавленості у високій якості праці всіх працівників підприємства.

Знання, отримані працівниками, повинні бути затребувані, якщо знову придбані професійні якості не використовуються на практиці, вони можуть бути швидко загублені працівниками.

Стратегія повинна забезпечувати ясне розуміння цілей і результатів цього процесу працівниками підприємства, високий рівень їхньої мотивації. Величезне значення для реалізації стратегії має надбання персоналом навичок командної роботи.

За суттю, командна робота, організаційна культура, довіра між менеджментом і працівниками – це ключові здібності, що забезпечують конкурентоздатність підприємства. Адже, коли здібності ґрунтуються на взаємодії, їх ще сутужніше відтворювати через причинну неоднозначність, і прихильники ресурсного підходу розглядають здатність як найбільш ймовірне джерело стійкої конкурентної переваги.

У сучасних умовах багато фахівців вважають однієї з найбільш ефективних інновацій в управлінні - реінжиніринг. Істотною перевагою реінжинірингу є можливість сприяти швидким змінам у бізнесі, забезпечуючи можливість не тільки зберегти місце на ринку, але і досягти в короткий термін надійного фінансового стану, підняти суспільний імідж.

Особливістю реінжинірингу є горизонтальне і вертикальне стиснення процесів. Горизонтальне стиснення має на увазі трансформацію процедур, виконуваних різними працівниками в одну і створення спеціального колективу для її виконання. Це дозволяє підвищити ефективність роботи за рахунок скорочення часу виконання і кількості виконавців. Вертикальне стиснення має на увазі самостійне ухвалення рішення. Розширення повноважень працівників, підвищення ролі кожного з них у робочому процесі приводить до значного росту віддачі від їхньої праці. Реінжиніринг припускає більш збалансований підхід. Він дозволяє істотно зменшити кількість перевірок. Реінжиніринг допомагає поліпшити якість роботи у всіх основних сферах життєдіяльності компанії.

Висновки. З вище викладеного випливає, що:

- конкурентоздатність підприємства залежить від ресурсів, якими воно володіє чи може залучити, тому що ресурси обмежені;
- розробка ресурсних стратегій необхідна для визначення і коректування впливу окремих видів ресурсів на діяльність підприємства, пов'язану зі створенням цінності для споживачів;
- ресурсні стратегії повинні включати напрямки діяльності, зв'язані з виявленням, захистом і використанням ресурсів.

Необхідно з усього переліку ресурсів виявити ті, котрі створюють конкурентні переваги, при цьому варто розглядати такі характеристики, як цінність, бар'єри для відтворення, здатність привласнювати цінність.

Серед ключових ресурсів необхідно особливу увагу приділити нематеріальним активам і розробці стратегії по їх управлінню.

Наявність професійно розробленої стратегії в області PR дозволяє створити стійку і керовану репутацію підприємства. Репутація ж є одним із ключових ресурсів формування стійкої конкурентної переваги підприємства.

Стратегія управління персоналом повинна бути спрямована на виявлення внутрішнього потенціалу підприємства й адаптації його до середовища, що швидко змінюється.

Основою кадрового потенціалу є професійні здібності. При цьому в стратегії необхідно акцентувати увагу на здатності підприємства заволодіти конкурентною перевагою завдяки командній роботі, організаційній культурі, довірі між менеджером і працівником.

Література

1. Пастухова В. Стратегічне планування на підприємстві // Економіка України. - 2000. - №11. - С. 36-46.
2. Джон Фахі, Алан Сміті. Стратегічний маркетинг і ресурсний підхід до фірми // Маркетинг і реклама, 2000. - № 5, 6, 7, 8, 9.
3. Руслана Плис. Ресурс, що завжди з вами // Маркетинг і реклама, 2002. - № 12, - С. 27-32.
4. Черній Ю. Аналіз роботи підприємств легкої промисловості України // Легка промисловість, 2002. - №3. - С. 3-4.

Рецензент: д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК 631.358:633.521

© В.І. Макаєв, к.т.н.; С.П. Коропченко, к.т.н.

Інститут луб'яних культур УААН

В.І. Василюк

ВП НУБ і П України "Ніжинський агротехнічний інститут"

НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ- ДОВГУНЦЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОКНИСТОЇ ПРОДУКЦІЇ

Викладені нетрадиційні технології збирання льону-довгунця. Наведені сфери використання волокнистої сировини, одержаної за нетрадиційними технологіями збирання.

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ВОЛОКНО, СКОШУВАННЯ СТЕБЕЛ, ТРЕСТА, ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН.

Постановка проблеми. Льон-довгунець — технічна культура, яка дає одночасно два види продукції — волокно і насіння. Проте, одержувати високі урожаї двох видів продукції одночасно досить складно. Тому, визначилися два напрямки вирощування льону-довгунця: перший для отримання волокна та другий коли отримують насіння та волокно тобто на так зване двобічне використання.

Аналіз останніх досліджень Ляне волокно — основний продукт льону-довгунця, одержаний з його стебел, - дуже широко використовується в багатьох галузях народного господарства. В сировинному балансі текстильної промисловості льоноволокно посідає друге місце після бавовни. Воно є одним із найміцніших рослинних волокон. Міцністю на розрив ляне волокно значно перевершує найпоширенішу текстильну сировину — бавовну, шерсть, джут, поступаючись лише рамі і кендірю, питома вага яких у світовому виробництві текстильного волокна невелика. Міцність лянової пряжі на розрив при однаковій товщині майже вдвічі вища бавовняної і в тричі вища шерстяної. З підвищенням вологості ляного волокна (до відомої межі) збільшується його міцність, тоді як міцність шерсті, натурального шовку і штучного волокна, навпаки, знижується [1].

Мета досліджень. Дослідити процес збирання льону-довгунця сільськогосподарськими машинами загального призначення шляхом скошування стебел з укладанням у валки для сушіння обмолочування їх та приготування трести сировини для отримання короткого волокна. Провести аналіз використання короткого волокна у різних галузях.

Результати досліджень. Бурхливий розвиток хімії останніми роками і збільшення виробництва хімічних волокон дозволило у ряді галузей промисловості замінити виробу з льону-довгунця й інших

натуральних волокон продуктами хімії. Наприклад, лляний корд в автомобільній промисловості з успіхом замінюється штучним, брезенти і тарні тканини — полімерними плівками і т.д.

Використання в процесах збирання і переробки льону-довгунця морально застарілої техніки і великої кількості ручної праці призвело до зниження посівних площ і до практичного знищення галузі в цілому. Але все змінилося в кінці ХХ століття, коли на заміну застарілих технологій збирання і переробки прийшли нові, з використанням абсолютно нового обладнання та машин.

Для прикладу можна навести технологію, використовувану в 1997 році у Фінляндії (рис. 1), згідно з якою при повному дозріванні насіння льону-довгунця зерновим комбайном зрізали насінневу частину стебла, а решту залишали на полі до весни. Впродовж осені і зими, за рахунок біологічних процесів, солома льону перетворювалася на тресту. Готову тресту весною скошували у валки, які потім рулонними прес-підбирачами змотували в рулони [2].



Рис. 1. Технологія збирання льону у Фінляндії

Але така технологія має ряд недоліків, до яких можна віднести:

- продукти обмолоту, м'якина після збирання насіннєвої частини стебла, попадає на стоячі стебла, що буде ускладнювати процес їх скошування;
- подовження процесу збирання;
- відсутність спеціальних машин;
- висока собівартість збирання.

В свою чергу, Інститут луб'яних культур УААН також працює над розробкою нових технологій збирання льону-довгунця. Науковцями відділу механізації збирання інституту, запропоновано нетрадиційна технологія збирання льону (рис. 2), згідно з якою при

повному дозріванні насіння жнивваркою зрізається всі стебла разом та укладаються у валок з хаотичним розташуванням. Після природного сушіння стебел, насінневих коробочок та насіння в них вони обмолочуються зернозбиральним комбайном, виділяється насіння, а стеблова маса розстиляється на полі у валки з хаотичним розташуванням стебел. Залежно від сфери подальшого використання, стрічка стебел льону відразу збирається рулонними прес-підбирачами або залишається на полі для приготування трести. Ляну соломі або тресту формують у рулони рулонними прес-підбирачами якими збирають сіно або соломі зернових культур.



Рис. 2. Технологія збирання льону за нетрадиційною технологією

В процесі використання даної технології ми відразу восени одержуємо два продукти: чисте насіння і соломі або тресту з хаотичним розташуванням стебел. Сфера використання кінцевого продукту, як із лляної соломи, так із трести, тобто з сировини з хаотичним розташуванням стебел у різних галузях народного господарства достатньо значна. (рис. 3). У країнах європейської співдружності лляний луб, коротке волокно та костра використовується в автомобілебудуванні, літакобудуванні, будівництві житла, виготовленні меблів та інших екологічно чистих виробів.

Також не втрачається можливість використання короткого лляного волокна для текстильної промисловості, яке не може повністю замінити довге волокно, але застосовуючи нові технології вторинної переробки з нього виготовляють пряжу та тканини.



Рис. 3. Схема використання льносиврини

Ляне волокні, у вигляді короткого, на ринку України поки що практично не використовується, але попит з кожним роком на нього зростає. На даний час технічно розв'язана проблема перетворення короткого волокна у бавовняноподібне волокно і переробка його в суміші з бавовною і хімічними волокнами в модні тканини і літній верхній трикотаж. Це більш ніж удвічі підвищує ресурси лляної сировини для побутових тканин. Неткані матеріали, одержані з льноволокна, мають широкий спектр використання:

— для тепло- і звукоізоляції в будівництві (теплі лінолеум, утеплення зовнішніх дверей і крівлі, ізоляція трубопроводів);

— у сільському господарстві і дорожньому будівництві (для зміцнення укосів, покриттів як геотекстилю, тари для коріння саджанців дерев і чагарників, для формування трав'яного покриття т.д.);

— як армуюча і звукоізоляційна складова композиційних полімерних матеріалів, що знайшли широке використання в автомобілебудуванні, суднобудуванні та ін. галузях машинобудування;

— у меблевій промисловості — під оббивку і одягну вату, у тому числі підкладку під хутро та інше.

Ляну, волокнисту сировину також часто використовують для виробництва паперу, причому для отримання банкнотного і цигаркового паперу. Частину волокна із соломи льону можна використовувати для виробництва шпагату і грубих мішкових тканин. Проте, зараз таке використання стає економічно не рентабельним [2]. Композиційні, армовані луб'яними волокнами матеріали використовуються зараз не тільки в машинобудуванні, але і для виробництва віконних рам. Причому для запобігання загорання вони повинні мати покриття із поліакрилового пластика і швидко висихаючого закріплювача.

Таким чином, можна вважати, що із сировини, одержаної за новою технологією збирання льону, доцільно одержувати однотипне волокно. Проте, для переробки такої сировини необхідно істотно переглянути технології первинної переробки льону-довгунця [3]. Так, наприклад: вітчизняна наука створила новітню технологію і техніку переробки льону, у тому числі безверетенне пневм'ючне прядіння, що дозволяє виробляти пряжу величезними швидкостями і на бобини великої місткості, що не вимагає перемотування [2].

Висновок. Льон-довгунець – це натуральна легковідтворювана целюозна сировина, яка володіє унікальними властивостями і за умови застосування прогресивних технологій вирощування, особливо завершального етапу збирання із застосуванням новітніх технологій з використанням зернозбиральних комбайнів представляється можливість одержувати цінне коротке волокно.

Література

1. Писарчик А.В., Бакутович В.А., Тарасевич А.И. Комплексная механизация возделывания и уборки льна. – Минск: Урожай, 1988.
2. В.В. Живетин, Л.Н.Гинзбург, А.И.Рыжов. Лен вчера, сегодня, завтра. - М.: ИПО „Полигран”, 1995 - С.126.
3. Лейкин С.О., Сивцов А.Н. Технология первичной обработки льна и конопли. -М.: Сельхозгиз, 1935. - С.344.

Рецензент д.т.н. О.О.Налобіна.

УДК 631.358 : 633.635

© О.О. Налобіна, д.т.н.; С.С. Нікольчук
Луцький національний технічний університет
В.І. Макаєв, к.т.н.
Інститут луб'яних культур УААН

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБЕРТАННЯ ЛЬОНОТРЕСТИ

У статті аналізується вплив операції обертання льоносоломки на ефективність збиральних робіт та на вихід і якість волокна.

ЛЬОН, ОБЕРТАННЯ ЛЬОНОСОЛОМКИ, ЯКІСТЬ, ВОЛОКНО.

Постановка проблеми. Комбайнове збирання льону з одночасним розстиланням на льонищі очісані соломки є розповсюдженою технологією приготування льонотрести в льоносіючих господарствах. Вибрані, очісані та розстелені стебла льону залежно від погодних умов знаходяться на льонищі від 15 до 40, а іноді й більше днів. З метою активації процесу мацерації по товщині стрічки льону проводять операції вспушування та обертання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями в галузі льонарства глибоко займались Г.А. Хайліс, М.М. Ковальов, В.Г. Черніков, М.М. Биков, В.І. Сізов та інші. Роботи цих вчених присвячені вивченню питань функціонування льонозбиральних машин, обґрунтуванню параметрів роботи їхніх робочих органів. Зокрема, в роботах Г.А. Хайліса [1, 2] та М.М. Ковальова [3] проведено глибокий аналіз конструкцій бральних апаратів, розроблена теорія бральних апаратів і методика їхнього розрахунку.

Очісувальні апарати розглянуті в роботах В.Г. Чернікова [4], їм проведено порівняльний аналіз різних конструкцій очісуючих апаратів, виконано системний аналіз операції очосу.

Аналіз літературних джерел показав, що дослідження, в основному, спрямовані на розробку нових або удосконалення існуючих збиральних машин. Аналіз технологій збирання льону, оцінка їхньої ефективності, виявлення взаємозв'язку між окремими операціями практично не проводився, тому є потреба у розробці цих питань.

Мета дослідження. Дослідити вплив обертання льоносоломки в процесі виконання збиральних робіт на якість трести і готової продукції – льоноволокна.

Результати дослідження. Досвід проведення збиральних робіт показує, що за умови урожайності лляної трести понад 3,0 т/га навіть двократне вспушування стрічок з інтервалом 8 – 10 днів не

забезпечує рівномірною її вилежування (особливо в нижньому шарі). Біологічний процес для свого завершення по товщині стрічки льону після впусування потребує продовження терміну вилежування трести. Це веде до небажаного зтягування строків збирання льону і, як наслідок, до зменшення якості трести. Отримати більш якісну тресту дозволяє введення операції обертання в технологічний процес механізованого збирання льону.

При здійсненні обертання стрічки льону відбувається відрив стебел льону від ґрунту, їхнє перевертання на 180° та розстелення на поверхню поля. Внаслідок цього стебла, які знаходились знизу, опиняються зверху, і навпаки. Під час обертання відбувається і часткове переміщення стебел по товщині стрічки.

Дослідами встановлено, що обертання соломи через 2...4 доби після брання покращує колір стебел у нижньому шарі стрічки льону. Інші фізико-механічні властивості, які визначають номер, при цьому не змінюються. За даними Всеросійського науково-дослідницького та проєктно-технологічного інституту механізації льонарства Російської сільськогосподарської академії (м. Тверь) за рахунок більш високої групи кольору номер соломки стає вищим.

Разом із покращенням кольору після обертання стрічки, льняна солома в загальній масі стає більш однорідною. Це є важливим технологічним фактором, через те, що однорідність по кольору обумовлює однорідність за ступеню вилежування в тресту, що, в свою чергу, веде до збільшення виходу довгого волокна і покращує його якість (табл. 1).

Обертання стрічок прискорює сушку льоносировини після збирання комбайном, що дозволяє запобігти проростанню стрічки травою в період вилежування.

Найбільш ефективним є двократне обертання: перше через 5...7 днів після брання, друге через 10...14 днів.

Таблиця 1. Вплив обертання соломи на вихід і якість волокна (Інститут луб'яних культур УААН м. Глухів)

Варіант комбайнового збирання	Норма розстилу соломи, т/га	Номер трести	Довге волокно		Процентно-номерів всього волокна
			вихід, %	номер	
Без обертання	4,0	0,5	20±1,3	10,3±0,23	206
З обертанням	4,0	0,75	22±1,5	11,2±0,14	246,4

Дослідження впливу операції обертання соломи на вихід і якість волокна були проведені нами під час виконання збиральних робіт на полях Всеросійського науково-дослідницького та проектно-технологічного інституту механізації льонарства Російської сільськогосподарської академії (м. Тверь, Росія) у сезон 2008 року. Результати наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Вплив обертання соломи на вихід і якість волокна (Всеросійського науково-дослідницького та проектно-технологічного інституту механізації льонарства Російської сільськогосподарської академії м. Тверь)

Варіант комбайнового збирання	Норма розстилу соломи, т/га	Довге волокно		Процентнономерів всього волокна
		вихід, %	номер	
Без обертання	3,0	16,2	12,0	194,4
3 обертанням	3,0	16,4	12,2	200,08
Без обертання	6,0	15,7	11,5	180,55
3 обертанням	6,0	16,1	12,0	193,2

Висновок. Застосування операції обертання при виконанні збиральних робіт у льонарстві позитивно впливає на мацерацію льоносоломки та обумовлює підвищення виходу довго волокна.

Література

1. Льюборочные машины / Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, В.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с., ил.
2. Хайлис Г.А. Режимы работы ремней теребильных аппаратов льнокомбайнов. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, – 1985. – № 12. – с. 18–22.
3. Хайлис Г.А. Ковалев М.М. Теория льнотеребильных аппаратов с поперечными ручьями. Киев: УААН, 1999. – 90 с.
4. Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.В. Очищающие аппараты льноборочных машин (теория, конструкция, расчет): Монография. – М.: «Издательство ВИМ», 2004. – 240 с.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайлис.

УДК 631.332.7

© О.О.Налобіна, д.т.н.; В.Л. Мартинюк
Луцький національний технічний університет

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

У статті розроблено узагальнену структурну модель оцінки функціональних елементів технологічного процесу вирощування та збирання картоплі на базі загальних і часткових функцій підвищення ефективності.

МОДЕЛЬ, ВИРОЩУВАННЯ, ЗБИРАННЯ, КАРТОПЛІ.

Постановка питання. Структура технологічних процесів вирощування культур у сільському господарстві є основою для розробки систем, які дозволять оцінити ефективність їхнього виконання, виявити взаємозв'язки між окремими операціями, оцінити їхню значущість та обґрунтувати критерії їхньої функціональності. Аналіз структури технологічних процесів є основою для проведення оцінки засобів механізації, які обслуговують процес, а також фізико-механічних властивостей сільськогосподарської продукції з якою вони взаємодіють.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В умовах ринкової економіки дослідження системної організації виробництва та управління в АПК повинно розглядатись як одна з найважливіших задач. Аналіз літературних джерел показав, що системний підхід до вивчення аграрних і агропромислових систем, що базується на застосуванні системного аналізу, який є методологією досліджень складних об'єктів, в основному застосовується в роботах з управління та менеджменту. Автори розглядають виробничо-економічні системи, що є сукупністю засобів виробництва і виробничих процесів для перетворення предметів праці в готову продукцію.

Для розвитку аграрного сектора важливим є розробка питань удосконалення технологій вирощування окремих культур, зокрема картоплі. В результаті проведення системного аналізу існуючих технологій і технічних засобів вирощування картоплі можна буде зробити висновок про найбільш енерговитратні операції, намітити шляхи зменшення енерговитрат, розробити нові робочі органи машин.

Відсутність теоретичних і експериментальних досліджень у цьому напрямку говорить про своєчасність та доцільність даної статті.

Мета дослідження. Розробка структурної моделі технологічного процесу вирощування картоплі з метою виявлення

методів удосконалення як самого процесу, так і конструкції машин та їхніх робочих органів.

Результати дослідження. Технологічний процес вирощування та збирання картоплі містить багато елементів, які впливають на її виробництво та характеризуються вартістю, енерговитратами та послідовністю і ефективністю впливу робочих органів машин на ґрунт та бульби картоплі.

Умови для розвитку рослини створюються на декількох етапах, кожен з яких можна охарактеризувати певними критеріями. Структурна схема вирощування та збирання картоплі подана на рис. 1.

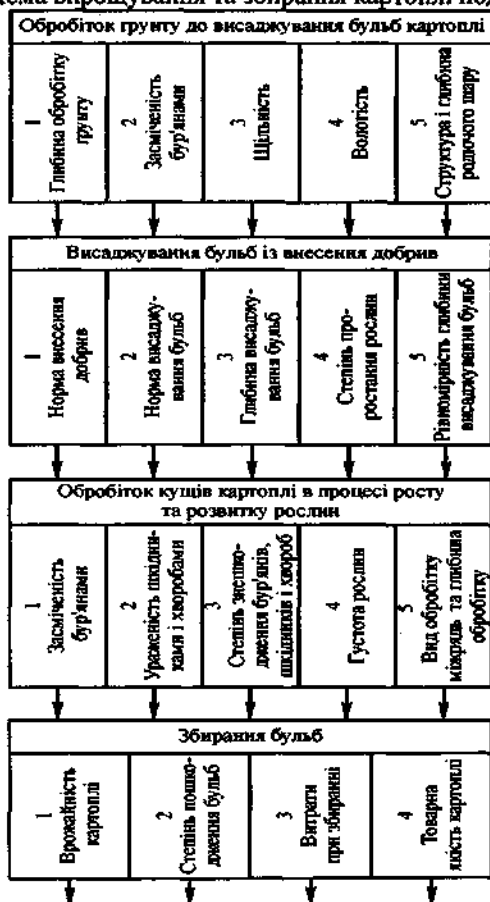


Рис. 1. Структурна схема технології вирощування картоплі з аналізом показників

З рис. 1 бачимо, що технологічний процес вирощування та збирання картоплі містить чотири етапи, на кожному з яких виконується певний набір операцій, які спрямовані на перевід матеріалу – бульб картоплі з початкового стану в інші. Якість переводу забезпечується робочими органами картоплесадильних і картоплезбиральних машин.

Використовуючи методи структурного аналізу, розглянемо технологію вирощування картоплі, яка передбачає використання картоплесадильної машини із запропонованим нами пристроєм для порційного внесення мінеральних добрив під кожну з висаджених бульб картоплі [3]. Подамо технологію у вигляді структурної схеми (рис. 2).

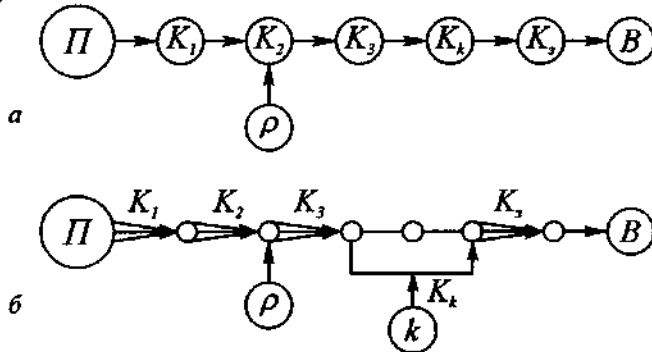


Рис. 2. Структурна схема (а), граф сигналний процесу (б).

На наведеній структурній схемі (рис.2, а) з сигнальним графом (рис. 2, б) технологічного процесу: K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти передачі стану (передаточні коефіцієнти); з них K_1 – коефіцієнт, який характеризує обробіток ґрунту до висаджування бульб картоплі; K_2 – характеризує висадку бульб (на цей коефіцієнт впливає фактор ρ – густина висаджування); K_3 – характеризує догляд за рослинами картоплі в процесі росту. Позиції K_k (k – картоплиння) і K_5 характеризують процес зрізування (видалення) картоплиння та збирання врожаю.

Вихідним елементом структурної схеми є комплексний показник $\Pi \in \{O; \Gamma; H; D\}$, який включає кількість опадів O ; стан ґрунту Γ ; насіннєвий матеріал H і вид добрив D . Вихідним елементом схеми є показник B – зібраний врожай бульб картоплі.

Сформулюємо результуючий передаточний коефіцієнт:

$$K_{\Sigma} = K_1 K_H, \quad (1)$$

де $K_1 = K_1 K_2 K_3$ – передаточний коефіцієнт, який характеризує процес накопичення врожаю;

$K_H = K_x + K_y$ – передаточний коефіцієнт, який характеризує зрізання картоплиння і викопування бульб картоплі.

Запишемо складові K_1 і K_H з урахуванням функціональних технологічних етапів. З цією метою введемо позначення: μ – коефіцієнт якісного перетворення ґрунту та рослин в ході виконання технологічного процесу, γ – коефіцієнт розвитку рослини.

Проаналізуємо обумовлені вище етапи технологічного процесу:

- Етап «Обробіток ґрунту до висаджування бульб картоплі»:

$$K_1 = \mu_{41} \gamma_{41} \mu_{31} \gamma_{31} \mu_{61} \gamma_{61}.$$

- Етап «Висаджування бульб із внесенням добрив»:

$$K_2 = (K_1 + \mu_{31} \mu_{41}) \gamma_{12} \mu_{11}.$$

- Етап «Обробіток»:

$$K_3 = (K_2 + \mu_{31} \mu_{61}) \mu_{221} \gamma_{32} \mu_{32} \gamma_{421} \mu_{421} (\gamma_{31} \mu_{21} \gamma_{61} + \gamma_{22} \mu_{22} \gamma_{23} \mu_{23}) (\gamma_{41} + \mu_{21} \gamma_{72}).$$

- Етап «Збирання»:

$$K_4 = (\mu_{52} + \gamma_{72} \mu_{62} \mu_{72}) : (1 + \gamma_{52} \mu_{42}).$$

Індекси застосованих коефіцієнтів μ і γ відповідають введеній при дослідженні технологічного процесу класифікації агро прийомів, виробничих умов і способів виконання операцій. Через великий об'єм класифікаторів вони в статті опускаються. Записані рівняння відображають послідовність відтворення технологічного процесу вирощування та збирання картоплі.

Оптимізація технологічного процесу можлива лише після розв'язку багатетапної задачі. Сформулюємо цю задачу: визначити при виконанні яких технологічних операцій цільова функція набуде екстремуму.

Для розв'язку задачі необхідно визначити допустиме управління U_x , яке сприяє переходу системи – «ґрунт + рослини» зі стану P_n у стан P_x . Перехід залежить від попереднього стану та управління U_x .

Рівняння стану системи набуде вигляду:

$$P_k = \sum_{k=1}^n F_k(P_{k-1}, Y_k), \quad (2)$$

де F_k – цільова функція k -го етапу.

Ефективність k -го етапу, за умови, що управління не попередньому етапі було мінімальним, можна визначити:

$$E_k(P_{k-1}) = \min F_k(P_{k-1}, Y_k). \quad (3)$$

Висновок. Аналіз технологічного процесу вирощування та збирання картоплі, виконаний з використанням топологічних методів, дозволяє виявити основні показники, які впливають на процес створення сприятливих умов збільшення врожаю.

Крім того, системний аналіз процесу є основою для вирішення наступних задач:

- визначення ефективності варіантів виконання технології вирощування картоплі, сформульованих на основі раціональних технологічних процесів і розроблених перспективних технічних засобів;
- визначення ефективності перспективних технічних засобів, розроблених на базі раціональних робочих органів.

Література

1. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: учеб. пособие для вузов / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
2. Опе О. Теория графов: пер. с фр. / О. Опе. – М.: Наука, 1968. – 252 с.
3. Пат.50372 А Україна, МКИ А01С9/00. Картоплесаджалка / В.Л. Мартинюк (Україна). – № 2001129164; Заявл. 28.12.2001; Опубл. 15.10.2002, Бюл. №2.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс.

УДК 631.358:633

© Л.М. Поліщук

Луцький національний технічний університет

ПРО РОЗРАХУНОК СИЛИ ТИСКУ НА СТЕБЛА В РІВЧАКУ ЗАТИСКНОГО ТРАНСПОРТЕРА ЛЬОНОКОМБАЙНА

У статті проведено аналіз роботи пасів затискного транспортера льонокомбайна при пропуску між пасами стеблової стрічки нерівномірної товщини.

ЛЬОНОКОМБАЙН, АНАЛІЗ, ПАС, ТРАНСПОРТЕР.

Постановка проблеми. Затискний транспортер являється важливим робочим органом льонокомбайна. Його задача полягає в затиску стебел на період їх обчосу. Для надійного затиску стеблової стрічки між пасами необхідно правильно розрахувати тиск одного паса на другий.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання розрахунку тиску між пасами досліджували [1, 3, 4]. Однак, це питання недостатньо досліджено. В останні роки розроблено новий затискний транспортер, в якому тиск на ролики здійснюється за допомогою пластинчастих пружин. В зв'язку з цим необхідно розрахувати тиск між пасами транспортера з врахуванням особливості конструкції нового затискного транспортера.

Мета дослідження. Провести розрахунок тиску на стебла, які затиснені між пасами затискного транспортера льонокомбайна.

Результати дослідження. Транспортер повинен надійно затискати стебла під час їх транспортування в рівчаку і відриву (обчосу) насінневих коробочок від них. Для цього дотичні сторони верхнього і нижнього пасів (рис. 1) виконані профільованими і стебла, що опинилися між профільними виступами пасів згинаються і огинають профільні виступи як гнучкі тіла, що видно із схеми на рис. 1. В цьому випадку при спробі витягнути із рівчака стебло, рівчак надає опір внаслідок тертя цих стебел об профільні виступи.

На рис. 1 представлено два варіанти виконання профільних виступів. Раніше паси містили три профільних виступи (рис. 1, а), а потім перейшли до більшої кількості профільних виступів (рис. 1, б), їх число рівне п'яти (точніше, чотири з половиною) – це сприяє покращенню затиску стебел між пасами.

Дослідженням явища притискання пасів і затиску стебел, необхідно було теоретично визначити силу, яка потрібна для витягування стебел із рівчака. Ця сила діє в напрямку дії сили P_c

(рис. 1) і надає опір тертя виступам паса об стебла, а стебла розглядаються для даного розрахунку як гнучкі тіла, що обтягують профільні виступи. Таке дослідження виконано проф. Г.А. Хайлісом [5, стр. 130-131], їм визначена сила тертя, що утримує стебла від витягування із рівчачка; також їм визначено, при якому погонному тиску q_n (інтенсивність навантаження вздовж транспортера) стебла, що намагаються витягнутися, не будуть витягуватися із затиску між пасами. Цей погонний тиск q_n у відповідності з літературними даними [5, стр. 130-131] повинен бути:

$$q_n \geq \frac{P_c \beta_k (n-0,5)}{2 d_c [e^{f_s \beta_k (n-0,5)} - 1]}, \quad (1)$$

де P_c – сила, яка необхідна для обчосу (обрив верхньої частини) стебла; β_k – кут контакту профільного виступу паса із стеблами, рад; n – число профільних виступів на пасі; d_c – діаметр стебла в см; f_s – коефіцієнт тертя ковзання льону по льону.

Цифра 0,5 в чисельнику в показнику степеня і в знаменнику формули (1) ставиться тому, що в лівих частинах схем на рис. кут контакту профільного виступу паса становить $0,5 \beta_k$, а не β_k , як в інших кутів контакту.

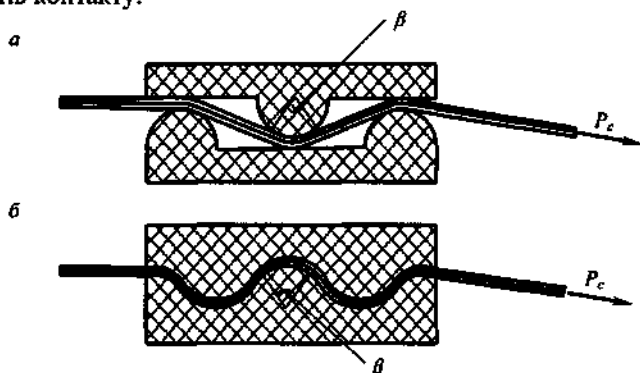


Рис. Варіанти виконання профільованих пасів затискного транспортера з метою забезпечення надійного затиску стебел: а – паси із трьома профільованими виступами з двох сторін; б – паси з п'ятьма профільованими виступами

Створити такий постійний тиск по довжині паса, який знаходиться за формулою (1), важко через те, що в просторі між

роликами транспортера погонний тиск менший, ніж в зоні над осями роликів. Це видно із результатів раніше проведених досліджень [5, с. 128], згідно з яким тиск в просторі між роликами менший на 25-30 %, ніж над осями роликів. Зважаючи на це, розрахований по формулі (1) тиск, необхідно відповідно збільшити. З врахуванням цього пропонується збільшити розрахований в правій частині по формулі (1) тиск і визначити його з наступної формули, позначивши його через $[q_n]$:

$$[q_n] = \frac{k_0 P_c \beta_k (n-0,5)}{2d_c [e^{f, \beta_k (n-0,5)} - 1]}, \quad (2)$$

де $[q_n]$ – мінімально необхідний погонний тиск в рівчаку транспортера; k_0 – коефіцієнт, що знаходиться в межах 1,25 – 1,35.

Із представленої формули слідує те, що тиск $[q_n]$ зростає зі збільшенням сили, яка необхідна для обчосу стебла P_c , діаметра стебла d_c і зі зменшенням числа профільних виступів на пасі n .

Цей тиск $[q_n]$ створюється роликами пластинчастих пружин і передається від роликів через нижню частину верхнього паса на стебла, що затискаються між верхніми і нижніми пасами. Загальна сила тиску Q роликів на нижню частину вітки верхнього паса буде рівна:

$$Q = [q_n] L, \quad (3)$$

де L – довжина рівчака затискного транспортера.

За довжину L рівчака транспортера рахується відстань від осі лівого нижнього опорного ролика транспортера до осі правого нижнього опорного його ролика.

Висновок. Отримані залежності (2) і (3) можуть бути використані для розрахунку мінімально необхідного погонного тиску і загальної сили тиску в рівчаку транспортера.

Література

1. Хайліс Г.А., Поліщук Л.М. Про згин пластинчастих пружин роликів транспортера // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. статей.– Вип.17.–Луцьк: Ред.–вид відділ ЛДТУ, 2008.–С. 142-149.
2. Поліщук Л.М. Особливості згину пластинчастих пружин транспортера льонокомбайна // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. статей.– Вип.18.–Луцьк: Ред.–вид відділ ЛДТУ, 2009.–С. 381-385.
3. Шильков М.И. Основные свойства льна. Теория, конструкция и производство сельхозмашин. Том II / Под ред. акад. В.П.Горячкина. – М.: Сельхозгиз, 1936. – С. 50-84.

4. Налобіна О.О. До визначення довжини зони притискання пасів роликми затискного транспортера // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. статей. – Вип.3.-Луцьк: Ред.-вид відділ ЛДТУ, 1997.–С. 87-92.

5. Хайлис Г. А. Давление в теревильных ручьях льноуборочных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. - № 12. – С.11-15.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайлис.

УДК 633.522/677.021.11

© О.А.Примаков, В. І. Макаєв, к.т.н,
Інститут луб'яних культур УААН

ПРО ПРИГОТУВАННЯ КОНОПЛЯНОЇ ТРЕСТИ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МАШИН

Викладені результати досліджень приготування трести конопель без застосування спеціальних коноплезбиральних машин за енергозберігаючою технологією у осінній та весняний періоди.

КОНОПЦІ, ТРЕСТА, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ.

Постановка проблеми. Конопля – цінна волокниста культура, яка окрім волокна дає і насіння. Не дивлячись на швидкий розвиток хімічної промисловості, зростання виробництва штучних і синтетичних волокон, цінність пеньки як натурального волокна не зменшується. Зберігається і високий попит народного господарства на цей вид натурального волокна [1-4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конопляне волокно має універсальні властивості. За рахунок високої міцності і стійкості до гниття з неї виготовляють такі вироби як морські та річкові канати, технічну та господарську мотузку, шпагат, технічні тканини [5]. Саме тому приготування якісної сировини для виробництва волокна має велике значення.

Класичний спосіб приготування трести із стебел конопель включає в себе розстилання сировини на поверхні поля, що є початком росяного мочіння. Цей спосіб заснований на використанні життєдіяльності плісневих грибків та інших мікроорганізмів, необхідними умовами існування і розвитку яких є підвищене вологе середовище, аерація і температура. При приготуванні трести стебла кладуть тонким шаром на луках або полях восени, коли необхідна

вологість стеблин забезпечується за рахунок роси і дощу [6]. Основним продуктом після переробки трести є волокно.

Мета дослідження. Дослідити нові шляхи у збиранні конопель та приготуванні трести за енергозберігаючими технологіями у осінній та весняний періоди.

Методика дослідження передбачала отримання соломи конопель після зрізування та обмолочування насінневої частини стебел за допомогою зернозбиральних комбайнів. Визначення фізико-механічних властивостей стебел у технологічному регламенті приготування з них трести із застосуванням сільськогосподарських машин загального призначення.

Відбір проб для проведення аналізу та методи визначення якості матеріалу проводили відповідно до ГОСТу 27024-86 "Солома конопляна. Технічні умови".

Визначалися наступні показники по характеристиці соломи: відсоток стоячих стебел після робіт по звалюванню стебел; діаметр стебел, які залишилися стояти після проходження котків і стебел в загальній масі; ступінь відокремлюваності стебел від кореневих шийок в процесі звалювання та наявність забур'яненості.

Результати дослідження. Новий спосіб приготування трести не потребує використання спеціальних коноплезбиральних машин тому його можна віднести до енергозберігаючого, але за умови коли немає необхідності у збереженні паралельності стебел.

Звалювання залишків стебел проводились ґрунтообробними котками наприкінці жовтня. На момент звалювання вологість стебел складала 24,2 %. Стебла мали жовтий колір, волокно від деревини не відокремлювалось.

Відсоток стоячих стебел визначали з площі рівної 10 м². Експериментально визначено стоячих стебел до 0,6 % при середній кількості стебел з площі 10 м² – 2800 шт. В кількісному відображенні стоячих стебел з цієї площі встановлено в межах від 0 до 46 шт. На рис. 1 зображено стан поля після коткування стебел ґрунтообробними котками у осінній період.

Дослідженням встановлено, що стебла які залишалися стояти після роботи котків мали діаметр 7,5 мм і менше.

Окрім прямостоячих стебел в загальній масі зваленого матеріалу мали місце і стебла, які повністю від'єдналися від кореня; стебла, які зламалися, але з'єднані з кореневою частиною волокном; також стебла, які просто нахилені а саме:

- прямостоячих стебел – 1,5 %;
- стебел повністю від'єднанні від кореневої частини – 22,0 %;

- зламаних, але з'єднаних волокнистою частиною – 60,0 %;
- нахилених стебел – 16,5 %.

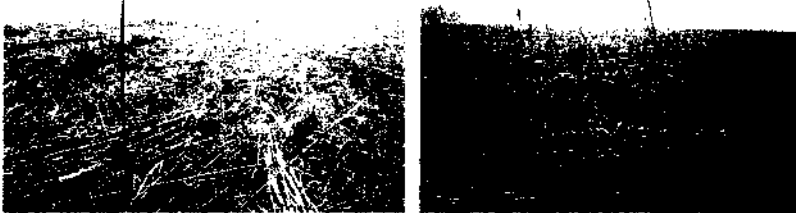


Рис. 1. Вигляд поля після прикочування в осінній період

Після висушування відібраного матеріалу, було проведена характеристика стебел. В таблиці 1 приведені дані по характеристиці стеблостою відібраного в осінній період.

Таблиця 1. Результати досліджень характеристики стебел отриманих після прикочування катками в осінній період

Повторність	Кількість стебел з 1 м ² , шт	Розплющені стебла, %	Цілі стебла, %	Довжина стебел, см	Діаметр стебел, мм
1	30	53,3	46,7	107,4	8,6
2	22	90,9	9,1	142,6	10,2
3	28	71,4	28,6	113,3	9,8
4	38	78,9	21,1	103,0	7,4
5	22	72,7	27,3	131,2	10,6
Середнє значення	28±6,6	73,4±13,6	26,6±13,6	119,5±16,8	9,32±1,3

Отже, при середній кількості стебел на 1 м² 28 шт., оброблених катками стебел 73,4 %, що можна пояснити високою вологістю матеріалу, який гірше піддається обробці у порівнянні з сухим матеріалом. Цим же можна пояснити і наявність малого відсотка (22,0 %) повністю зламаних з кореня стебел.

Що стосується вмісту лубу в стеблах соломи конопель, то в осінній період від складає – 37,6±1,6 %. Отримати якісну тресту з цієї соломи в осінньому приготуванні за погодних умов 2008 року не вдалося.

Аналіз якості трести у весняний період проводився на стеблах, які залишалися в зимовий період на кореню і перетворилися на тресту.

На рис. 2 зображено вигляд стоячих стебел, які досліджувались у весняний період.

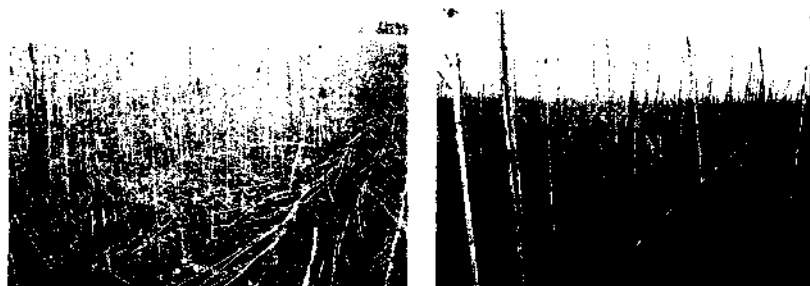


Рис. 2. Стебла конопель у весняний період

Експериментальні дослідження проводилися у весняний період (кінець березня – початок квітня). Відбір проб для проведення аналізів по якості трести було проведено на двох ділянках.

При визначенні характеристики стеблостою на залікових ділянках визначався стан стебел – кількість прямостоячих, зламаних, нахилених, полеглих. Полеглими вважають стебла з кутом нахилу більше 45° від вертикалі, нахиленими – стебла з кутом нахилу від 30° до 45° від вертикалі.

На момент проведення досліджень вологість стебел конопель, які були на кореню становила 12 %. В таблиці 2 приведені зведені дані по характеристиці стеблостою на дослідних ділянках.

Таблиця 2. Зведені дані по характеристиці стебел досліджених у весняний період

Ділянка	Кількість стебел з 1 м ² , шт	Прямостоячі стебла, %	Зламані стебла, %	Нахилені стебла, %	Полегли стебла, %	Довжина стебел, см	Діаметр стебел, мм
1	36±8,8	70,0±3,7	11,6±4,7	12,1±3,2	6,1±4,5	95,6±20,2	7,2±0,3
2	16±5,4	81,6±5,9	7,3±4,8	2,1±2,9	8,8±8,4	133,8±8,5	14,1±2,3

Отримані дані дають нам можливість мати уяву про стан стеблостою. При середній кількості стебел на двох ділянках від 16 до

36 шт. на м², ми маємо перевагу головним чином прямостоячого стеблостою від 70 до 81,6 % від загальної кількості стебел. Стебла, які за тими чи іншими причинами вже зламані (колесами зернозбирального комбайна, за рахунок пошкодження структури стебла, під впливом погодних умов та ін.), складають незначну частину – від 7,3 до 11,6 %. Нахилені та полегли стебла також мають малу відсоткову кількість – 2,1 - 12,1 % та 6,1 – 8,8 % відповідно. Отже, основна частина стеблостою знаходилася в прямостоячому стані. Довжина стебел від 95,6 до 133,8 см і діаметр від 7,2 до 14,1 мм, що стає значною перешкодою у подальшому використанні класичних технологій збирання і переробки трести і акцентує переваги у використанні нової технології приготування і переробки для даного виду матеріалу.

Забур'яненість другої ділянки має менший відсоток - 9,2 % на відміну від забур'яненості першої ділянки - 24,6 %. Отже, треста на ділянці 2 є більш якісною по даному показнику і його якісна оцінка також підвищується. Але провівши порівняння трести з двох площ по вмісту волокна, можна сказати, що менший діаметр стебел певною мірою вплинув на кількісний склад складових частин рослини конопель, що також може впливати на оцінку якості матеріалу. Вміст волокна в стеблах на першій ділянці більше від вмісту волокна на другій і складає 36,4 % проти 32,8%. Вміст волокна в стеблах конопель дає повну картину якісного стану трести конопель.

Звалювання даного стеблостою проводили в кінці березня – на початку квітня. Для звалювання стебел використовували ґрунтообробні водоналивні котки з додатково навареними на їх поверхню ребер жорсткості. На рис. 3 показано стан поля після прикотковування.

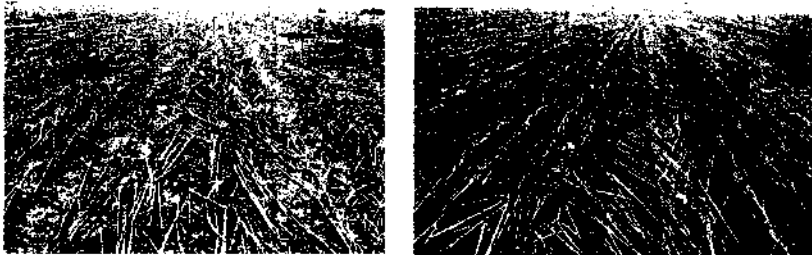


Рис. 3. Стан поля після прикотковування стебел конопель

Дослідження показали, що всі стебла конопель у весняний період з вологістю стебел 12 % були зламані на 100 %.

Після зламування проводились операції формування валка роторними граблями ГВР-6, додаткова обробка трести у сформованих валках, підбирання та пресування отриманого матеріалу рулонним прес-підбирачем ПРП-1,6, навантаження та вивезення пакунків до місць переробки.

Висновки

Провівши дослідження якості соломи і трести конопель в осінній і весняний період ми маємо уяву про матеріал, який отримуємо для переробки на коноплезаводах. Солома, що була отримана у осінній період має рівень якості, який може задовольняти переробників лише після операцій додаткового сушіння матеріалу. Але дані висновки зроблені лише на дослідження проведених в конкретних погодних умовах і не можуть бути остаточними. Вміст лубу на рівні 37,6 % є доволі високим показником, який було досягнуто за рахунок характеристик відповідного стеблового матеріалу.

Стебла конопель, які досліджувались у весняний період показали, що приготування трести за новою технологією є актуальним напрямком досліджень, оскільки зимова витримка перетворила їх на тресту з позитивними характеристиками, яку можна не тільки збирати машинами загального призначення, а і переробляти в якості короткого волокна з мінімальними затратами.

Література

1. Марков В.В. Первичная обработка льна и других лубяных культур. – М: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 376 с.
2. Мовнин М.А. Сборник технических требований и инструкций по качеству лубяного волокна. – М: ЦИНТИ, 1960. - 143 с.
3. Конопля/Тимонин М.А., Сенченко Г.И., Сажко М.М., Жатов А.И., Демкин А.П., Борисенко П.Т., Гончаров Г.И. и др./Под ред. Сенченко Г.И., Тимонина М.А. – М.: Колос, 1978. – 287 с.
4. Коноплі – культура рентабельна/Сенченко Г.І., Борисенко П.Т., Бедак Г.Р., Боддарева О.Г., Забродський О.Є., Нечипоренко І.Л., Желуденко Л.П./За ред. Сенченка Г.І. – Х.: Прапор, 1973. – 58 с.
5. Коноплеводство / Под ред. А.С. Хренникова, Я. С. Толлочко. - М.: Сельхозгиз, 1953. – 448 с.
6. Плотников С.И. Конопля. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 304 с.

Рецензент д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК 631.867.6

© Л.О. Рудик
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого
В.О. Єрмоленко к.т.н.
ІНЦ "ІМЕСГ"

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОКОНВЕРСНИХ КОМПЛЕКСІВ

Розглянуто методику біоенергетичної оцінки біоконверсних комплексів, яка дозволяє виявити їх найбільш енергосміні елементи в технологічних процесах виробництва продукції (біоенергія, добрива, кормові добавки та інше).

ЕФЕКТИВНІСТЬ, БІОКОНВЕРСІЯ, КОМПЛЕКС, ОЦІНКА.

Постановка проблеми. Науково технічний прогрес в біоенергетичній сфері представляє собою процес безперервного удосконалення і послідовного освоєння якісно нових технічних засобів і обладнання, енергетичних ресурсів, безвідхідних технологій, прогресивних форм організації виробництва і праці. Його головним результатом є пошук в першу чергу новітніх мікробіологічних та біотехнологічних процесів, а також удосконалення і модернізація технічних засобів і обладнання для їх задоволення.

Ріст ефективності біоконверсних процесів в агропромисловому комплексі (АПК) відбуваються за рахунок широкого використання постіндустріальних технологій, які вибираються, як правило, на основі аналізу біоенергетичних показників.

В умовах всезростаючого енергетичного дефіциту виникає гостра необхідність розробки і використання нових методів системної оцінки біоконверсних технологій, які вирішують триєдину задачу, а саме: екологічну, енергетичну та економічну.

На їх основі науково-дослідні і проектні організації та конструкторські бюро зможуть розробляти практичні методики вибору конкретних напрямків раціонального використання біоконверсних, біотехнологічних та біоенергетичних технологій переробки продукції АПК.

Аналіз досліджень та публікацій. В результаті аналітичних досліджень [4,5,6] підрахунку сукупних енергозатрат встановлено, що частка живої праці, безпосередньо затраченої на виробництво одиниці продукції, дуже мала по відношенню до інших складових. Наприклад, у рослинництві ці затрати коливаються від 0,1 до 0,8 %, що майже не впливає на енергетичну ефективність. Інтенсифікація ж виробництва за

рахунок скорочення затрат живої праці є одним з головних запланованих показників соціально-економічного розвитку всіх галузей народного господарства. Тому при оцінці та виборі енергоощадного варіанта технології прямі затрати праці й матеріалізована праця в минулому не підсумовуються, а аналізуються окремо.

Оцінка і вибір енергоощадного варіанта за сукупними матеріально-енергетичними затратами та з урахуванням біоенергетичних показників повинні проводитись з урахуванням цих затрат та їх вагових коефіцієнтів у загальних затратах [5]. Такий принцип аналізу дозволяє встановлювати рівень інтенсифікації за основними пріоритетними факторами (жива праця, паливе, метал, добрива тощо), що, в свою чергу, дає можливість планувати і контролювати ці показники при впровадженні у виробництво енергоощадних технологій і технічних засобів[4].

За основний критерій енергетичної оцінки технологій і комплексів машин прийнято коефіцієнт енергетичних затрат E , який характеризує в цілому прямі та непрямі затрати енергії на виконання одиниці робіт або виробничого біоконверсного процесу отримання одиниці продукції. Аналіз проводимо за сумою складових елементів затрат, які виражаються в єдиних порівняльних одиницях і відносяться до кількості виробленої продукції, тобто [5]:

$$E = (E_{ж} + E_{п} + E_{м} + E_{д}) / H_y, \quad (1)$$

де $E_{ж}$ – затрати енергії живої праці, МДж; $E_{п}$ – прямі затрати енергії пального, МДж; $E_{м}$ – затрати енергії на виготовлення, ремонт і технічне обслуговування засобів механізації (виробництва), МДж; $E_{д}$ – затрати енергії на виробництво добрив, МДж; H_y – кількість виробленої продукції, т, м³.

При порівняльній оцінці машин і обладання питомі енергозатрати визначають за новим (E_n) і базовим ($E_б$) варіантами. Відношення питомих енергозатрат по нових технологіях до цих же затрат за базовими варіантами характеризує коефіцієнт їх енергетичної ефективності:

$$k_E = \frac{E_n}{E_б}. \quad (2)$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності (k_E) є безрозмірною величиною; при зниженні енергозатрат $k_E > 1$, при збільшенні $k_E < 1$.

Затрати енергії живої праці (МДж/т або МДж/м³):

$$E_{ж} = \frac{(n_{\text{мол}} \cdot a_{ж} + n'_{\text{пов.}} \cdot a'_{ж})}{W_с}, \quad (3)$$

де $n_{\text{люд.}}$, $n'_{\text{люд.}}$ – кількість основних і допоміжних робітників різної кваліфікації, які беруть участь в технологічному процесі (за технологічними картами), люд.; $a_{\text{ж.}}$, $a'_{\text{ж.}}$ – відповідні енергетичні еквіваленти затрат живої праці, МДж/люд.-год; W_{Σ} – експлуатаційна продуктивність комплексу (машини), $\text{м}^3/\text{год}$ ($\text{т}/\text{год}$).

Прямі затрати енергії пального, МДж/т або МДж/м³):

$$E_{\text{п}} = a_{\text{п}}Q_{\text{п}} + k_{\text{в}}Q_{\text{е}} + Q_{\text{к}}, \quad (4)$$

де $a_{\text{п}}$ – енерговміст пального (табл. 1), МДж/т; $Q_{\text{п}}$ – витрати пального на одиницю площі або продукції, кг/т, кг/м³; $Q_{\text{е}}$, $Q_{\text{к}}$ – витрати електроенергії і тепла на одиницю площі або продукції, кВт-год/га (кВт-год/т) і кДж/га (кДж/м³); $k_{\text{в}}$ – коефіцієнт переведення кВт-год у МДж.

Витрати пального, електроенергії, тепла беруться фактичні за результатами відомчих, державних випробувань, за нормативами затрат.

Затрати енергії на виготовлення, ремонт і технічне обслуговування:

$$E_{\text{м}} = \frac{a_{\text{т.м}}m_{\text{т}}}{100} \cdot \frac{C_{\text{а.т}} + C_{\text{р.т}}}{T_{\text{т}}} \left(+ \frac{a_{\text{р.м}}m_{\text{р}}}{100} \right) \cdot \frac{C_{\text{а.р}} + C_{\text{р.р}}}{T_{\text{р}}}, \quad (5)$$

де $a_{\text{т.м}}$ і $a_{\text{р.м}}$ – енергоємність одиниці маси відповідно тягової і робочої машини (табл.1), МДж/т; $m_{\text{т}}$ і $m_{\text{р}}$ – маса тягової і робочої машин, кг; $C_{\text{а.т}}$ і $C_{\text{а.р}}$ – норми амортизаційних відрахувань відповідно тягової і робочої машини, %; $C_{\text{р.т}}$ і $C_{\text{р.р}}$ – норми відрахувань на ремонт і технічне обслуговування відповідно тягової і робочої машини, %; $T_{\text{т}}$ і $T_{\text{р}}$ – річні завантаження відповідно тягової і робочої машини, рік.

Розрахунок енергозатрат за годину роботи на ремонт і технічне обслуговування технологічного обладнання проведено за існуючими нормативами відрахувань коштів від загальної енергоємності виготовлення порівнюваних технологій, але цього не достатньо для біоенергетичної характеристики біоконверсних комплексів.

Мета досліджень – визначення біоенергетичної ефективності біоконверсних комплексів при їх експлуатації в АПК.

Результати досліджень. Не заперечуючи важливість біоенергетичного аналізу, необхідно відмітити, що важко зробити на його основі вибір енергоощадного варіанта технологій. Крім того, при порівняльній оцінці окремих машин і комплексів, які не виробляють кінцевої продукції (добрив, біогазу, кормових добавок, біостимуляторів тощо), не можна застосовувати показник енергетичної ефективності.

Сільськогосподарські машини. Випуск 19

Таблиця 1. Енергетичні еквіваленти затрат енергії на енерговміст продукції [2]

Показник	Енергетичний еквівалент
Енергетичні засоби, МДж/кг	86,4
Сільськогосподарські машини, зчіпки, МДж/кг	75,4
Вози, сані, візки, МДж/кг	0,01
Пальне, МДж/кг:	
дизельне	52,8
бензин	54,5
вугілля	32,7
природний газ	49,5
Дрова	19,7
Електроенергія, МДж/(кВт·год)	8,6
Затрати живої праці на роботі, МДж/люд.-год:	
дуже легкої	0,6
легкої	0,9
середньої тяжкості	1,26
тяжкої	1,86
дуже тяжкої	2,52
з керування трактором	1,26
з керування комбайном	0,9
з вантаження, на допоміжній роботі	0,6
Будівлі, МДж/м ² :	
виробничі	5025
Побутові	5662
Будівлі і споруди	4700
Добрива, МДж/кг:	
азотні	61,6
фосфорні	10,9
калійні	6,7
Органічні	0,42
Продукція, МДж/кг:	
біологічно активні добрива	0,42
біогаз	23,0
Кормові добавки	5,4

Біоенергетичну оцінку біоконверсних комплексів згідно даних аналітичних досліджень [1,2,5,6] проводять в основному за показниками, що характеризують технологічний процес і кінцевий

продукт: затрати сукупної енергії в процесі виробництва продукції, питомі затрати сукупної енергії – технологічна енергоємність продукту, корисний енерговміст, екоенергетичний коефіцієнт, величина якого залежить від енергетичного виходу кінцевого продукту.

Сукупні річні затрати енергії (E) в процесі виробництва продукції визначають за формулою[3]:

$$E = \sum_{j=1}^n E_j, \quad (6)$$

де $j = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$; E_1 – енергія (в тому числі матеріалізованої праці), затрачена на виробництво та експлуатацію машин і обладнання, які використовувались в технологічному процесі протягом року, МДж; E_2 – те ж на будівлі та споруди, МДж; E_3 – те ж на продукцію (добрива та біогаз), МДж; E_4 – еквівалент фізичних та інтелектуальних затрат енергії людини протягом року; E_5 – затрати електричної, теплової та інших видів енергії протягом року, МДж; n – кількість видів енергії, затраченої на виробництво продукції.

В свою чергу, кожне значення E_j визначається з такого виразу:

$$E_j = B \pm C, \quad (7)$$

де B – енергія, затрачена на виробництво продукції за технологією, МДж; C – величина зміни сукупної енергії в типових технологіях при виробництві продукції в залежності від варіанту модернізації чи прив'язки до конкретних умов.

$$B = B_j \cdot F_j, \quad (8)$$

де B_j – енергетичний еквівалент для j -виду виробничих затрат на продукцію за технологією, яка виражена у вигляді енергії з розрахунку на натуральну одиницю даного виду затрат; F_j – величина j -виду щорічних виробничих затрат на отримання продукції за технологією. В залежності від виду виробничих затрат їх виражають у фізичних одиницях.

$$C = C_j \cdot F_j, \quad (9)$$

де C_j – енергетичний еквівалент для j -виду виробничих затрат на продукцію при модернізації технології чи прив'язці її до конкретних умов з розрахунку на натуральну одиницю даного виду затрат; F_j – величина j -виду щорічних виробничих затрат на отримання продукції при модернізації технології чи прив'язці її до конкретних умов за рік. В залежності від виду виробничих затрат вони виражаються у фізичних одиницях.

Рівняння (7) можна записати в іншому вигляді:

$$E_j = B_j \cdot F_{,j} \pm C_j F_{,j}. \quad (10)$$

Питомі затрати сукупної енергії (технологічну енергоємність) на продукцію встановлюють таким чином:

$$\Delta E = \frac{E}{Q + \Delta Q}, \quad (11)$$

де E – сукупні річні затрати енергії в процесі виробництва продукції, МДж; Q – обсяг виробництва продукції за рік, приведений до одного виду продукції (наприклад, вмісту діючої речовини, біогазу, кормових добавок), т(м³); ΔQ – зміна кількості продукції в результаті модернізації технології, т(м³).

З урахуванням рівнянь (6) і (8) можна отримати залежність:

$$\Delta E = \frac{\sum_{j=1}^n (B_j F_{,j} \pm C_j F_{,j})}{Q + \Delta Q}. \quad (12)$$

Для аналізу технологічного процесу отримання j -виду продукції необхідно визначити питомі затрати сукупної енергії, витраченої на її виробництво, за такою формулою:

$$\Delta E_i = \frac{E_i}{Q_i + \Delta Q_i};$$

$$\text{або} \quad \Delta E_i = \frac{\sum_{j=1}^n (B_{ij} F_{,ij} \pm C_{ij} F_{,ij})}{Q_i + \Delta Q_i}, \quad (13)$$

де B_{ij} – енергетичний еквівалент j -виду затрат при виробництві i -виду продукції за типовою технологією; $F_{,ij}$ – величина j -виду виробничих затрат за рік при отриманні i -виду продукції за типовою технологією; C_{ij} – енергетичний еквівалент j -виду затрат на модернізацію типового проекту при виробництві i -виду продукції; $F_{,ij}$ – величина j -виду виробничих затрат на модернізацію типового проекту, які забезпечують отримання i -виду продукції; Q_i – обсяг продукції i -виду продукції за рік, т, м³; ΔQ_i – зміна i -виду продукції в залежності від модернізації типової технології, т, м³.

Енерговміст технологічного процесу біоконверсного комплексу визначається кількістю енергії, що міститься в одиниці кінцевої продукції, отриманої в результаті цього процесу та енергетичного еквівалента затрат енергії на енерговміст продукції (табл.1.)

Кінцева продукція біоконверсії формується в ході біохімічної діяльності мікроорганізмів при взаємодії різних видів енергії в процесі

обміну речовин. На вміст енергії в продукції значною мірою впливає якість та кількість органічних з'єднань (білків, жирів, вуглеводів), які входять до її складу. Чим вище вміст енергії в одиниці маси кінцевої продукції біоконверсії при певній її енергоємності та якості, тим вище її енерговіддача (енерговміст).

Величину енерговіддачі (енерговмісту) одиниці маси i -виду продукції можна представити у вигляді формули:

$$\Delta E_i = P_i + P_i', \quad (14)$$

де $P_i = P_i(M, K, L)$ – функція, яка показує вміст енергії та одиниці маси i -виду основної частини продукції в залежності від наявності в ній білка (M), жиру (K) та вуглеводів (L), кДж/т або кДж/м³; $P_i' = P_i'(M, K, L)$ – функція, яка показує вміст енергії та одиниці маси i -виду побічної частини продукції в залежності від наявності в ній білка (M), жиру (K) та вуглеводів (L), МДж.

До основної частини продукції біоконверсного комплексу відносяться добрива, біогаз, кормові добавки і т.п., а до побічної – вуглекислий газ, сірководень, водяний пар, зола і т.п.

Необхідно враховувати, що із зміною технології біоконверсної ферментації гною і різних органічних відходів (модернізація або прив'язка до конкретних умов) може змінюватись відносно якості та кількості основної частини продукції, що впливає на її енерговміст [1,2]. Тому при визначенні енерговмісту основної частини продукції при виробництві біологічно активних добрив спочатку визначають енерговміст білка (P_{i_b} , кДж/т), жиру ($P_{i_{ж}}$, кДж/т), вуглеводів ($P_{i_{в}}$, кДж/т), добрив, а потім дають біоенергетичну оцінку не лише сукупності цих показників $P_i = P_{i_b} + P_{i_{ж}} + P_{i_{в}}$, а й кожному з них, порівнюючи їх з нормативними.

Енерговміст обсягу всієї продукції ($\Delta E'$) визначають таким чином:

$$\Delta E' = \frac{\sum_{i=1}^m (P_i + P_i')(g_i + \Delta g_i)}{Q + \Delta Q}, \quad (15)$$

де i – індекс виду продукції; m – кількість видів продукції, виробленої протягом року; g_i , Δg – обсяг виробництва i -виду продукції, отриманої після модернізації технології або прив'язки її до конкретних умов, т(м³).

З урахуванням рівняння (13) формула (14) набуває вигляду:

$$\Delta E' = \frac{\sum_{i=1}^m (P_{i_b} + P_{i_{ж}} + P_{i_{в}} + P_i)(g_i + \Delta g_i)}{Q + \Delta Q}. \quad (16)$$



Біоенергетичну ефективність відображає біоенергетичний коефіцієнт (η), який кількісно дорівнює відношенню енерговмісту продукції до затрат сукупної енергії. Для технологічного процесу виробництва i -виду продукції:

$$\eta_i = \frac{\Delta E'_i}{\Delta Y} \cdot 100 \% \quad (17)$$

для технологічного процесу виробництва всієї продукції:

$$\eta = \frac{\Delta E'}{\Delta E} \cdot 100 \% \quad (18)$$

Зрештою, метод пропонованої біоенергетичної оцінки технологічних процесів біоконверсії гною та різних органічних відходів зводиться до визначення біоенергетичних коефіцієнтів η і η_i . Технологія, що дає найбільший енерговміст продукції при найменших питомих затратах сукупної енергії, є енергоощадною і має перевагу.

При підрахунку коефіцієнта біоенергетичної ефективності виробництва продукції (основної і побічної частин) може виявитись, що при модернізації технології або прив'язці її до конкретних умов даний коефіцієнт буде збільшуватись не лише за рахунок покращення якості добрив (наприклад, підвищення вмісту діючої речовини), але й завдяки підвищенню вмісту білків, жирів, вуглеводів. За рахунок більшої енергоємності жиру (1 г жиру містить 39,0 кДж енергії, а протеїну чи вуглеводів – тільки 17,2 кДж) загальний енерговміст продукції буде зростати, що дасть викривлену біоенергетичну оцінку пропонованої технології. Тому й необхідно проводити більш детальний розгляд і аналіз складових частин продукції біоконверсного комплексу.

Таким чином, методика біоенергетичної оцінки біоконверсних технологічних процесів дозволяє виявити їх найбільш енергоємні елементи, їх конкурентоспроможність, а також визначити напрямки підвищення біоенергетичного коефіцієнта, тобто, зростання біоенергетичної ефективності виробництва на перспективу, крім того для порівняльної оцінки біоконверсних технологій поряд з визначенням затрат живої праці, пального, енергоємності засобів механізації необхідно враховувати затрати енергії на видалення гною, його накопичення, попередню підготовку для ферментації та енергоємність виробничих приміщень, споруд для його зберігання, а також біоенергетичні параметри.

Висновки. На основі аналізу літературних джерел, узагальнення передового досвіду, агробіотехнічних і технологічних вимог біоконверсії гною та інших органічних відходів, а також вивчення фізико-механічних, агрохімічних і мікробіологічних властивостей гною та його продуктів переробки можна зробити наступні висновки:

1. У матеріальному балансі сільськогосподарського виробництва біоконверсія гною та інших органічних відходів відіграє важливу роль, а тому під час проектування агроіндустріальних комплексів, а також інтенсивного ведення сільгоспвиробництва необхідно це враховувати. Біоконверсні технології передбачають:

- отримання високоякісного біологічно активного добрива, яке характеризується високими концентраціями біогенних елементів, відсутністю життєздатного насіння бур'янів і сприяють гумусоутворенню в ґрунті;
- отримання товарної енергії за рахунок максимального вилучення енергії біомаси гною та органічних відходів;
- мінімізацію капіталовкладень на здійснення біоконверсії гною та органічних відходів;
- покращення екологічних показників в результаті безвідхідної, енергозберігаючої переробки, зберігання та використання органічних відходів;
- утилізацію теплової енергії.

2. При визначенні коефіцієнта біоенергетичної ефективності біоконверсних комплексів, які виробляють продукцію основну і побічну може виявитись, що при модернізації технології або прив'язці її до конкретних умов даний коефіцієнт може замінюватись не лише за рахунок покращення якості продукції, але і завдяки зміні мікробіологічних параметрів біоконверсного процесу, тому необхідно поводити більш детальний розгляд і аналіз складових частин продукції біоконверсного комплексу та енергетичних затрат на її виробництво.

3. Запропонована методика біоенергетичної оцінки біоконверсних комплексів дозволяє виявити їх найбільш енергоємні складові елементи, їх конкурентно-спроможність, а також визначити напрямки підвищення біоенергетичного коефіцієнта, тобто зростання біоенергетичної ефективності виробництва продукції на перспективу.

4. Для порівняльної характеристики біоконверсних комплексів в тому числі і біоенергетичних установок (БЕУ) при визначенні їх ефективного використання в експлуатації та при конструкторсько-технологічних розробках, а також для проведення техніко-економічних розрахунків авторами рекомендується використовувати методику визначення затрат енергії на виробництво продукції (добрива, біогаз, кормові добавки, біостимулятори та інше).

Література

1. Ермоленко В.А., Ермоленко А.В. Анаэробные биореакторы второго поколения в системе материального производства

сельскохозяйственных предприятий // Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту. - 2000. - № 2. - С. 94-100.

2. Єрмоленко В.О. Біологічно активні добрива: технологія виробництва // К.: Наук.-вироб. центр СТ "Вибір", 2002. - 152 с.

3. Экологическая биотехнология: Пер. с англ. /Под ред. К.Ф. Фостера, Д.А. Дж. Вейза. - Л.: Химия, 1990. - Пер. изд.: Великобритания, 1987. - 384 с.

4. Новиков Ю. Ф., Базаров Е. И. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологических процессов в сельском хозяйстве. - Землярожье. - 1982. - С. 130.

5. Методические рекомендации по обоснованию энергетических эквивалентов на машины и оборудование для агропромышленного комплекса. - Москва, 1987. - С. 35.

6. Методические указания по биоэнергетической оценке технологических процессов в АПК. - Москва, 1987. - 11 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УКД 674.05.05

© С.П. Степанчук, М.І. Пилипчук, к.т.н.
Національний лісотехнічний університет України

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПОЛОТНА СТРІЧКОВОЇ ПИЛКИ

Розроблено методику визначення жорсткості полотна стрічкових тилок. Встановлено закономірність зміни ширини пилки на довжині кроку зубця. Отримано емпіричні залежності для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки, заднього кута та коефіцієнта форми зубців.

ЖОРСТКІСТЬ, ПОЛОТНО, СТРІЧКОВА ПИЛКА, ФОРМА ЗУБА.

Постановка проблеми. Основним недоліком процесу розпилювання колод на горизонтальних вузькострічкових верстатах є хвилястість пропилу [1, 2]. Одним із основних джерел утворення хвилястості є деформації робочої вітки стрічкової пилки [3].

Пилка під час її встановлення на верстат і натягування зазнає деформацій розтягу та згину на шківих і напрямних роликах. В процесі пиляння внаслідок дії на пилку сил різання виникають додаткові деформації згину та кручення. Для визначення величини деформацій полотна пилки необхідно знати перш за все його власну жорсткість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Жорсткість тіл, виходячи з основних положень опору матеріалів [4, 5], визначається властивостями матеріалу (модулем пружності) та геометричними (19) характеристиками поперечних перерізів. Величиною жорсткості для деформації розтягу є добуток модуля пружності першого роду E (модуля Юнга) та площі поперечного перерізу F , для деформації згину – добуток модуля пружності першого роду E та осьового моменту інерції J_x , для деформації кручення величиною жорсткості є добуток полярного моменту інерції J_p і модуля пружності другого роду G .

Площа та моменти інерції поперечного перерізу полотна пилки визначаються геометричними розмірами перерізу – шириною B і товщиною S . Осьовий момент інерції визначається за формулою:

$$J_x = \frac{BS^3}{12}. \quad (1)$$

У випадку деформацій кручення тіл з перерізом прямокутної форми (в тому числі і полотно стрічкової пилки) гіпотеза плоских перерізів не є справедливою [5]. В таких випадках замість полярного моменту інерції застосовують поняття умовного моменту інерції під час кручення, який визначається за формулою:

$$J_x = \beta BS^3, \quad (2)$$

де $\beta = 0,333$, коли $B/S > 10$.

Оскільки ширина пилки на довжині кроку зубця змінюється, то площа поперечного перерізу, моменти інерції і жорсткість пилки за довжиною також не постійні. Тому, для визначення жорсткості полотна пилки необхідно визначити деяке стале значення ширини, тобто еквівалентну ширину пилки. За еквівалентну ширину пилки приймаємо ширину пластини, товщина і жорсткість якої рівні товщині і жорсткості полотна пилки.

Мета дослідження. Для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки необхідно мати математичну залежність, яка описує зміну ширини пилки на довжині кроку зубця. На основі такої залежності є можливість також отримати формули для визначення заднього кута та коефіцієнта форми зубця.

Саме з таких міркувань вважаємо актуальним встановлення математичної залежності, яка б описувала профіль зубчастого вінця пилки.

Результати дослідження. Серед вузьких колодопиляльних стрічкових пилок найбільш поширеними є пилки з профілем зубів WM [6, 7], тому саме цей профіль вибрано для подальших досліджень.

На довжині кроку зубця виділяємо три характерні ділянки (рис. 1):

d_1e_1 – передня поверхня зубця (має прямолінійну форму з кутом нахилу, рівним передньому куту);

e_1f_1 – крива переходу між передньою поверхнею зубця і міжзубцевою западиною (визначається профілем робочої поверхні заточувального круга);

f_1d_{1+1} – крива міжзубцевої западини та задньої поверхні зубця.

Вона має найбільшу довжину і є основною ділянкою профілю зубця. Саме тому математична залежність, яка описує форму цієї ділянки, є основною складовою для визначення еквівалентної ширини пилки.

Розглянемо криву профілю зубця стрічкової пилки як залежність ширини пилки від координати за її довжиною $B(z)$ (рис.1). Оберемо систему координат, горизонтальна вісь z якої співпадає із задньою крайкою пилки, а вертикальна вісь направлена по ширині пилки і є дотичною до лінії переходу між передньою поверхнею зубця і міжзубцевою западиною. Систему координат не пов'язано з вершиною зубця, оскільки деяка нерівномірність загострення та зношення вершин зубців можуть призвести до похибок у визначенні координат точок.

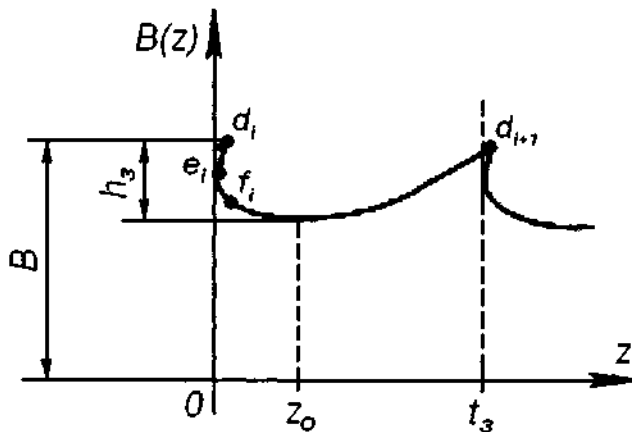


Рис. 1. Крива профілю зубця стрічкової пилки $B(z)$

Для дослідження було взято дві вузькі колодопиляльні стрічкові пилки з різними значеннями ширини, висоти зубця та переднього кута. Геометричні параметри пилок наведено в таблиці 1, загальний вигляд однієї з пилок показаний на рис. 1. Для встановлення

координат точок профілю зубців пилки було скановано і отримано зображення на ЕОМ. Для встановлення залежності $B(z)$ вибрано по 5 зубців на кожній із пилок. На ділянці міжзубцевої западини та задньої поверхні кожного зубця вибрано по 10...15 точок та визначено їх координати. Крім того, визначено координати вершин кожного зубця $(z_i, h_{z,i})$ (див. рис. 1) та радіус заокруглення r ділянки $e_i f_i$. Для визначення координат точок використано графічний редактор MS Paint.



Рис. 2. Вузька колодопиляльна стрічкова пилка з профілем зубця WM

Таблиця 1. Геометричні параметри стрічкових пилок

Параметр	Пилка №1	Пилка №2
Ширина пилки, мм	48	45,6
Висота зубців, мм	5,6	5,1
Крок зубців, мм	22	22
Товщина пилки, мм	1,06	1,06
Передній кут, град	11,2	8,1
Тип профілю зубів	WM	WM

Масштаб зображення пилок на ЕОМ визначено за роздільною здатністю, з якою було здійснено сканування (400 фрі, що відповідає 0,0635 мм/піксель).

За отриманими координатами точок для кожного зубця побудовано графічні залежності $B(z)$ з використанням табличного редактора MS Excel та зроблено їх апроксимацію поліноміальною залежністю другого порядку

$$B(z) = b_1 z^2 + b_2 z + b_3. \quad (3)$$

Для кожної з пилок визначено середні значення коефіцієнтів поліноміальної залежності. Результати представлено в таблиці 2.

Вираз (3) перетворимо до виду

$$B(z) = a(z - b)^2 + c. \quad (4)$$

В даному виразі b і c – координати вершини параболи (дна міжзубцевої западини), a – коефіцієнт, який визначає форму параболи, які рівні

$$a = b_1, \quad b = -\frac{b_2}{2b_1}, \quad c = b_3 - \frac{b_2^2}{4b_1}. \quad (5)$$

Таблиця 2. Апроксимація залежностей $B(z)$ (розміри вказано в мм)

Зубець	b_1	b_2	b_3	Координати вершини попереднього зубця		Радіус заокруглення ділянки $e_i f_i$ r
				z_i	h_{z_i}	
<i>Пилка 1</i>						
1	0,0207	-0,2611	43,143	0,59	5,68	0,88
2	0,0201	-0,2438	43,072	0,61	5,65	0,77
3	0,0185	-0,1917	42,856	0,52	5,66	1,47
4	0,0205	-0,2644	43,061	0,73	5,55	0,78
5	0,0192	-0,2371	43,263	0,65	5,32	0,86
Сер. знач.	0,0198	-0,23962	43,079	0,62	5,572	0,952
<i>Пилка 2</i>						
1	0,0202	-0,2641	40,899	0,38	5,08	1,33
2	0,022	-0,3002	40,567	0,51	4,64	1,21
3	0,0208	-0,3001	41,35	0,44	5,21	1,21
4	0,0209	-0,2898	41,259	0,38	5,02	1,14
5	0,0206	-0,2538	41,074	0,38	5,21	1,21
Сер.знач.	0,0209	-0,2816	41,0298	0,418	5,032	1,22

Прийнявши, що $a = kh_z$, $c = B - h_z$, отримаємо шукану функцію, яка описує зміну ширини пилки на довжині кроку зубця:

$$B(z) = kh_z (z - z_0)^2 + B - h_z, \quad (6)$$

де h_z – висота зубців; B – ширина пилки; k – деякий коефіцієнт, який можна розрахувати, маючи координату вершини зубця z_i за формулою:

$$k = \frac{1}{(z_i + z_1 - z_0)^2}, \quad (7.1)$$

або визначити з отриманих експериментально поліноміальних залежностей $B(z)$ за формулою

$$k = \frac{b_1}{h_1} \quad (7.2)$$

Експериментальні значення коефіцієнтів виразу (4), розраховані за формулами (5), а також розрахункові та експериментальні значення коефіцієнта k , визначені за виразами (7.1) і (7.2), наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Значення коефіцієнтів емпіричних залежностей

Пилка	a	b	C	z_0	$k_{роп}$	$k_{експ}$	$\Delta, \%$
1	0,0198	6,068182	42,35091	6,068182	0,0035403	0,0035535	0,37
2	0,0209	6,736842	40,08145	6,736842	0,0039525	0,0041534	4,83

Похибка між експериментальним та розрахунковим значенням коефіцієнта k для обох пилок не перевищує 5%, а тому залежність (6) можна застосувати для описування форми ділянки $f_j d_{i+1}$ будь-якої стрічкової пилки з профілем зубців WM, визначивши лише ширину пилки B , висоту зубця h , крок зубця t , координати вершини зубця z_1 і дна міжзубцевої западини z_0 та розрахувавши значення коефіцієнта k за формулою (7.1).

ЗАТ "Інструмент" (Росія) [8] рекомендує розташування дна міжзубцевої западини на відстані по горизонталі 16 мм від вершини правого зубця. В такому випадку $z_0 = 6,7 \text{ мм}$. Отримані експериментально середні значення z_0 для обох досліджених пилок також близькі до цієї величини. Прийнемо для практичного застосування усереднені значення $z_0 = 6,7 \text{ мм}$, $z_1 = 0,5 \text{ мм}$, $t = 22,2 \text{ мм}$. При цьому згідно залежності (7) $k = 0,0039$. Із врахуванням цих значень залежність ширини пилки на довжині кроку зубця набуває остаточного вигляду

$$B(z) = 0,0039h(z - 6,7)^2 + B - h_1 \quad (8)$$

Форма основної ділянки профілю зубця $f_j d_{i+1}$ пилки, побудована за отриманою емпіричною залежністю (8) на основі вихідних даних пилки №2, використаної під час досліджень, та фрагмент її зображення наведені на рис.3.

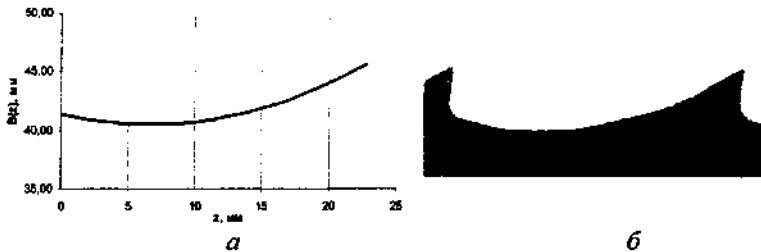


Рис. 3. Форма основної ділянки профілю зубця $f_i d_{i+1}$ пилки, побудована за отриманою емпіричною залежністю на основі вихідних даних пилки №2 (а), та фрагмент її зображення (б)

В результаті проведених досліджень зубчастого вінця стрічкових пилок з профілем зубця типу WM встановлено закономірність зміни ширини пилки на довжині кроку зубця у вигляді квадратичної залежності. Встановлену залежність можна застосовувати для всіх вузьких стрічкових пилок з профілем зубців WM.

Встановлення залежностей для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки, заднього кута та коефіцієнта форми зубців.

За допомогою залежності, яка описує зміну ширини пилки на довжині кроку зубця, можна визначити еквівалентну ширину стрічкової пилки, а також задній кут та коефіцієнт форми зубця.

Величина проєкцій ділянок $d_i e_i$ і $e_i f_i$ (див. рис. 1) на горизонтальну вісь є дуже малою порівняно з проєкцією ділянки $f_i d_{i+1}$, тому впливом ділянок $d_i e_i$ і $e_i f_i$ на результат визначення еквівалентної ширини пилки та коефіцієнта форми зубця знехтуємо і в якості залежності, яка описує зміну ширини пилки на довжині кроку зубця, використаємо отримані залежності (6) і (8) для ділянки $f_i d_{i+1}$.

Для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки використаємо залежності для деформації згину [5]. Уявимо конструкцію, в якій частина полотна пилки довжиною, рівною кроку зубців, жорстко закріплена на одному кінці і навантажена згинальним моментом M на іншому кінці. При цьому рівняння пружної лінії має вигляд

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{d\theta}{dz} = \frac{M}{EJ(z)}, \quad (9)$$

де θ – кут повороту перерізу пилки під дією згинального моменту; E – модуль Юнга; $J(z)$ – функція моменту інерції пилки від координати z , яка рівна

$$J(z) = \frac{B(z)S^3}{12}. \quad (10)$$

Кут повороту перерізу в навантаженому кінці пилки

$$\theta = \int_0^{l_1} \frac{12Mdz}{EB(z)S^3}. \quad (11)$$

Із застосуванням поняття еквівалентної ширини пилки $B_{екв}$ кут повороту перерізу θ рівний

$$\theta = \frac{12Mt_1}{EB_{екв}S^3}. \quad (12)$$

Порівнявши вирази (11) і (12) для кута повороту перерізу та врахувавши залежність (6), отримаємо залежність для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки

$$B_{екв} = \frac{t_1}{\int_0^{l_1} \frac{dz}{kh_1(z-z_0)^2 + B-h_1}}. \quad (13)$$

Після інтегрування, спрощення та підстановки числових значень величин k і z_0 отримаємо наступну емпіричну залежність для обчислення еквівалентної ширини стрічкової пилки:

$$B_{екв} = B - 0,78h_1. \quad (14)$$

Задній кут α визначається в точці $z = z_1 + t_1$ (вершина зубця) за залежністю

$$\alpha = \arctg B'(z). \quad (15)$$

Після диференціювання та необхідних підстановок залежність (14) має вигляд

$$\alpha = \arctg(2kh_1(z_1 + t_1 - z_0)). \quad (16)$$

Із урахуванням числових значень $z_1 + t_1 - z_0 \approx 16$ мм, $k = 0,039$, емпірична формула для визначення заднього кута набуває остаточного вигляду

$$\alpha = \arctg(0,125h_1). \quad (17)$$

Коефіцієнт форми зубця Θ визначається відношенням площі міжзубцевої западини F_m до квадрата кроку зубця [6]:

$$\Theta = F_m/t_1^2, \quad (18)$$

Площу міжзубцевої западини визначимо шляхом інтегрування отриманої функції $B(z)$ (6):

$$F_m = h, t, - \int_0^{t, z_0} kh, (z - z_0)^2 = h, \left(t, - k \left(\frac{(t, + z_0 - z_0)^3}{3} + \frac{z_0^3}{3} \right) \right).$$

З урахуванням прийнятих для практичного застосування числових значень величин k і z_0 площа міжзубцевої западини рівна

$$F_m = 16,5h, . \quad (20)$$

Підставивши отриманий вираз (20) у формулу (18), отримаємо наступну залежність для визначення коефіцієнта форми зубця:

$$\Theta = 0,0335h, . \quad (21)$$

Отже, для отримання значень еквівалентної ширини стрічкової пилки з профілем зубців типу WM за формулою (14) достатньо мати значення ширини пилки та висоти зубця, для обчислення заднього кута і коефіцієнта форми зубця за формулами (17) і (21) – лише значення висоти зубця.

Висновки

1. На основі досліджень зубчастого вінця стрічкових пилок встановлено квадратичну залежність зміни ширини пилки на довжині кроку зубця з профілем типу WM;

2. Отримано залежності для визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки, заднього кута та коефіцієнта форми зубця для вузьких колодпиляльних стрічкових пилок з профілем зубців типу WM;

3. Методика і отримані результати досліджень з визначення еквівалентної ширини стрічкової пилки уможливають подальші дослідження деформацій пилки як основного джерела виникнення хвилястості пропилу.

Література

1. Пилипчук М.І., Степанчук С.П. Дослідження показників точності розпилювання колод на горизонтальному стрічкопилковому верстаті. Наук. вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2005. - Вип. 15.3.

2. Пилипчук М.І., Степанчук С.П., Лобода М.В., Офік І.В. Дослідження впливу домінуючих факторів на величину хвилястості пропилу в процесі пиляння колод на горизонтальних стрічкопилкових верстатах. Наук. вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2007. - Вип. 17.4.

3. Якунин Н.К. Подготовка и эксплуатация ленточных пил: Учеб. пособие/ Н.К. Якунин, И.Н. Якунин. – М.: ГОУВПО МГУЛ, 2005. – 562 с.

4. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності: у 2-х ч. 5-ти кн. – Ч. 1. Кн. 2.: Піскунов В.Г. та ін. Опір бруса. – К.: Вища шк., 1994. – 336 с.: іл.

5. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / Под общ. ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979. – 696 с.

6. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Підручник для вищих навчальних закладів. – Львів, КН, 2006. – 412 с.

7. Ребезнюк І.Т. Підготовлення вузьких колодопиляльних стрічкових пилок до роботи: Монографія. – Львів: Кольорове небо, 2005. – 260 с.

8. Ленточные Пилы [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.instrumentnn.ru/band-saw.html>. - Заголовок з екрану.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс.

УДК 633.52

© І.В. Тараймович, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ВОРОХУ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ

У статті проведено аналіз шляхів зниження енергетичних витрат на отримання якісної насінневої продукції льонарства та наведено технологічну схему обробки вороху льону в умовах льоносіючих господарств.

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ВОРОХ, ОБРОБКА, ВИТРАТИ, НАСІННЯ.

Постановка проблеми. Льонарство і лляна промисловість України мають великий потенціал, набутий досвід і матеріальну базу. Льяне волокно як продукт, що випускається підприємствами АПК, є єдиним джерелом натуральної сировини для виробництва досить широкого спектру виробів побутового та технічного призначення.

Але країна, яка колись займала 14% світового ринку льоноволокна, на даний час закуповує тканини й вироби з льону з-за

кордону, а найкращий у світі льон виробляють країни, які ну ніяк не можна назвати аграрними – Франція, Бельгія, Голландія. Рівень світової потреби в льоні на даний час складає близько 400 тис. т, а реальний об'єм світового виробництва – всього 280 тис. т. У грошовому виразі місткість європейського ринку льняних тканин складає приблизно 450 млн. євро.

Прикро, що занепад льонівиробництва в Україні відбувається на тлі світових тенденцій, які мали б посприяти розвитку цієї галузі. У розвинених країнах захоплення синтетикою давно минуло, поступившись захопленню натуральними матеріалами. Унікальні властивості льняного волокна, насіння та олії роблять льняну продукцію конкурентоздатною та екологічно безпечною в умовах стрімкого технічного прогресу. У зв'язку з цим попит на льоносировину постійно перевищує пропозицію. Варто також нагадати, що ґрунтово-кліматичних зон, придатних для вирощування льону, в світі не так уже й багато: з-поміж європейських країн Україна є найбільшою такою зоною. А можливості прискореного розвитку галузі льонарства з орієнтацією на внутрішній ринок обумовлені:

- наявністю ресурсів земель, придатних для вирощування льону-довгунця;
- запасом водних ресурсів та можливістю створення сприятливих агрокліматичних умов для отримання високоякісного волокна завдяки використанню росяного мочіння льонотрести;
- наявністю висококваліфікованих трудових ресурсів, що зосереджені в льоносіючих регіонах;
- високим науковим потенціалом, що здатен забезпечити прискорений інноваційний розвиток льонарської галузі України.

Отже, враховуючи вказані причини задача по обґрунтуванню й розробці ресурсозберігаючих технологій для підвищення рентабельності льоносіючих господарств є вкрай актуальною та доцільною. Тому метою дослідження є пошук шляхів зниження енергетичних витрат на отримання якісних продуктів льону-довгунця в процесі його первинної обробки й створення технологічної схеми первинної обробки воруху льону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Шляхи зниження енергозатрат у післязбиральній обробці льоновороху досліджувалися у роботах [1], [2], [3]. Значні дослідження з виділення насіння у воросі льону проведено Боярчуком Ю.І. [4]. А у роботах [5, 6, 7] запропоновані різні варіанти технологічних процесів попередньої сепарації льоновороху та пристрої для їх реалізації.

Результати досліджень. Показники посівної якості насіння, як відомо, великою мірою залежать від умов формування врожаю, але навіть вирощений високий врожай можна повністю втратити як посівний матеріал невчасним збиранням, неналежним сушінням льонвороху, його обмолотом і подальшим зберіганням посівного матеріалу.

Адже потенційна врожайність культури за насінням залежно від селекційного сорту становить 8-10 ц/га, біологічна у виробничих умовах – 5-6 ц/га, а фактична по Україні – 2,5-3,0 ц/га. Посівна якість вирощеного насіння дуже низька.

Таким чином, інтенсивне формування врожаю і якості насіння найкраще відбувається лише при створенні оптимальних умов для вирощування льону-довгунця. Подальші технологічні процеси мають бути спрямовані на збереження досягнутих показників врожайності як волокнистої продукції, так і насіння.

Вологість матеріалу – основний фактор впливу на енергетичні затрати в процесі первинної обробки продуктів льону-довгунця. А тому розділення вороху льону на фракції (рис.1) дає можливість вибирати найбільш оптимальні схеми сушіння цих фракцій та умови первинної обробки взагалі, що призводить до суттєвого зниження енергетичних витрат.

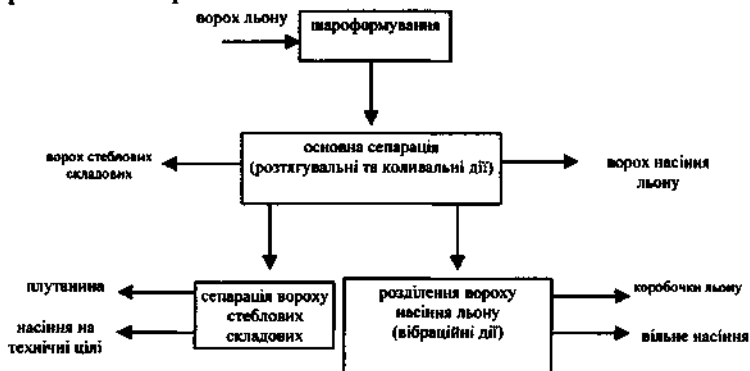


Рис. Технологія розділення вороху льону на фракції: плутанину, вільне насіння та коробочки льону-довгунця

Дана технологія, полягає у тому, що після збирання ворох льону піддається основній сепарації. У результаті сепарації з вороху відділяється ворох насіння льону (насіннєві коробочки та вільне насіння) та ворох стеблових складових. Ворох стеблових складових, що містить коробочки в незначній кількості, сепарується додатково.

Додаткова сепарація передбачає більш жорсткі режими, після неї отримують насіння, яке використовують на технічні цілі. Середня вологість насіння, яке залишилось в коробочках після сепарації становить 23 – 24%. А середня вологість коробочок льону коливається в межах 29 – 31%. Оскільки вільне насіння сохне швидше за коробочки, тому їх після основної сепарації розділяють для окремого сушіння.

Після сушіння проводять очищення та сортування насіння й отримують якісний посівний матеріал.

Отже, при застосуванні даної технології відбувається значне зниження енергетичних витрат на таких етапах її реалізації:

– при основній сепарації відокремлюються волокнисті, найбільш вологі складові вороху льону, так що подальшому сушінню піддається лише ворох насіння льону;

– розділення вороху насіння льону дозволяє отримати якісний посівний матеріал й знизити відсоток вологи, який необхідно зняти з матеріалу за рахунок окремого сушіння вільного насіння й коробочок льону;

– застосування додаткової сепарації вороху стеблових складових дозволяє отримати два побічні продукти (насіння на технічні цілі та плутанина), які забезпечують додаткове надходження коштів для господарства.

Висновки.

1. Важливо в процесі вирощування підвищити врожайність не лише волокна, а й насіння шляхом застосування заходів, які б відповідали біологічним вимогам цієї технічної культури.

2. Збільшення валових зборів насіння, підвищення його врожайності та якості можна досягти завдяки поліпшенню засобів агротехніки насінневих посівів, системи захисту рослин від шкідників, хвороб, бур'янів, своєчасного збирання врожаю та дотримання вимог його первинної обробки.

3. Для підвищення рентабельності вирощування льонувовноцця необхідно застосовувати глибоку переробку всього асортименту продукції, отриманої під час заготівлі трести: довге та коротке волокно, кострицю, насіння та плутанину, отриману в процесі первинної обробки вороху льону.

Література

1. Дідух В.Ф., Подоляк В.М. Шляхи зниження енергозатрат у післязбиральному обробітку льонувороху// Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. ВО ІАУ. Вип. 2. – Луцьк. – 1996. – с.77 – 82.

2. Кірчук Р.В. Розробка сепаратора вороху льону: Дис...канд. тех. наук: 05.05.11. – Луцьк, 2001. – 198с.

3. Дідух В.Ф. Збирання та первинна переробка льону-довгунця. Монографія // В.Ф. Дідух, І.М. Дударев, Р.В. Кірчук – Луцьк: ЛНТУ, 2008. – 215 с.

4. Боярчук Ю.И. Повышение эффективности послеуборочной обработки льновороха путем его сепарации перед сушкой. Автореф. дисс...канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 1994. – 13с.

5. Шаршунов В.А.; Круглень В.Е.; Кудрявцев А.Н.; Коцуба В.И.; Алексеенко А.С. Комбинированная молотилка-сепаратор льновороха [МСЛВ-2,5] // Тракторы и с.-х. Машины. – 2004. - №11. – с. 13-15.

6. Лачуга Д.Ю. Обоснование процессов и рабочих органов для разделения сырого льновороха [Технические средства аксиально-роторного и решетчато-гребенчатого типов для выделения путанины, коробочек и семян льна]. – Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01. – Москва, 2007. – 18 с., ил.

7. Катченков С., Максимов К. Предварительная сепарация мелкого льновороха // Сельский механизатор. – 2004. - № 10. – С. 20-21.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.

УДК 633.52

© І.В. Тараймович к.т.н.; Р.В. Дужук
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОЛОКНА В СТЕБЛАХ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО, ВИРОЩЕНОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

У статті оцінено льон-межеумок, вирощений в умовах Західного Полісся за врожайністю та якістю насіння і волокнистої продукції – соломи, трести, волокна, розглянуто процес отримання волокна із льону олійного та обґрунтована доцільність його вирощування в умовах Західного Полісся.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ВМІСТ, ВОЛОКНО, НАСІННЯ, ПОЛІССЯ.

Постановка проблеми. Сучасний культурний льон ділять на три групи: довгунці, кудряші та межеумки. Усі вони однорічні рослини, проте розрізняються розмірами і призначенням. Якщо льон-довгунець вирощують лише заради отримання волокна, а льон-кудряш

– як олійну рослину, то межеумки використовують для тих і інших цілей. Вони займають проміжне становище між довгунцем та кудряшом – тому й назва. Більше олії міститься в насінні кудряшів – 44 проти 42% – у межеумків. Водночас солома межеумків вища, містить більше волокна та може бути використана для виробництва текстильного волокна, а з останнього – прядива.

Завдяки своїм унікальним властивостям продукція як льону-довгунця, так і льону олійного та продукти його переробки користуються попитом не тільки на внутрішньому ринку України, але й в усьому світі [1, 2]. Солома, яка містить до 50% целюлози, є сировиною для виробництва цигаркового паперу, картону. У середньому з кожного гектара льону можна отримати до 300 кг паперової сировини. З відходів переробки стебел на волокно – костри виготовляють будівельні та меблеві плити [3]. За даними досліджень центрального Науково-дослідного інституту комплексної автоматизації легкої промисловості Російської Федерації (м. Москва), волокно льону з успіхом можна використовувати для отримання ефірів целюлози та усіх продуктів на її основі. Волокно олійного льону може використовуватися для виробництва нетканих матеріалів різного призначення та армування конструкційних полімерних матеріалів для автомобільної, авіаційної та інших галузей промисловості. З цієї метою використовують також волокнисті відходи переробки льону-довгунця [4].

Олійний льон – цінний харчовий та лікувальний продукт. Олія з нього містить ненасичені жирні кислоти, а тому попереджає виникнення судинних захворювань. Насіння льону, за практикою народної та даними наукової медицини, має лікувальні властивості. Окрім жиру, воно містить білок, вуглеводи, органічні кислоти, вітамін А, ферменти. З насіння льону одержують препарат лінетол, що використовується для лікування опіків шкіри. Олію можна вживати в їжу. Саме вона була чи не єдиною з-поміж олій, що рятувала мешканців Полісся у довоєнні та перші післявоєнні десятиліття. Тут у садибах вирощували льон-межеумок, насіння якого використовували для отримання харчової олії, а зі стебел отримували волокно для власноручного виробництва різних тканин домашнього вжитку.

Аналіз останніх досліджень. Льон олійний був поширеною культурою в Україні до середини минулого століття. Його посівні площі у південних областях становили близько 100 тис. га. Проте, в 1955 році рішенням уряду вирощування льону олійного в Україні було припинене та перенесене до Казахстану на цілині землі.

Але виявилось, що грамотне вирощування льону-межумка економічно вигідно, тому що льон дає і волокно і масло (до 2 т з га!). Тому саме його останнім часом сіють у Канаді (800 тис. га), Китаї (600 тис. га) та в США (400 тис. га). До того ж льон-межумок визнаний стратегічною сировиною – у США, Канаді й Італії ведуться активні дослідження, інформація про яких строго засекречена [5].

Льон олійний, володіючи досить високою біологічною пластичністю, стійкістю до низьких температур повітря, особливо в початковий період вегетації, може стати важливим джерелом олійного насіння та волокна, яке б відповідало вимогам виробництва товарів широкого вжитку.

На даний час цієї культуру зацікавилися і в Україні, але здебільшого посіви льону олійного зосереджені в південному регіоні: Запорізькій, Херсонській, Миколаївській та Одеській областях.

Метою проведених досліджень є визначення особливостей розвитку та формування врожаю і якості продукції льону олійного (льону-межумка) та обґрунтування доцільності його вирощування в умовах Західного Полісся України.

Результати досліджень. Можливість та доцільність вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся насамперед визначається біологічними особливостями самої рослини та ґрунтово-кліматичними умовами регіону.

Льон олійний – культура порівняно холодостійка, хоча і більш вимоглива до тепла ніж льон-довгунець, особливо у період дозрівання [6]. Насіння його починає проростати при температурі 3...5°C, а сходи з'являються при температурі повітря 6°C. Сходи льону витримують навесні заморозки до мінус 3...4°C, а рослини двотижневого віку – навіть до - 6°C. Тривалість вегетаційного періоду становить 70...115 днів. Сума плюсових температур за цей час повинна складати 1600...1800°C, що на 300...400°C менше, ніж у зернових культур.

Клімат західного Полісся, зокрема Волинської області, характеризується помірною континентальністю порівняно з іншими регіонами України [7]. Зима більш м'яка, літо менш жарке, ніж у інших регіонах. Взимку і влітку переважають вітри західних та південно-західних напрямків, які значно пом'якшують температурний режим і створюють умови достатнього зволоження.

Основні кліматичні показники області мають такі значення:

- сума активних температур за період із середньодобовою температурою понад 10°C дорівнює 2400...2500°C;
- безморозний період досить тривалий і становить 153...165 днів, а тривалість періоду із середньодобовою температурою 5°C –

205...210 днів, понад 10°C – 100...105 днів. Період вегетації триває з другої декади квітня до третьої декади жовтня;

– середня температура повітря за рік +7°C, а найтеплішого липня +18°C. Найвища температура (абсолютний максимум) досягає +36...39°C і припадає на липень-серпень.

Для встановлення доцільності вирощування льону олійного необхідно було оцінити дану культуру за врожайністю та якістю насіння і волокнистої продукції – соломи, трести, волокна.

Тому, були проведені дослідження із визначення вмісту волокна у стеблах льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся.

Для проведення досліду із різних місць дослідної партії льону олійного відбиралося 10 жмень трести, видалялися із них бур'яни і отриманий матеріал підсушувався до вологості 9...11%. Із підсушених жмень було сформовано п'ять пучків вагою 100±2 г. Стебла кожного пучка підрівнювали так, щоб збігалися їх окоренки. Після чого кожен пучок зв'язували у трьох місцях: на відстані 5..7 см від окоренків, приблизно посередині і у верхній частині.

Зв'язані пучки розрізали на три ділянки. Спочатку відрізали прикореневу ділянку довжиною 15 см. Така довжина відповідає середній висоті зрізу стеблостою льону олійного при збиранні його зернозбиральним комбайном. Потім від місця відрізу прикореневої ділянки відміряли 30 см і відрізали верхню ділянку. Місце відрізування верхньої ділянки знаходиться трохи вище початку розгалуження стебла.

Вирізані з пучків ділянки розв'язували, зважували і пропускали через лабораторну м'ялку ЛМ-3 (рис.1), розкладаючи стебла по всій довжині робочої ширини м'ялки.



Рис.1 Лабораторна м'ялка ЛМ-3

Тиск пружин на вальці м'ялки повинен бути 118 Н (12 кгс). Пропустивши стебла через м'ялку 5...6 разів, їх витрушували вручну до припинення виділення костриці. Потім знову проминали 4...6 разів і протрушували. Такий процес повторювали до тих пір, поки вміст костриці у волокні не перевищував 10%. Залишки костриці вибирали вручну на столі, покритому темним папером. Окремі волокна, які випали із кострицею, збирали і приєднували до проби. Отримане чисте волокно зважували із точністю до 0,01 г на лабораторних терезах ВТК-500.

За отриманими експериментальними даними можна побудувати діаграму (рис.2), яка показує середній вміст волокна п'ятих дослідних партій у прикореневій, середній та верхній частинах.

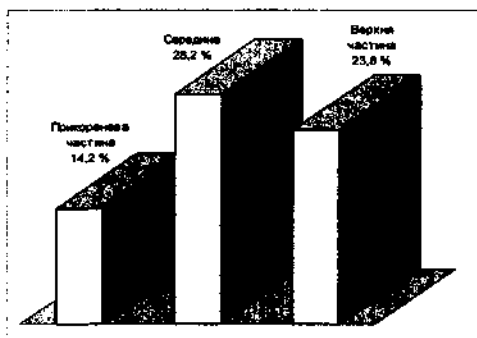


Рис.2. Вміст волокна у дослідних зразках льону олійного

Висновки

1. Проаналізувавши біологічні особливості льону олійного та ґрунтово-кліматичні умови Волинської області, можна зробити висновок, що зона Західного Полісся цілком придатна для вирощування льону олійного (льону-межуемку).

2. Проаналізувавши результати дослідів, можна зробити висновок про перспективність вирощування льону олійного на території Західного Полісся, оскільки ця культура дає не лише високий врожай насіння (20 ц/га), але й достатній врожай волокнистої продукції для того, щоб вважати вирощування льону олійного ефективним та рентабельним.

Література

1. Павло Коротич. Льон – нова перспектива в родині олійних // Пропозиція. - №2. – 2006. – С. 36.

2. А льон цвіте синьо, синьо і на Півдні України [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: <http://fermer.dela.kr.ua>.

3. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування: А.В. Чехов, О.М. Лапа, Л.Ю. Міщенко, І.О. Полякова – К.: Українська академія аграрних наук. Інститут олійних культур, 2007. – 59 с.

4. Чурсіна Л.А. Льонарство – історичне минуле і перспективи розвитку / Л.А. Чурсіна, М.А. Коваленко, О.О. Горач // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.16 – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ. – 2009. – С. 509-515.

5. Живетин В.В. Масличный лен и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гінзбург – М.: ЦНИИЛКА. 2000. – 389 с.

6. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів.: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.

7. М.Й. Шевчук, П.Й. Зінчук, Л.К. Колошко та ін. Грунти Волинської області. Монографія. За ред. д.с/г.н. М.Й. Шевчука. – Луцьк: Вежа, 1999. – 160 с.

Рецензент д.т.н., проф. Дідух В.Ф.

УДК 631.358:633

© О.Ю.Філін

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ РОБОЧОГО ОРГАНУ ВОРУШИЛКИ

У статті виконано аналіз траєкторії руху кінців пальців робочого органу ворущилки.

РУХ, РОБОЧИЙ ОРГАН, ВОРУШИЛКА, ДОСЛІДЖЕННЯ.

Постановка проблеми. Збирання льону льонокомбайном передбачає вилежування льоносоломки в тресту на льонниці. Льон в Україні вирощують, в основному на Поліссі, де погодні умови не завжди сприяють процесу вилежування. Сира погода приводить до загнивання стрічки льону, яка втрачає свої властивості. Тому, виконання додаткової операції ворущіння є необхідним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ворущіння стрічок льону почали застосовувати лише наприкінці 80-х років, тому робіт, присвячених аналізу процесу не достатньо. Окремі відомості про

елементи процесу ворущіння містяться в роботах Г.А.Хайліса, В.І.Соснова, В.М.Луценко і Л.В.Родіонова.

З метою удосконалення конструкції ворущило стрічок льону є потреба у проведенні більш глибоких теоретичних досліджень технологічного процесу ворущіння.

Мета досліджень. Виконати графо-аналітичне дослідження руху пальців ворущили, які в подальшому будуть використані для обґрунтування кінематичних і геометричних параметрів її робочого органу.

Результати досліджень. З метою забезпечення робочого процесу ворущили льону побудуємо траєкторію руху кінців зубців ворущили (рис.1).

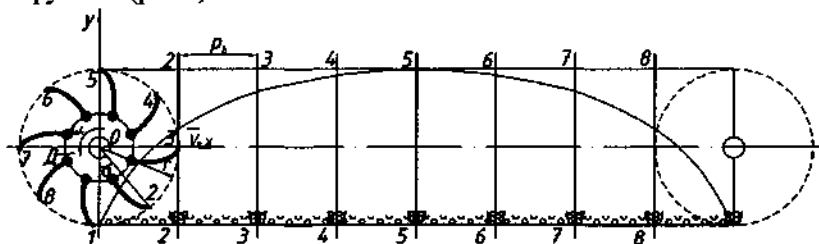


Рис. Схема руху кінців зубів ворущилки при взаємодії зі стрічкою льону

В робочому режимі зубці ворущили обертаються з кутовою швидкістю ω_b і здійснюють переносний поступальний рух разом із рамою в напрямку вектора V_{mp} швидкості руху трактора.

Проведемо осі координат X і Y з центром O , який співпадає з центром O обертання диску D . Тоді рух крайньої точки зуба опишеться рівняннями

$$x = r \cdot \sin\left(\frac{\omega_b t}{\lambda}\right) + V_{mp}, \quad (1)$$

$$Y = r \cos \omega_b t,$$

де r – радіус кола, яке описують кінці зубів, м; $\omega_b t$ – кут повороту зуба ворущили за деякий період часу; V_{mp} – швидкість переміщення трактора, м/с; λ – коефіцієнт кінематичного режиму $\lambda = \frac{V_3}{V_{mp}}$, тут V_3 – лінійна швидкість кінця зубів; $V_3 = \omega_b r$, м/с.

Кінці зубів будуть рухатись по циклоїді, форма якої залежить від коефіцієнту λ кінематичного режиму. За умови, що $\lambda > 1$ вона буде містити в своїй нижній частині петлеподібну ділянку.

Відстань від однойменними точками сусідніх циклоїд

$$P_{\sigma} = \frac{P_{\psi}}{n}, \quad (2)$$

де P_{ψ} – крок циклоїди; n – кількість рядів пальців.

Крок циклоїди знайдемо

$$P_{\psi} = \frac{\pi 2r}{\lambda}. \quad (3)$$

На рис. зображено циклоїду яка утворюється під час руху першого ряду зубів і нижні фрагменти решти циклоїд, тобто ті ділянки, проходячи які зубці піднімають (розпушують) стрічку льону.

Під час обертання диску D кінці зубів пронизують вистелену на полі стрічку льону. Поступальна швидкість V_{mp} трактора перевищує величину лінійної швидкості кінців зубів і стрічка, яка знаходиться в межах ділянки P_{σ} , розтягується, піднімається зубом і знову розстеляється на полі в розпушеному стані для просихання.

Висновки. Аналіз руху кінців зубів ворущилки показав, що вони рухаються по циклоїді, їхню траєкторію можна описати рівнянням (1).

Література

1. Кленин Н.И., Попов И.Ф., Сакун В.А. Сельскохозяйственные машины (элементы теории рабочих процессов расчет регулировочных параметров и режимов работы) – М.: Колос, 1970.
2. Павлов С.Б., Луценко В.М. Усовершенствование ворущилки лент льна // Информ.лист № 322-90 – Тверь: ЦНТИ, 1990. – 4 с.
3. Быков Н., Сизов В., Соснов В. Подъем льняной тресты из лент с образованием порции // Техника в сельском хозяйстве. – 1974. - № 8.
4. Пат.34844 України, А01Д45/06. Робочий орган для ворущіння стебел льону / Філін О.Ю., Хайліс Г.А.; ЛДТУ.– № и 200803411. Заяв. 17.03.2008р. Опубл. 26.08.2008. - Бюл. № 16.

Рецензент д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК 631.3

© Г. А. Хайлис, д.т.н.
УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого

К ТЕОРИИ ТЕРЕБЛЕНИЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНОТЕРЕБИЛЬНЫМ АППАРАТОМ С ПОПЕРЕЧНЫМИ РУЧЬЯМИ

В статье приводится построение диаграммы тербления стеблей льнотеребильным аппаратом с поперечными ручьями.

СТЕБЕЛЬ, ЛЁН, ТЕРЕБЛЕНИЕ, АППАРАТ, РУЧЕЙ.

Для механизации уборки льна широкое применение нашли льнотеребильные аппараты. По этим аппаратам проведено много исследований [1, 2, 3, 4]. При этом для взаимосвязи между кинематическими параметрами тербильных аппаратов и положением стебля строятся диаграммы. К настоящему времени такие диаграммы построены для аппаратов с продольными тербильными ручьями [4]. Ниже приводится анализ работы тербильного аппарата с поперечными ручьями и строится соответствующая диаграмма.

Схема механизированного тербления льна тербильным аппаратом с поперечными ручьями представлена на рис. На схеме показан вид на тербильный ручей и положения вытербляемого центрального стебля, обозначенного OK . Стебель OK называется центральным в случае, когда его корень находится в почве под тербильным ручьем. Начальная точка зажатия стебля обозначена K . На схеме аппарат и стебель отнесены к пространственной системе координат $xOyz$, причем стебель в начальном положении вертикален и занимает положение Oz , тербильный ремень 1 движется вправо параллельно оси Oy со скоростью v_p , а весь аппарат движется параллельно оси Ox , т.е. перпендикулярно оси Oy , со скоростью v_m . На схеме показан также тербильный диск (шків) 2, который горизонтален и параллелен плоскости xOy . Направляемые делителями в ручей стебли попадают сначала в зону $E_0E'_0$, а затем поступают в ручей, в зону $KK'E'EE_1$ прижатия ремня к диску; считаем, что в момент подхода к зоне KK' центральный стебель еще не вытягивается из почвы, но становится вертикально и занимает положение $OKK'M_0$. Скорость v_p проведена на схеме по нижней кромке ремня из точки K , а скорость v_m проведена из точки K в плоскости, которая также касается нижних кромок ремня. Ввиду небольших размеров криволинейного участка KE_1 можно считать, что скорость v_p представляет собой проекцию скорости ремня в точке K на линию KC , параллельную оси

Oy ; считаем также, что скорость v_p на участке KE_1 не меняется по величине и перпендикулярна к скорости u_m .

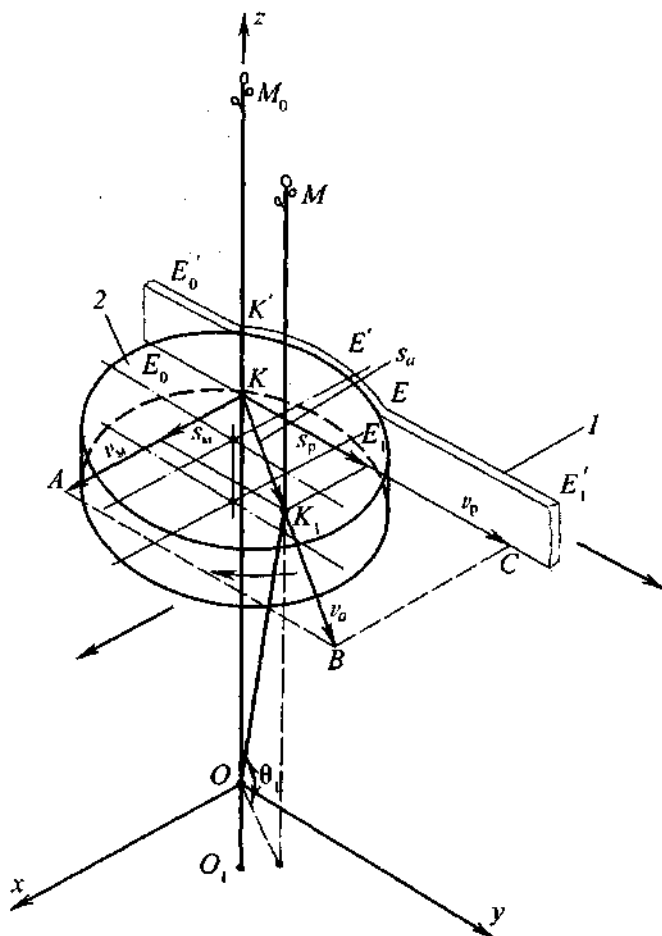


Рис. Диаграмма тербления стебля тербильным аппаратом с поперечными ручьями: 1 – ремень; 2 – тербильный диск (шків)

Так как аппарат движется со скоростью u_m , а тербильный ремень движется со скоростью v_p , то абсолютная скорость v_a движения точки K зажима стебля находится путем геометрического сложения векторов скоростей u_m и v_p . Построив векторный

прямоугольник $KABC$, находим скорость v_a (она равна KK_1). В направлении скорости v_a и будет направлено движение точки K зажатой части стебля (в абсолютном движении). Если время тербления обозначить t_0 , то путь s_a зажатой части стебля при терблении будет равен $v_a \cdot t_0$. При терблении машина пройдет путь s_m , равный $v_m \cdot t_0$, а ремни пройдут путь s_p , равный $v_p \cdot t_0$. На схеме представлены пути s_p , s_m и s_a , построены они в том же масштабе, что и схема тербильного аппарата. В течение всего пути s_p стебель должен быть надежно зажат в ручье между ремнем и диском, иначе ремень и диск будут скользить относительно стебля. Величина s_p представляет собой длину тербящего участка. Во время окончания тербления стебля конец O_1 его корня переходит в положение O , при этом под тербильным аппаратом длина OK стебля увеличивается на длину корня OO_1 и будет равна OK_1 , где точка K_1 находится на уровне нижней плоскости диска.

Как видим, к моменту окончания тербления нижняя часть стебля становится равной K_1OO_1 , а угол наклона линии стебля к горизонту будет θ_1 . Верхняя часть K_1M стебля при этом будет параллельна части KM_0 стебля и останется вертикальной.

Строя такие диаграммы в масштабе и анализируя их, можно определить закономерности тербления стеблей при различных скоростях движения машины и ремней и влияние параметров машины на необходимую длину тербящего участка тербильного ручья.

Литература

1. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. - М.: Сельхозгиз, 1955. - 764 с.
2. Льноуборочные машины / Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, В.Н. Бухаркин и др. - М.: Машиностроение, 1985. - 232 с.
3. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. - Киев: Издательство УСХА, 1992. - 240 с.
4. Хайлис Г.А. К теории тербления стеблей льнотербильным аппаратом с продольными ручьями // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. - Вип. 18 - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. - С. 480-483.

УДК 633.521:631.36

© Г.А. Хайліс, д.т.н.
УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого
В.О. Шейченко, к.т.н.
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
УААН

ПРО ПІДТЯГУВАННЯ СТЕБЛОВОЇ СТРІЧКИ ЛЬОНУ ПО ЗЕМЛІ ПРИ ЇЇ ПІДБИРАННІ

Розглянуто явище підтягування стрічки льону, що розтягується і не розтягується, а також її зміщення відносно поверхні ґрунту. Визначені аналітичні залежності сили тертя поверхні землі об стебла стрічки льону на різних фазах їх підбору.

СТЕБЛОВА СТРІЧКА, ЛЬОН, ПІДБИРАННЯ, ПІДТЯГУВАННЯ, СТЕБЛО, СИЛА.

Постановка проблеми. При машинному підбиранні стеблової стрічки із землі, крім безпосередньо підбору, має місце її підтягування у бік підбирання. Цей процес досліджений недостатньо [1-5].

Результати досліджень. На рис. 1 наведено схему даного явища. Нехай на землі лежить стеблова стрічка. На кожне її стебло діє сила тяжіння, яку позначимо G . Позначимо число стебел на 1 м довжини стрічки через n_m , тоді вага стебел на 1 м стрічки ΣG_m буде дорівнювати $G n_m$. Вага G дорівнює $m_c g$, де m_c – маса стебла, а g – прискорення вільного падіння. Число n_m дорівнює $B_m i_0$, де B_m – ширина захвату машини, якою здійснюють брання і укладання стрічки, а i_0 – густина стеблостою (число стебел на 1 м² поля). Таким чином, вага ΣG_m стебел на 1 м довжини стрічки дорівнює:

$$\Sigma G_m = B_m m_c g i_0. \quad (1)$$

Якщо цю суму сил представити графічно у вигляді розподіленого навантаження, то епіюра силової дії стебел на землю буде мати вигляд, представлений на рис. 1 (прямокутник $A'ABB'$, тут довжина AB дорівнює 1 м). Якщо тепер вагу ΣG_m поділити на довжину AB , що дорівнює 1 м, то отримаємо інтенсивність навантаження q_G , що дорівнює:

$$q_G = B_m m_c g i_0, \text{ Н/м}. \quad (2)$$

Оскільки дія дорівнює протидії, то з якою інтенсивністю q_G стебло тисне на землю, з такою ж інтенсивністю, яку позначимо q_N , земля діє на стебла, тобто:

$$q_N = q_G = B_m m_c g i_0, \text{ Н/м}. \quad (3)$$

Епюра $AA''B''B$ інтенсивності навантаження, що діє з боку землі на стебла, показана на тому ж рис. 1, a ; на ньому $AA' = AA'' = BB' = BB''$.

Якщо тепер в середній точці D початку стрічки (рис. 1, a) прикласти горизонтально направлену (вліво) силу P , то поведінка стрічки буде залежати від того, чи може вона розтягнутися по горизонталі, чи ні. Будемо вважати, що стрічка не розтягується і стебла не змінюють свої положення одне відносно одного при зсуві стрічки (тобто стебла стрічки не деформуються при її зсуві, а тільки змінюють власне положення, тобто переміщуються).

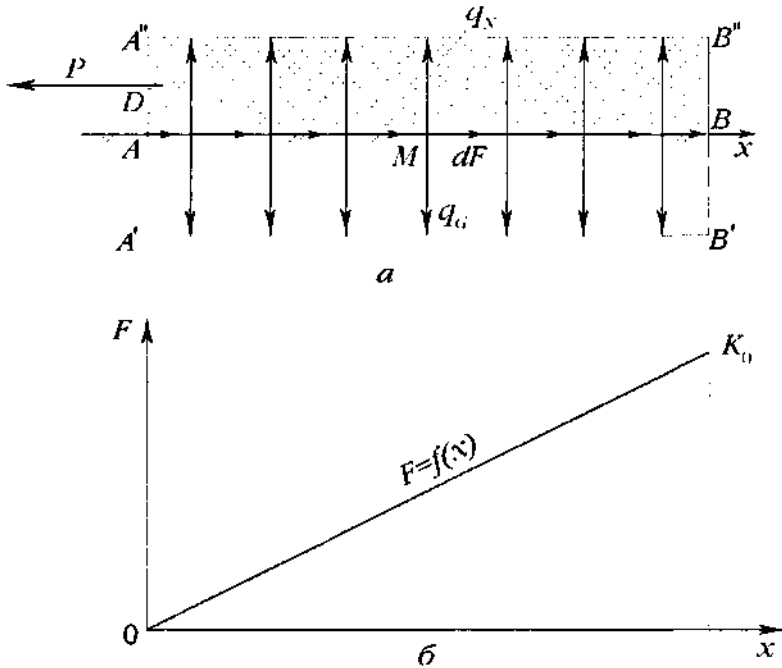


Рис. 1. Схема підтягування стеблової стрічки льону, що не розтягується (a) і залежність сили тертя F землі відносно стрічки, яка переміщується, від відстані x (b)

При русі стебел ліворуч під дією сили P на кожний елемент стебла з боку землі буде діяти горизонтально направлена елементарна сила тертя dF в бік, протилежний напрямку сили P (рис. 1, a), тобто по лінії AB . Нехай точка A буде початком осі x , направленої горизонтально по AB (рис. 1, a). Якщо довжину елемента стебла по осі

x в точці M його контакту з землею позначити dx , то елементарна сила тертя землі по стеблу dF буде дорівнювати $f q_N dx$, де f – коефіцієнт тертя ковзання землі по стеблу. З урахуванням (3) сила dF дорівнює:

$$dF = f B_m m_c g i_0 dx. \quad (4)$$

Проінтегрувавши ліву і праву частини даного рівняння в межах від $F = 0$ до $F = F$ і від $x = 0$ до $x = x$, де x – довжина неперервної частини стрічки, яка контактує із землею (поточна координата), отримаємо:

$$F = \int_0^x f B_m m_c g i_0 dx = f B_m m_c g i_0 x. \quad (5)$$

При x , що дорівнює x_B , тобто довжині AB , сила тертя F_B на своєму шляху AB у відповідності із (5) буде дорівнювати:

$$F_B = f B_m m_c g i_0 x_B. \quad (6)$$

Залежність сили F від шляху x показана на рис. 1, б (пряма OK). Сила F , як бачимо, зростає із збільшенням відстані x , збільшується вона також зі збільшенням параметрів f , B_m , m_c та i_0 .

Розглянемо тепер підтягування стеблової стрічки, що розтягується. Стрічка льону, що укладається на землю машиною, рідко буває неперервною. Через те, що по довжині гону густина стеблостою льону у стрічці по її довжині змінюється, то і число стебел на 1 м. п. стрічки буде змінюватися. Там, де стебел менше, там і зчеплення стебел одне з одним, як правило, буде менше. При підтягуванні такої стрічки силою P (як на рис. 1, а) можливий обрив стрічки в тому місці, де зчепленість стебел мала. З метою розгляду даного явища проаналізуємо спочатку, як впливає підтягування стрічки, що розтягується, на її зміщення відносно землі.

На рис. 2 представлено схеми підтягування стрічки льону, що розтягується, силою P , яка діє ліворуч (також, як на рис. 1); швидкість руху точки D – v_D , з такою швидкістю рухаються всі точки крайового перерізу стрічки, позначеного на рис. 2, а AA'' .

Нехай під дією сили P крайовий переріз AA'' стрічки (рис. 2, а) просунувся ліворуч на відстань Δ_1 , де Δ_1 представляє собою переміщення Aa (рис. 2, б), воно ж дорівнює $A''a''$; таким чином ліва частина стрічки (рис. 2, а) внаслідок підтягування подовжилася на відстань $A''a'' = Aa$ (рис. 2, б), а нижня її частина ковзнула відносно землі на ділянці AC , де AC – початкова відстань AC (рис. 2, а), яка тепер подовжилася на Aa (рис. 2, б) внаслідок розтягування стрічки при переміщенні її лівої частини ліворуч. Під час цього розтягування сили тертя землі об стрічку на ділянці aAC діяли праворуч, що і

зображено на схемі на рис. 2, б, при цьому сума цих сил тертя буде дорівнювати силі P і направлена праворуч.

Визначимо відносно подовження стрічки при її підтягуванні ліворуч як відношення подовженої під дією сили P частини aA стеблової стрічки (рис. 2, б) до початкової довжини частини AC стеблової стрічки (рис. 2, а і б), що розтягнулася. Якщо це відносне подовження для фази, що представляє собою перехід від довжини AC до довжини aAC (рис. 2, а і б), позначити k_1 , а подовження aA позначити Δ_1 , то

$$k_1 = \frac{\Delta_1}{AC}. \quad (7)$$

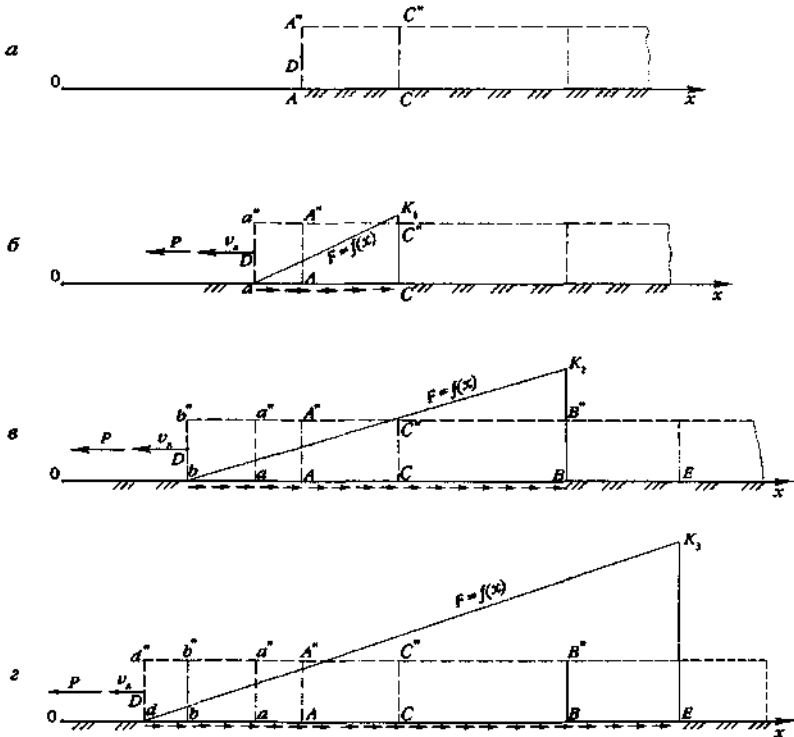


Рис. 2. Схеми підтягування стеблової стрічки льону, що розтягується, ліворуч: а – початкове положення стрічки (вона не встигла ще розтягнутися); б – положення стрічки, розтягнутої на довжині Aa ; в – положення стрічки, розтягнутої на довжині $Aa + ab$; г – положення стрічки, розтягнутої на довжині $Aa + ab + bd$

Проведемо по горизонталях AC і aAC (рис. 2, *а, б і в*) вісь x з початком в нерухомій точці O , віддаленої ліворуч від точки A на довільно вибрану відстань AO , достатню для того, щоб на ній помістилася подовжена частина стрічки; направлена вісь x праворуч. З рис. 2, *а і б* видно, що $AC = x_C - x_A$, де x_C – абсциса точки C , а x_A – абсциса точки A . Таким чином:

$$k_1 = \frac{\Delta_1}{x_C - x_A}. \quad (8)$$

Якщо після подовження стрічки на Δ_1 дія сили P припиниться, то, внаслідок пружних властивостей стеблової стрічки, її деформація aA , рівна Δ_1 , може зменшитися або взагалі (при значній пружності стебел) буде близька до нуля. Якщо ж після подовження стрічки на Δ_1 збільшити силу P і далі подовжити стрічку так, як показано на рис. 2, *в*, то стрічка розтягнеться ще на деяку величину ab (вона ж рівна $a''b''$) і загальне подовження стрічки складе $aA + ab$. Тоді подовження частини стрічки збільшеною силою P (рис. 2, *в*) буде Δ_2 , що дорівнює Aab або $A''a''b''$. При цьому розтягнеться і права частина стрічки BC що дорівнює $B''C''$ (рис. 2, *в*) і загальна довжина частини стрічки, що розтягнулася, складе BCA , що дорівнює $B''C''A''$, вона ж дорівнює $x_B - x_A$, де x_B – абсциса точки B .

У даному випадку відносно подовження k_2 буде дорівнювати по аналогії з (7) і (8):

$$k_2 = \frac{\Delta_2}{x_B - x_A}. \quad (9)$$

При відомих значеннях коефіцієнтів k_1 і k_2 можна визначити довжину стрічки, що лежить на землі. У загальному випадку замість Δ_1 і Δ_2 краще користуватися величиною Δ , що є деформацією $Aa + ab + bd$ всієї ділянки стрічки, що зазнає підтягування (рис. 2, *г*); тоді і замість k_1 і k_2 краще користуватися коефіцієнтом k , що дорівнює:

$$k = \frac{\Delta}{x_E - x_A}, \quad (10)$$

де x_E – довжина AE всієї ділянки стрічки, що підтягується, (кінець частини стрічки, що розтягується, знаходиться в точці E), а $\Delta = Aa + ab + bd$.

Проводячи розрахунки за формулою (10), ми вважаємо, що подовження стрічки при деформації пропорційне довжині її частини, що розтягується.

Поверхня контакту стеблової стрічки з землею може бути розділена на дві ділянки: ділянка ковзання стрічки відносно землі і ділянка, на якій відсутнє таке ковзання. На рис. 2 ділянка ковзання

буде aAC (рис. 2, б), $baACB$ (рис. 2, в) і $dbaACBE$ (рис. 2, г). На ділянках ковзання діють сили тертя, направлені праворуч.

Сила тертя F , що діє при підтягуванні нерозтяжної стрічки (рис. 1), визначається за формулами (5) і (6). При підтягуванні розтягнутої стрічки зростає довжина цієї стрічки, але одночасно зменшується число стебел на 1 м. п. стрічки. Зважаючи на це, чим більше подовження Δ і відносне подовження k , тим менше число стебел на 1 м. п. стрічки. За умовами, що деформація подовження стрічки пропорційна довжині її розтягнутої частини, число стебел на 1 м. п. стрічки дорівнює:

$$n_M = \frac{B_M i_0}{1+k}. \quad (11)$$

Тоді вага ΣG_M стебел на 1 м довжини стрічки буде дорівнювати [див. також рівняння (1)]:

$$\Sigma G_M = \frac{B_M m_c g i_0}{1+k}, \quad (12)$$

а сила тертя F поверхні землі об стебла буде дорівнювати стосовно рис. 2, б:

$$F = \int_{x_a}^{x_c} \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} dx = \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} (x_c - x_a), \quad (13)$$

де x_a – абсциса точки a (рис. 2, б); x_c – абсциса точки C .

Стосовно рис. 2, в сила тертя F поверхні землі об стебла буде:

$$F = \int_{x_b}^{x_c} \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} dx = \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} (x_c - x_b), \quad (14)$$

де x_b – абсциса точки b (рис. 2, в); x_c – абсциса точки C .

Сила F тертя поверхні землі об стебла на ділянці від точки d до точки E (рис. 2, г) буде:

$$F = \int_{x_d}^{x_E} \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} dx = \frac{B_M m_c g i_0}{1+k} (x_E - x_d), \quad (15)$$

де x_E – абсциса точки E (рис. 2, г); x_d – абсциса точки d .

Як бачимо, формули (13) – (15) відрізняються від формул (5) і (6) наявністю відношення $1/(1+k)$.

При $k = 0$ у формулах (13) – (15) ми приходимо до залежностей типу (5) і (6).

Графічні залежності сили F від x представлені на рис. 2, б, в і г (прямі aK_1 , bK_2 , dK_3); ці залежності ідентичні залежності F від x на рис. 1, б.

Література

1. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин // К: Издат. УСХА, 1992. – 182с.
2. Хайлис Г.А. Элементы теории и расчета льноуборочных машин // М: Машгиз, 1963. – с.142-143.
3. Налобіна О.О., Філін О.Ю., Шовкомуд О.В. До питання механізації ворущіння льону за умови приготування трести на полі/ О.О. Налобіна, // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Вип. 18 – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009 – С. 325-331.
4. Ковалев М.М. Обоснование параметров и режимов работы подбирающего аппарата безударного воздействия на ленту льна/ М.М. Ковалев // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: ЛНТУ. – 2009. – Вип. 18. – С. 157-165.
5. Макаєв В.І., Шейченко В.О. Теоретичні основи роботи підбирального пристрою льнопідбирача-молотарки ПМЛ-1 і розрахунок його параметрів // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Вип. 18 – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009 – С. 261-271.

Рецензент д.т.н. О.О. Налобіна.

УДК 633.521:631.36

© О.В. Шовкомуд
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ВПЛИВУ ПРИТИСКАЮЧОГО ПРИСТРОЮ НА СТЕБЛА СТРІЧКИ ЛЬОНУ

У статті проведено аналітичне дослідження процесу стискання стебел стрічки льону при наїзді на них притискаючого пристрою обертача льону.

ЛЬОН, СТРІЧКА, СТЕБЛО, СТИСКАННЯ, ПІДБИРАЧ.

Постановка проблеми. Низька якість льонотрести, в першу чергу, пов'язана з порушеннями технології вирощування і збирання льону. Низькою є якість посівного матеріалу, недостатньо вноситься добрив під посіви льону. Через погане оснащення технічними засобами технологічні операції на етапах вирощування та збирання льону виконуються несвоєчасно, що веде до втрат врожаю і зниження якості льонопродукції. При врожайності льонотрести на рівні 15-20 ц/га її якість не перевищує 1,0-1,25 номерів. З метою отримання

льоноволокна 10-12 номерів, якість льонотрести має знаходитись на рівні №1,5-1,75. Цього рівня якості можна досягти маючи врожай льону 25-35ц/га. Ще однією з причин низької якості льонотрести є недостатнє науково-практичне обґрунтування технології виробництва льонотрести, низький відсоток застосування повного комплексу машин, які забезпечують виконання всіх необхідних технологічних операцій.

В Україні і Росії льон вирощується, в основному, в зонах підвищеної вологості. Враховуючи цей фактор, технологія збирання льону повинна містити операцію обертання стрічки льону, яка сприяє прискоренню процесу модерації волокна.

Аналіз останніх досліджень. Відомими є роботи, присвячені аналізу функціонування підбирачів-обертачів і обертачів стрічки льону [2,3,4]. Авторами розглянуті питання взаємодії робочих органів цих машин зі стебловою стрічкою, але питання впливу обертання на розтягнутість стрічки льону не розглядалось. Крім того, при обертанні стрічки внаслідок зчіпленості її стебел зі стеблами сусідньої стрічки останні висмикуються, що веде до збільшення розтягнутості та накопичень стебел між пальцями підбираючого транспортера. Аналіз літературних джерел показав, що розробки, спрямовані на усунення цього недоліку, відсутні.

Мета дослідження. Дослідити вплив пристрою для притискання стрічки льону, розробленого з метою оснащення ним обертача, на стискання стрічки льону.

Результати дослідження. Пристрій для притискання стрічки льону (рис.1) повинен задовольняти наступним умовам:

- 1) забезпечувати надійне притискання стебел;
- 2) стискання льону не повинне приводити до пошкодження стебел.

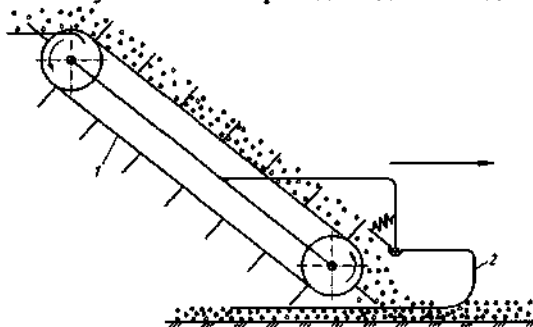


Рис. 1. Схема підбирача стрічки льону з пластинчастим притискачем:
1 – транспортер підбирача; 2 – пластина притискача

Визначимо зусилля стискання стрічки льону, яка являє собою масив нерівномірно розподілених по перерізу стебел різного діаметру. Пластина притискного пристрою (рис. 1) давить на стебла з силою F , яка розподіляється по всій площадці контакту. При притисканні є деяке переміщення стебел у напрямку, перпендикулярному пластині, що веде до виникнення сил тертя між стеблами F_{T1} . Якщо сила тиску буде зростати, це приведе до збільшення сил тертя.

Стебла у стрічці можуть розташовуватися за наступними схемами (рис. 2).

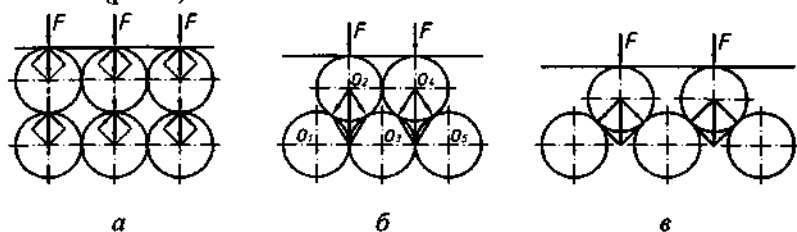


Рис. 2. Схема розташування стебел льону у стрічці та передачі зовнішнього навантаження: один над одним (а); зигзагом (б); у шахматному порядку (в)

Сила тиску F , відповідно, буде розподілятися згідно схем розташування стебел, як це показано на рис. 2. Як видно з рис. 2, сила тиску, яка діє з боку притискаючої пластини на стебло верхнього ряду, передається від нього до сусідніх стебел через площадки їхнього контакту. Число і площа цих площадок може зростати за умови прикладання значного стискаючого зусилля, яке веде до пошкодження стебел.

Згідно [1], графік стискання в координатах «тиск – відносне стискання» має вигляд, як подано на рис. 3.

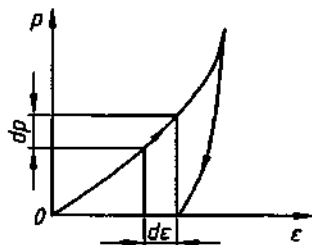


Рис. 3. Закономірність стискання групи рослин льону

З врахуванням рис. 3 для стрічки льону можна записати диференціальне рівняння, що характеризує процес її стискання пластиною притискного устаткування

$$\frac{dp}{d\varepsilon} = \gamma(p_1 + p), \quad (1)$$

де γ – константа, яка характеризує властивості стебел і їхній початковий стан; p_1 – внутрішній тиск у стрічці льону, який створюється внаслідок їхнього притискання одне до одного під дією сил власної ваги.

Проінтегруємо рівняння (1), маємо:

$$\ln(p_1 + p) = \alpha\varepsilon + C_1, \quad (2)$$

де C_1 – постійна інтегрування.

З метою визначення C_1 розглянемо випадок, коли вплив з боку притискаючого пристрою відсутній ($p = 0$), тоді й $\varepsilon = 0$. За цих умов $\ln p_1 = C_1$.

З виразу (2), з урахуванням останнього виразу, тиск з боку пластини на стебла льону визначається:

$$p = p_1(e^{\alpha\varepsilon} - 1). \quad (3)$$

Тоді найбільша сила впливу пластини притискача на стрічку стебел льону визначиться:

$$F_{\max} = pS_{np} = p_1(e^{\alpha\varepsilon} - 1)S_{np}, \quad (4)$$

де S_{np} – площа контакту притискача зі стрічкою льону, m^2 .

Залежність (4) дозволяє нам визначити максимальну силу реакції притискача на стрічку льону при її притисканні.

Графічний розв'язок (4) подано на рис.4.

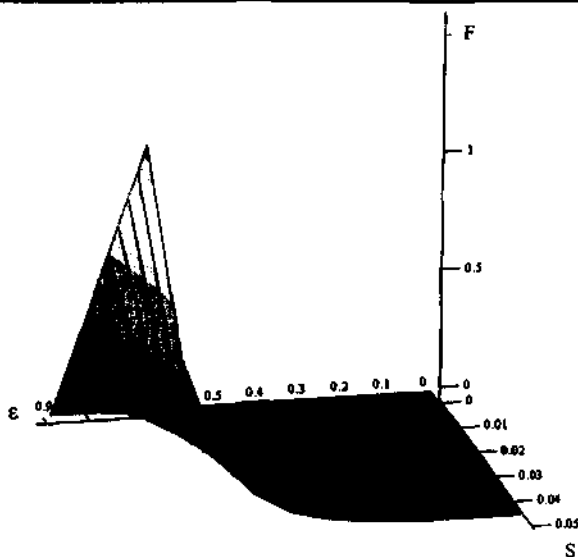


Рис. 4. Залежність сили притискання від площі контакту та відносного стискування

Висновок Аналіз процесу поперечного стискування стрічки льону, вистеленої на полі для вилежування, дозволив ввести аналітичну залежність для визначення найбільшої сили впливу притискаючого пристрою. При порівнянні цієї сили з експериментально отриманою величиною допустимого притискаючого зусилля отримуємо умову, виконання якої забезпечить притискання стебел до поверхні поля без їхнього пошкодження.

Література

1. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. – К.: УААН, 2002. – 374 с.
2. Быков Н.Н., Луценко В.М., Соснов В.И. Механизация приготовления и подбора льняной соломы и тресты. Методические указания. – Торжок: 1980. – 27 с.
3. Черников В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет). – М.: ИНФРА-М, 1999. – 210 с.
4. Теоретичні основи роботи льнозбиральних машин: Звіт про НДР (проміжний) / Луцький державний технічний університет. – №ДР 0102Ш00255. – Луцьк, 2002. – 49 с

Рецензент: *д.т.н. О.О. Налобіна.*

ANNOTATIONS

V. Bodak. Some aspects of the use of energy of wind. In the article the presented results of analysis of receipt of electric power are by the wind electric stations.

V. Bodak. Ground of parameters of conical fence part screw a pump. In the article presented results of researches of different types of conical fence parts of screw mechanisms are for the booty of spropels.

V. Vasilyuk. Device for research of resistance flattening of lots of flax. A device for determination of resistance flattening of lots of flax and his description is presented.

V. Voytovich. M. Usenko. Definition of displacement of the unit for seedlings planting by the work on a slopes with an smooth micro-relief. Advantages of the machine for seedlings planting with the mechanism of lateral moving of planting sections are presented. Dependence of the quantity of cross-section displacement of the planting unit in time on slopes with an smooth micro-relief is defined.

V. Hayduchok, B. Zathej, P. Sholudko. Machine for making organic vertical working bodies. It is considered a question of the structurally-power analysis tribomachanical systems of sliding.

АННОТАЦИИ

В.И. Бодак. Некоторые аспекты использования энергии ветра. В статье представлены результаты анализа получения электроэнергии с помощью ветровых электрических станций.

В.И. Бодак. Обоснование параметров конической заборной части шнекового насоса. В статье представлены результаты исследований разных типов конических заборных частей шнековых механизмов для добычи сапропелей.

В.И. Василюк. Устройство для исследования сопротивления плющению вороха льна. Представлено устройство для определения сопротивления плющению вороха льна и его характеристика.

В.В. Войтович. М.В. Усенко. Определение смещения расадопосадочного агрегата при работе на уклонах с ровным микрорельефом. Представлены преимущества расадопосадочной машины с механизмом бокового перемещения посадочных секций. Определена зависимость величины поперечного смещения посадочного агрегата со временем на уклонах с ровным микрорельефом.

В.М. Гайдучок, Б.И. Заткей, П.В. Шолудько. Машина для внесения органики с вертикальными рабочими органами. Рассмотрены вопросы структурно-энергетического анализа

It is resulted a technique of development and it is given a card tribomachenicals the given conjugations throw about of a shaft spreader. It is lead experiences, ground and it is chosen constructional materials for the specified interface.

трибомеханической системы скольжения. Приведена методика разработки и приведена карта трибомеханических данных сопряжения разбрасывающего вала навозоразбрасывателя. Проведены исследования, обоснованы и выбраны конструкционные материалы для указанного сопряжения.

B. Gevko, O. Lyashuk. Research of linear vibrations of the rope system during a load. The method of calculation of linear vibrations of the rope system of load is offered. Analytical dependences are shown out for determination of basic structural and power parameters of lift-transport machines which characterize, that frequencies of vibrations bearing a rope, in which depends basic on the size of correlation f/l .

Б.М. Гевко, А.Л. Ляшук. Исследование линейных колебаний канатной системы во время загрузки. Предложена методика расчета линейных колебаний канатной системы загрузки. Выведены аналитические зависимости для определения основных конструктивных и силовых параметров подъёмно-транспортных машин, которые характеризуют, что частот колебаний несущего канату, в которых основному зависит от величины соотношения f/l .

V. Hrabovets. Theoretical study of the process of separation of moisture from the lake sapropel in the screw press. The article provides a theoretical analysis of pressured viscous environment in screw press. It shows the influence of design and operating modes of the press department on the gravity and lowconnected moisture from sapropel.

В.В. Грабовец. Теоретическое исследование процесса отделения влаги из озерного сапропеля в винтовом прессе. В статье представлен теоретический анализ сжимаемости вязкой среды в винтовом прессе. Определено влияние конструктивных параметров и режимов работы пресса на отделение гравитационной и слабосвязанной влаги из сапропеля.

V. Didukh, S. Babarika, A. Lyashuk, I. Gevko. Mathematical model of vibrations of shneka of working organ of machine for throwing

В.Ф. Дидух, С.Ф. Бабарика, А.Л. Ляшук, И.Б. Гевко. Математическая модель колебаний шнека рабочего органа машины для разбрасывания

about of fertilizers. The model of loadings of spiral adaptation of machine is resulted for bringing of organic fertilizers located in a vertical plane. Offered his calculation chart at loading sapropels. The mathematical model of vibrations of spiral adaptation is presented for determination of gain-frequency descriptions and estimation of possibility of origin of resonance. **удобрений. Приведена модель нагрузок винтового рабочего органа машины для внесения органических удобрений расположенного в вертикальной плоскости. Предложенная его расчетная схема при нагрузке сапропелями. Представлена математическая модель колебаний винтового рабочего органа для определения амплитудно-частотных характеристик и оценки возможности возникновения резонанса.**

I. Dudarev. Technologies of fibre flax harvesting. Technologies of fibre flax harvesting are analysed in article, an expedience of their use is grounded, that optimizes a process of fibre flax harvesting, and also promote quality of raw material.

И.Н. Дударев. Технологии уборки льна-долгунца. В статье проанализированы технологии уборки льна-долгунца, обоснована целесообразность их применения, что разрешит оптимизировать энергоемкость и трудоемкость процесса уборки, а также повысить качество сырья.

I. Dudarev, M. Matvtychuk. Substantiation of construction of flax shives dryer. A construction of flax shives dryer is offered in article. Results of experimental researches from determination of friction coefficient of flax shives are presented.

И.Н. Дударев, М.П. Матвийчук. Обоснование конструкции сушилки костры льна. В статье предложена конструкция сушилки костры льна. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента трения костры льна.

I. Dudarev, M. Mordyk. Substantiation of construction of flax seeds dryer. A dryer construction is offered in article for the crumbly agricultural materials, and also physical-mechanical properties of flax seeds are explored.

И.Н. Дударев, М.В. Мордык. Обоснование конструкции сушилки семян масленичного льна. В статье предложена конструкция сушилки сыпучих растительных материалов, а также исследованы физико-механические свойства семян масленичного льна.

N.Zdolbitska, M. Delyavskyy. Matrix method of calculation of

Н.В. Здолбицка, М.В. Делявский. Матричный метод расчета плит на

plates on the Vinklers type упругой основе Винклера. elastic foundation. The method of Предложен подход к расчету calculation of stress-strained state напряженно-деформированного of orthotropic plates on the состояния ортотропных плит на Vinklers type elastic foundation is упругой основе Винклера. Метод offered. The method is based on базируется на точном решении division of variables in base дифференциального уравнения изгиба differential equation of the theory тонких ортотропных плит на такой in form trigonometric and основе. Предельные условия exponential rows. Boundary удовлетворяются методом conditions are satisfied with the колокаций. method of a collocation.

V. Kovbasa, V.. Yaroshenko. В.П. Коваса, В.В. Ярошенко. Distributing of tensions in a Распределение напряжений в friable environment to limited сыпучей среде ограниченной the walls of building of silo-type. стенками сооружения силосного On the basis of theory of plasticity типа. На основе теории a task is untied about distributing пластичности развязана задача о of components of tensions of распределении компонентов coherent friable environment in напряжений связной сыпучей среды в buildings of silo-type. сооружениях силосного типа.

S. Koropchenko, R. С.П.Коропченко, Hilyazetdinov. Analysis of Р.Н. Гилязетдинов. Анализ applications flax and hemp областей использования products. Courtesy characteristic продукции льна и конопли. stalks of flax and hemp. Analyzed Представлена характеристика areas of fiber and seed obtained стеблей льна и конопли. from the described cultures. Проанализированы направления использования волокна и семян, полученных из описанных культур.

R. Kostyunik, V. Puts. Р.Е. Костюник, В.С. Пуць. Determine the impact of the Определение влияния количества number of attacks on pidbiyky ударов подбойки на растянутость lengthiness linen tape. In the ленты льна. В статье приведена article the methodology and results методика и результаты of experimental research process, экспериментальных исследований summing linen tape to determine процесса подбивания ленты льна с the required number of strokes целью определения необходимого device for trimming to effectively количества ударов подбойки для work. эффективной работы

- A. Linnik.** Development of construction of machine for cleaning up of tops. *On results the study of technological processes of cut of tops and charis of domestic and foreign beet-lifting machines the new construction of machine is developed for cleaning up of tops which provides the effective cleaning of heads of root crops from tailings of tops, due to the exact printing-down of surface of head of root crop.*
- A.Ю. Линник.** Разработка конструкции ботвоуборочной машины. *По результатам изучения технологических процессов среза ботвы и схем отечественных и зарубежных свеклоуборочных машин разработана новая конструкция ботвоуборочной машины, которая обеспечивает эффективную очистку головок корнеплодов от остатков ботвы, за счет точного копирования поверхности самой головки корнеплода.*
- V. Loveykin, Y. Romasevych.** Method of synthesis of optimum modes of motion mechanisms and machines direct variational method. *The article brought way to solve problems of optimization modes of motion mechanisms (machines). Synthesis method based on solving the variational problem developed direct variational method.*
- В.С. Ловейкин, Ю.А. Ромасевич.** Методика синтеза оптимальных режимов движения механизмов и машин прямыми вариационными методами. *В статье приведен способ решения задач оптимизации режимов движения механизмов (машин). Методика синтеза основывается на решении вариационной задачи разработанным прямым вариационным методом.*
- V. Loveykin, J. Chovnyuk, L. Shymko.** Modeling transport problems in wet granular agricultural materials. *The basic laws of motion and transport granular agricultural materials in the presence of the influence of fluid flow on the movement of the blanket along the inclined plane.*
- В.С. Ловейкин, Ю.В. Човнюк, Л.С. Шимко.** Моделирование в задачах транспорта гранулированных влажных сельскохозяйственных материалов. *Установлены основные закономерности движения и транспортировки гранулированных сельскохозяйственных материалов при наличии воздействия потока жидкости на движение слоя вдоль наклонной плоскости.*
- Y. Meshkov, N. Meshkova-Kravtchenko.** Resource strategy
- Ю.Е. Мешков, Н.В. Мешкова-Кравченко.** Ресурсная стратегия и

and her role is in providing of competitiveness of enterprise. In the article a necessity, expediency and features of development and realization of resource strategies, is considered for modern terms.

V. Makaev, S. Koropchenko, V. Vasilyuk. Untraditional technologies in growing of flax and use of fibred goods. Untraditional technologies of collection of flax-long-stalk flax are expounded. The spheres of the use of fibred raw material, got after untraditional technologies of collection are resulted.

ее роль в обеспечении конкурентоспособности предприятия. В статье рассмотрены необходимость, целесообразность и особенности разработки и реализации ресурсных стратегий в современных условиях.

В.И. Макаев, С.П. Коровченко, В.И. Василюк. Нетрадиционные технологии выращивания льна-долгунца и использования волокнистой продукции. Изложены нетрадиционные технологии сбора льна-долгунца. Приведены сферы использования волокнистого сырья, полученного за нетрадиционными технологиями сбора.

O. Nalobina, S. Nikolchuk, V. Makayev. Performance rotation lonotresty. The article examines the impact of the operation speed flax straw performance cleaning work and the output and quality of fiber.

Е.А. Налобина, С.С. Никольчук, В.И. Макаев. Эффективность оборачивания льнотресты. В статье анализируется влияние операции оборачивания льносоломки на эффективность уборочных работ, а также на выход и качество волокна.

O. Nalobina, V. Martyniuk. Systemic analysis of process of growing and gathering of potatoes. The generalized structural model of estimation of functional elements of technological process of growing and gathering of potatoes is worked out in the article on the base of universal and partial functions of increase of efficiency.

Е.О. Налобина, В.Л. Мартынюк. Системный анализ процесса выращивания и сбора картофеля. В статье разработана обобщенная структурная модель оценки функциональных элементов технологического процесса выращивания и сбора картофеля на базе общих и частичных функций повышения эффективности.

L. Polischuk. About the calculation of force of pressure on stems in the brook of clamping conveyer of flax-harvesting combine. In the article the analysis of work of straps of clamping conveyer of flax-harvesting combine is conducted at admission between the passes of ribbon of stems of uneven thickness.

O. Primakov, V. Makaev. Making trusts cannabis without special machines. The results of research making trusts cannabis without special hemp collect lot of energy saving technology in the autumn and spring periods.

L. Rudik, V. o Ermolenko. Estimation of efficiency of drawing on biological conversion complexes. The method of biotpower estimation of biological conversion complexes, which allows to find out them the most power-hungry elements in the technological processes of production of goods, is considered (biological energy, fertilizers, forage additions et al).

S. Stepanchuk, M. Pilipchuk. Research of inflexibility of linen of band saw. The method of determination of inflexibility of linen of band is developed drank. Conformity to the law of change of width of saw is set on length of step of indent. Empiric dependences are got for

Л.М. Полишук. О расчете силы давления на стебли в ручье зажимного транспортера льнокомбайна. В статье проведен анализ работы ремней зажимного транспортера льнокомбайна при пропуске между пасами ленты стеблей неравномерной толщины.

О.А. Примаков, В.И. Макаев. О приготовлении конопляной тресты без использования специальных машин. Изложены результаты исследований приготовления тресты конопли без применения специальных коноплеуборочных машин по энергосберегающей технологии в осенний и весенний периоды.

Л.О. Рудик, В.О. Ермоленко. Оценка эффективности использования биоконверсионных комплексов. Рассмотрена методика биоэнергетической оценки биоконверсионных комплексов, которая позволяет обнаружить их наиболее энергоемкие элементы в технологических процессах производства продукции (биологическая энергия, удобрения, кормовые добавки и другое).

С.П. Степанчук, М.И. Пилипчук. Исследование жесткости полотна ленточной пилы. Разработана методика определения жесткости полотна ленточных пил. Установлена закономерность изменения ширины пилы на длине шага зубца. Получены эмпирические зависимости для определения

determination of equivalent width of band saw, back corner and coefficient of form of teeth.

I. Taraymovych. Ways of the power cost cutting are in the process of roughing-out to the lots of long-stalk flax. In the article the analysis of ways of the power cost cutting is conducted on the receipt of high-quality seminal products of flax cultivation and a flow sheet over of roughing-out is brought to the lots of flax in the conditions of economies.

I. Taraymovych, R. Duguk. Determination of content of fibre is in the stems of flax oily, grown in the conditions of Western Polesye. In the article it is appraised oil-bearing flax, grown in the conditions of Western Polesye after the productivity and quality of seed and fibred products - straw, trusts, fibres, are considered process of receipt of fibre from flax oily and reasonable expediency of his growing in the conditions of Western Polesye.

A. Filip. Research of motion of working units of turner. The article contains the completed analyze of motion path of finger - tips at the working units of turner.

G. Haylis. To the theory break of stalks by a flax-breaker vehicle with transversal grooves. In the article the construction of diagram is pointed

эквивалентной ширины ленточной пилы, заднего угла и коэффициента формы зубов.

И.В.Тараймович. Пути снижения энергетических затрат в процессе обработки вороха льна-долгунца. В статье проведен анализ путей снижения энергетических затрат на получение качественной семенной продукции льноводства и приведена технологическая схема первичной обработки вороха льна в условиях льносеющих хозяйств.

И.В. Тараймович, Р. В. Дужук. Определение количества волокна в стеблях льна масличного, выращенного в условиях Западного Полесья. В статье оценено лен-межеумок, выращенный в условиях Западного Полесья за урожайностью и качеством семян и волокнистой продукции - соломы, тресты, волокна, рассмотрены процесс получения волокна из льна масличного и обоснована целесообразность его выращивания в условиях Западного Полесья.

А.Ю. Филип. Исследование движения рабочего органа ворошилки. В статье проведен анализ траектории движения концов пальцев рабочего органа ворошилки.

Г. А. Хайліс. До теорії брання стебел льнообральним апаратом з поперечними рівчачками. У статті наводиться побудова діаграми брання стебел льнообральним

break of stalks by a flax-breaker apparatus with transversal grooves.

G. Haylis, V. Sheychenko. Pull on flax stem tape on the ground when it rebounds. *We consider the phenomenon of warping linen tape that stretched and stretched, and its displacement relative ground. Defined analytically depending on friction surface of the ground at the stem tape of flax at different phases of their choosing.*

Г.А. Хайлис, В.О. Шевченко. О подтягивании стебельной ленты льна по земле при ее подборе. *Рассмотрены явление подтягивания растянутой и нерастянутой ленты льна, а также ее смещение относительно поверхности почвы. Определены аналитические зависимости силы трения поверхности земли о стебли ленты льна на различных фазах их подбора.*

O. Shovkomud. Determine the impact force pressing device stalks of flax on tape. *The paper conducted an analytical study process linen tape compression stems in the collision of a pressing device overreach flax.*

О.В. Шовкомуд Определение силы воздействия прижимного устройства на стебли ленты льна. *В статье проведено аналитическое исследование процесса сжатия стеблей ленты льна при наезде на них прижимного устройства оборачивателя льна.*

ЗМІСТ

1. Бодак В.І. Деякі аспекти використання енергії вітру.....	3
2. Бодак В.І. Обґрунтування параметрів конічної забірної частини шнекового насосу.....	5
3. Васильюк В.І. Пристрій для дослідження опору площинню вороху льону.....	8
4. Войтович В.В., Усенко М.В. Визначення зміщення розсадосадильного агрегату при роботі на схилах з рівним мікрорельфом.....	11
5. Гайдучок В.М., Затхей Б.І., Шолудько П.В. Машина для внесення органіки з вертикальними робочими органами.....	16
6. Гевко Б.М., Ляшук О.Л. Дослідження лінійних коливань канатної системи під час завантаження.....	26
7. Грабовець В.В. Теоретичне дослідження процесу відділення вологи з озерного сапропелю у гвинтовому пресі.....	34
8. Дідух В.Ф., Бабарика С.Ф., Ляшук О.Л., Гевко І.Б. Математична модель коливань шнека робочого органу машини для розкидання добрив.....	42
9. Дударев І.М. Технології збирання льону-довгунця.....	47
10. Дударев І.М., Матвійчук М.П. Обґрунтування конструкції сушарки костриці льону.....	54
11. Дударев І.М., Мордик М.В. Обґрунтування конструкції сушарки насіння льону олійного.....	59
12. Здолбиська Н.В., Делявський М.В. Матричний метод розрахунку плит на пружній основі Вінклера.....	63
13. Ковбаса В.П., Ярошенко В.В. Розподіл напружень у сипкому середовищі обмеженому стінками споруди силосного типу.....	72
14. Коропченко С.П., Гілязетдінов Р.Н. Аналіз сфер використання продукції льону та конопель.....	83
15. Костюнік Р.Є., Пуць В.С. Визначення впливу кількості ударів підбійки на розтягнутість стрічки льону.....	89
16. Ліннік А.Ю. Розробка конструкції гичкозбиральної машини.....	95
17. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Методика синтезу оптимальних режимів руху механізмів і машин прямими варіаційними методами.....	100
18. Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Шимко Л.С. Моделювання у задачах транспорту гранульованих вологих сільськогосподарських матеріалів.....	110
19. Мешков Ю.Е., Мешкова-Кравченко Н.В. Ресурсна стратегія та її роль в забезпеченні конкурентноздатності підприємства.....	119

20. Макаєв В.І., Коропченко С.П., Василюк В.І. Нетрадиційні технології вирощування льону-довгунця та використання волокнистої продукції.....	127
21. Налобіна О.О., Нікольчук С.С., Макаєв В.І. Ефективність обертання льонотрести.....	132
22. Налобіна О.О., Мартинюк В.Л. Системний аналіз процесу вирощування та збирання картоплі.....	135
23. Поліщук Л.М. Про розрахунок сили тиску на стебла в рівчаку затискного транспортера льонокомбайна.....	140
24. Примаков О.А., Макаєв В. І. Про приготування конопляної трести. без застосування спеціальних машин.....	143
25. Рудик Л.О. Єрмоленко В.О. Оцінка ефективності використання біоконверсних комплексів.....	149
26. Степанчук С.П., Пилипчук М.І. Дослідження жорсткості полотна стрічкової пилки.....	158
27. Тараймович І.В. Шляхи зниження енергетичних витрат в процесі обробки вороху льону-довгунця.....	167
28. Тараймович І.В., Дужук Р.В. Визначення вмісту волокна в стеблах льону олійного, вирощеного в умовах західного полісся.....	171
29. Філін О.Ю. Дослідження руху робочого органу ворущили.....	176
30. Хайліс Г. А. К теорії терблення стеблей льнотеребільным аппаратом с поперечными ручьями.....	179
31. Хайліс Г.А., Шейченко В.О. Про підтягування стеблової стрічки льону по землі при її підбиранні.....	182
32. Шовкомуд О.В. Визначення сили впливу притискаючого пристрою на стебла стрічки льону.....	188

**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 невирішених 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 A5 (з одного боку). Параметри сторінки: ліве поле – 1 см; праве – 2 см; верхнє – 2,0 см; нижнє – 2,0 см; переплету – 1 см; від краю до колонтитулу верхнього – 1,25см, до нижнього – 1,25см.
2. Шапка статті містить: шифр УДК, ініціали та прізвище автора (-ів) (наводиться трьома мовами: мовою статті, російською (українською) та англійською), науковий ступінь. Шифр УДК, прізвище, назва, текст статті розділені і 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, виділення 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). Анотація наводиться трьома мовами: мовою статті, російською (українською) та англійською. А також ключові слова (5-6 слів).
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 через один інтервал від останнього рядка. Літературні джерела розміщуються у порядку посилання на них у тексті статті. Обсяг літератури не повинен перевищувати 0,2 обсягу статті.
7. Після літератури наводиться назва статі, автори та анотація російською та англійською мовами.
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. Значення кожного символу і числового коефіцієнта записують з нового рядка. 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. Номери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого берега 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), а також подаються на CD або DVD носіях в окремих файлах з розширенням JPG, TIFF. 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, крапка, 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 нумується.

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 нумується. Таблиця не виходить за поля тексту.
2. Числа та позначення не замінювати „лапками”. Усі позначення вказувати повністю, без скорочень.

ДОДАТКОВІ ДОКУМЕНТИ

1. Анкетні дані автора (-ів): Прізвище І.Б., науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня адреса, номери дом., сл. телефонів.
2. Рецензія на статтю, підписана доктором технічних наук.

Подані матеріали будуть редагуватись.

Адреса редакції: 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, каб. 360.

Наукове видання

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

**Збірник наукових статей
Випуск 19, 2009 р.**

Збірник входить до „Переліку № 1. Наукових фахових видань України...” серія „Технічні науки” (Додаток до постанови президії ВАК України від 09.06.1999 р. № 1-05/7)

**Відповідальний за випуск: І.Є. Цизь.
Редактор: О.С. Гордіюк.
Комп'ютерна верстка: І.Є. Цизь.**

**Підписано до друку 29.12.2009 р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 13,0 . Наклад 200. Безкоштовно. Зам. 571**

**Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75**

**Реєстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902-4374 ПР**