

УДК 631.33:631.5:633: 620.952

РОЗВИТОК МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ПОСІВУ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РІВНИННИХ ПОЛЯХ ТА СХИЛОВИХ ЗЕМЛЯХ МАЛОЇ КРУТИЗНИ

Г.М. Калетнік, канд. с.-г. наук, докт. екон. наук, проф., акад. НААН,
ректор ВНАУ, депутат Верховної Ради України

В.М. Пришляк, канд. техн. наук, завідувач кафедри с.-г. машин,
доцент

Вінницький національний аграрний університет

Наведено результати пошукових, теоретичних та експериментальних досліджень з розроблення технологій і технічних засобів сівби біоенергетичних культур (для виробництва біоетанолу) на полях зі змінним рельєфом місцевості. Проаналізовано чинники даного процесу: стан ґрунтів, рівномірність висіву насіння відносно умовних осьових ліній рядків і рівномірність висіву у рядках по ширині захвату агрегату, глибину сівби на поперечних схилах, стійкість руху та енергетичні показники агрегату.

Ключові слова: біоенергетичні культури, біоетанол, схиліві землі, сівба, моделювання.

Стан проблеми. У найближчі десятиліття можливість використання звичних для нас вичерпних джерел енергії різко знизиться. І якщо людство не розвиватиме інтенсивно на науковій основі відновлювальну енергетику, то розпочнеться серйозна енергетична криза. Але, як видно із опублікованих результатів наукових досліджень та темпів розвитку індустрії відновлювальної енергетики, непередбачуваної енергетичної кризи не буде [1], хоча певні економічні труднощі виникатимуть, і їх відчутно вже тепер: ціни на невідновлювальні мінеральні енергетичні ресурси стабільно зростають. У кожній країні світу енергетичну проблему вирішують по-своєму. Але в основі наукових пріоритетів більшості розвинутих країн є пошук шляхів використання енергоресурсів відновлювальної енергії, котра накопичена живою речовиною завдяки фотосинтезу [2]. Особлива увага приділяється сільськогосподарським культурам, які здатні значною мірою накопичувати сонячну енергію.

© Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

В аграрному секторі економіки України у рослинницькій галузі з давніх часів чільне місце посідали зернобобові, олійні культури, цукрові буряки, кукурудза та ін. [3, 4]. Вони не лише забезпечували внутрішні потреби людей, але й формували експортний потенціал країни. Ці сільськогосподарські культури є ефективною сировиною для виробництва біопалив.

Завдання. Виходячи з актуальності теми даних наукових досліджень, поставленої мети були сформувані завдання, основними з яких є:

- провести аналіз останніх досліджень і публікацій з даної тематики;
- проаналізувати досягнення з ефективності виробництва та споживання біопалив в АПК України і, головне, виділити питання з виробництва біомаси для отримання біоетанолу;
- передбачити залучення земель із складним рельєфом місцевості для вирощування біоенергетичних культур;
- запропонувати технічні та технологічні заходи, які направлені на зниження ерозійних процесів при вирощуванні біоенергетичних культур на схилі землях;
- проробити всебічні дослідження посівних агрегатів на схилі землях малої крутизни з урахуванням випадкового характеру їх роботи, котрий пов'язаний із змінністю рельєфу полів;
- побудувати модель двохопорних копіювальних механізмів для випадку об'єднаної взаємодії детермінованої та випадкових функцій.

Основні матеріали досліджень і наукові результати. У пророблених наукових дослідженнях особливу увагу відведено виробництву біомаси для отримання біоетанолу. Використання палив на основі біоетанолу вже захопило значну частину світового ринку енергоносіїв і щороку набуває дедалі більшого значення.

Сьогодні в усіх країнах світу нараховується понад 600 заводів з виробництва біоетанолу загальною потужністю близько 100 мільйонів тонн. Основна біосировина для цього виробництва – це цукрова тростина, кукурудза, цукрові буряки, пшениця, соняшник, картопля, гірчиця. Найбільшими виробниками біоетанолу у світі є такі країни, як США – 54,3%, Бразилія – 33,7%, ЄС – 5%, Китай – 2,8% і Канада – 1,8%.

У всьому світі проблему використання паливного біоетанолу розглядають як засіб зменшення імпорту енергоносіїв, забезпечення стабільної роботи сільського господарства і можливість поліпшення екологічної ситуації в місцях великого скупчення автотранспорту. Останні десять років цій темі в Україні теж приділялась велика увага.

Пропоновані науковцями, урядами держав, бізнесовими колами

шляхи вирішення проблеми, що викладені у багатьох літературних джерелах, нормативно-правових актах, програмах і бізнес-планах, поки що не забезпечують заміни традиційного пального, а тому є неповними. Особливо недостатньо вирішеною є технологічна та технічна проблема сівби на полях із змінним рельєфом місцевості біоенергетичних культур для виробництва біоетанолу.

Доцільно використовувати для виробництва біоетанолу не лише основну продукцію, котру отримуємо в результаті вирощування біоенергетичних культур (зерно, коренеплоди), а й побічну (листочестеблову масу), маса якої у 1,5 – 6 разів більша за масу основної частини врожаю [5, 6].

Орієнтовні дані виходу біоетанолу після ферментації різноякісної фітомаси подано в таблиці

Таблиця. Вихід біоетанолу залежно від біосировини [3]

| Біосировина | Вуглеводень | Вміст вуглеводів, % | Вихід біоетанолу з 1 т, кг |
|----------------|-------------|---------------------|----------------------------|
| Жито | Крохмаль | 62 | 320 |
| Пшениця | Крохмаль | 58 | 300 |
| Кукурудза | Крохмаль | 60 | 290 |
| Цукрові буряки | Сахароза | 16 | 73 |
| Картопля | Крохмаль | 18 | 98 |
| Деревина | Целюлоза | 50 | 340 |

У цілому в біоетаноловій індустрії можна виділити три складові, це: виробництво біомаси (біосировини); переробка біомаси на біоетанол; адаптація технічних засобів механізації для використання біоетанолу як пального [7]. Усі складові біоетанолової індустрії важливі, але для аграрників пріоритетною є перша складова – забезпечення біоетанолової індустрії біосировиною з високими якісними показниками, з якомога нижчою собівартістю продукції. При цьому виробництво на полях України біомаси для біопалив [8] не повинно призвести до зниження продовольчого забезпечення населення України продуктами харчування, а навпаки, зростаючі об'єми виробництва біопалив повинні позитивно впливати на зміцнення продовольчої безпеки України в перспективі. Скептиків і критиків, котрі негативно ставляться до розширення площ посівів під біоенергетичні культури, поки що є багато. Пояснень для того, щоб спростувати їхні переконання, є також достатньо. Деякі з них подано в [3].

У даних наукових дослідженнях зроблено акцент на тому, що для вирощування біоенергетичних культур можна використовувати поля із складним рельєфом місцевості [9], на яких технології вирощування сільськогосподарських культур поки що вивчені недостатньо. Інколи поля із складним рельєфом не досить придатні для сівби основних сільськогосподарських культур продовольчої групи. Дослідження, деякі результати котрих наводяться у цій роботі, передбачають залучення таких земель для вирощування біоенергетичних культур. При цьому передбачається забезпечення в умовах змінної рельєфності полів рівномірності сівби відносно умовних осьових ліній рядків, рівномірного висіву у всіх рядках по ширині захвату агрегату, суттєвого зниження нерівномірності глибини висіву на поперечних схилах, підвищення стійкості руху агрегату, оптимізація енергетичних показників, поліпшення водно-повітряного режиму та зниження ерозійних процесів ґрунтів на схилітих землях.

Традиційні технології підготовки ґрунту до сівби, котрі призначені для створення оптимальних умов для проростання висіяного насіння, росту і розвитку рослин, є затратними, вони суттєво підвищують собівартість сільськогосподарської продукції, що призводить до завищених цін на біоетанол і, відповідно, відтягують його застосування у двигунах внутрішнього згорання. З економічного погляду нібито найбільш прийнятною є технологія No-till, тобто пряма сівба без попередньої підготовки ґрунту, але, як показують результати експериментальних досліджень, інколи кращі показники отримуються під час здійснення проведення деяких додаткових операцій, особливо якщо сівба провадиться на схилітих землях.

З метою зменшення стоку води на схилітих землях, де розміщено плантації біоенергетичних культур, а також з метою поліпшення повітряного режиму ґрунту, що особливо необхідно для біоенергетичних культур, які мають довгу кореневу систему, провадилось припосівне різноглибинне щілювання. Результати експериментальних досліджень показали, що цей захід особливо ефективний для цукрових буряків і дещо меншою мірою для кукурудзи. Приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків на схилітих землях крутизною 2 град. становив 31–38 ц/га, а кукурудзи – 16 – 22 ц/га.

Позитивні показники отримано під час проведення глибокого наколювання ґрунту. Порівняно із щілюванням, тяговий опір на здійснення цієї операції становить лише 40%. Експериментальні дослідження провадились восени. Наколювання ґрунту як передпосівна операція для

сівби таких біоенергетичних культур, як пшениця, цукрові буряки, кукурудза провадилось на глибину 30, 40, 50 см з відстанню між рядами наколювальних щілин 140 см. Їх формували спеціально виготовленим ротаційним щілинонаколювачем РЩН-2-140, а також середньоглибинним наколювачем на глибину 10, 15, 20, 25 см, у якого у 7 рядів встановлені ротаційні ножі-щілинонаколювачі.

На підставі результатів проведених наукових досліджень на полях із змінним рельєфом місцевості, тобто з можливими слабкими ерозійними процесами для різних біоенергетичних культур, призначених для виробництва біоетанолу, рекомендуються такі орієнтовні схеми сівозмін: 1 – жито, пшениця, просо, картопля, льон; 2 – цукрові буряки, кукурудза, інші види коренеплодів; 3 – овес з підсівом багаторічних трав; 4–7 – багаторічні трави.

Проблема ефективного використання земель із змінним рельєфом місцевості за рахунок всебічного вивчення та розробки технічних заходів сівби біоенергетичних культур для виробництва біоетанолу досліджувалась як теоретично, так і експериментально на основі сучасних інноваційних методик.

Експериментальні дослідження сівби сільськогосподарських культур на полях із змінним рельєфом місцевості, де посівні агрегати виконують складні технологічні процеси у різноманітних умовах, мають велике значення. Центральне місце в методиці, організації і проведенні сучасних експериментальних досліджень роботи посівних агрегатів на полях із складним рельєфом місцевості посідають методи теорії ймовірностей, математичної статистики та планування експерименту.

Посівні агрегати працюють у різноманітних умовах, котрі залежать від великої кількості постійно змінних у певних межах факторів [10]. Як для багатьох інших, так і для посівних машин такими факторами є рельєф поля, тип, фізико-механічні властивості ґрунту, насіння та ін. Складний характер зміни вказаних факторів спричиняє труднощі, а інколи робить і неможливим їх вивчення та описання. До того ж, усі якісні, енергетичні, надійнісні та інші показники посівних агрегатів більшою чи меншою мірою залежать від цих факторів. Оскільки фактори, що визначають умови роботи посівних агрегатів на схилі землях малої крутизни є не вивченими, то і різні показники роботи цих агрегатів є не передбачуваними, тобто мають випадковий характер, а тому потребують пророблення всебічних досліджень.

Розглянемо моделювання процесу копіювання рельєфу посівними машинами.

При цьому задача копіювання рельєфу сошниками сівалки може зводитися до двох. Перша – це коли бажана траєкторія робочого органу є деякою лінією, а друга – це коли траєкторія являє собою випадкову функцію, сформовану в результаті дії випадкової функції – рельєфу ґрунту на детерміновану, котра виражається конструкцією копіра. Таким чином, задача передбачає визначення якості копіювання рельєфу за наперед заданого комплексу зовнішніх умов і параметрів, котрі характеризують конструкцію. А тому, крім статистичних даних з перебігу процесу, в модель повинна бути включена та пов'язана зі статистичною деяка детермінована функція, котра описує роботу копіювального механізму сошникової секції сівалки. Розглядаючи різні детерміновані функції, котрі описують роботу різних копіїв за одних і тих самих статистичних характеристиках, порівнювалась робота різноманітних копіювальних механізмів сошників сівалок. За базові основи взято механізми кріплення сошників до рами сівалки (це ті самі механізми, котрі характеризують копіювання сошниками поверхні поля залежно від зміни рельєфу) таких сівалок, як ССТ-12Б – бурякова сівалка, СЗ-3,6А – зернобобова сівалка, СУПН-8, СПЧ-6 – кукурудзяні сівалки. Під час поетапної роботи одного конкретного механізму зроблено висновок про характер залежності між статистичними характеристиками рельєфу і траєкторією обраної точки механізму. Це дало змогу оцінити параметри кожної конкретної конструкції копіювальної системи (механізму кріплення сошника) і взяти їх за основу у розробленні принципової схеми нової посівної машини.

Під час пророблення наукових досліджень було побудовано модель двохопорних копіювальних механізмів типу механізмів сівалки ССТ-12Б для випадку об'єднаної взаємодії детермінованої та випадкових функцій. Вибір такого механізму визначений тим, що за експериментальних досліджень було виявлено більш рівномірну глибину ходу сошників порівняно з посівними машинами, котрі мають радіальну підвіску секцій (ССТ-12А, СУПН-8). Теоретичними дослідженнями встановлені кількісні взаємозв'язки, котрі описують це явище, а експериментальними дослідженнями вдалося підтвердити результати теорії.

Двохопорний механізм сошникової секції сівалки ССТ-12Б характеризується такими параметрами: D_1 і D_2 – діаметри опорних котків; L – база (відстань між точками опори); Q – горизонтальна координата вибраної точки механізму (відстань від центра опори); H – вертикальна координата вибраної точки механізму (відстань від прямої, що з'єднує центри опор).

Було поставлено задачу – визначити вплив параметрів L , Q , H на такі вихідні величини, як $m_1[y]$ – ордината обраної точки; $\sigma^2[y]$ – дисперсія ординати обраної точки; $m_1[\Delta y]$ – середнє значення різниці ординат обраної точки і рельєфу; $\sigma^2[\Delta y]$ – дисперсія різниці ординат, досягнуто позитивний результат її вирішення.

Аналіз даних про зміну ординат обраної точки, середнього значення різниці ординат шляху обраної точки і рельєфу, а також дисперсії цих величин за різних заданих значень горизонтальної координати Q , вертикальної координати H і бази $L = 80$ см дають підстави зробити висновок, що положення обраної точки механізму в горизонтальній площині до певної межі не призводить до суттєвого впливу на показники копіювання. Положення тієї ж точки у вертикальній площині, навпаки, суттєво впливає на показники копіювання, спричиняючи зменшення абсолютної різниці ординат копіра та ґрунту. Дисперсія абсолютних значень ординат при цьому зростає, а дисперсія різниці ординат – зменшується. Це свідчить про панівний вплив координати H порівняно з Q для даного значення L .

Висновки досліджень. Результати пророблених теоретичних і експериментальних досліджень сівби біоенергетичних культур на полях із змінним рельєфом місцевості дають підстави зробити висновок, що адаптувати існуючі посівні агрегати для роботи на схилах малої крутості можна на основі розроблення спеціальних допоміжних пристроїв, котрі здатні поліпшити стійкість руху агрегатів, рівномірність висіву насіння, забезпечити суттєве зниження ерозійних процесів ґрунтів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Busko E.G.* Perspectives of the use of renewable energy sources in enhancement of environmental and energy security of Belarus / E.G. Busko, S.S. Pazniak, S.B. Kostukevich, L.A. Dudkina // *Econtechmod. An international quarterly journal*, Lublin: Vol. 01, No 2, 2012. – P. 9-16.
2. *Szewczyk M.* Application of biomass-powered stirling engines in cogenerative systems / M. Szewczyk, T. Trzepiecinski // *Econtechmod. An international quarterly journal*, Lublin: Vol. 01, No 2, 2012. – P. 53-56.
3. *Калетнік Г.М.* Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України: Навч. посіб. / Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. – К.: Хай-Тек Прес, 2010. – 312 с.
4. *Dželetović Željko.* Status, development and prospects of using bio-

- energy crops in the world and in Serbia / Željko Dželetović, Nevena Mihailović // Journal on processing and energy in agriculture. – Serbia, Novi Sad: Vol. 15, No 2, 2011. – P. 212-215.
5. *Osiak J.* Możliwość pozyskania biomasy pochodzenia rolniczego na potrzeby energetyki zawodowej w Polsce / J. Osiak, J. Skudlarski, W. Izdebski // Motoryzacja i energetyka rolnictwa, Tom 11. – Lublin: MOTROL, 2009. – S. 138-143.
 6. *Pryshlyak V.* Investigation of biomass as one of the most important renewable energy source in the world / V. Pryshlyak // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки, вип. 1(57). – Вінниця, 2012. – С. 184-188.
 7. *Jakóbiec J.* Bioetanol jako paliwo alternatywne do silników samochodowych / J. Jakóbiec, A. Mazanek // Motoryzacja i energetyka rolnictwa, Tom 11. – Lublin: MOTROL, 2009. – S. 88-96.
 8. *Pryshliak V.* Resource potential of Ukraine for the production of biofuels / V. Pryshliak, V. Vsemirnova, N. Pryshliak // Journal on processing and energy in agriculture. – Serbia, Novi Sad, – 2011. – P. 212-215.
 9. *Пришляк В.* Механіко-технологічні основи вдосконалення робочих процесів сільськогосподарських машин на схилових землях / В. Пришляк // MOTROL: Motoryzacja i energetyka rolnictwa, Motorization and power industry in agriculture. – Lublin-Odessa: Моряк, 2005. – Том 7. – С. 70-75.
 10. *Заїка П.М.* Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Т. I (Ч. 2). Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ПОСЕВА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА РАВНИННЫХ ПОЛЯХ И СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ МАЛОЙ КРУТИЗНЫ

Приведены результаты поисковых, теоретических и экспериментальных исследований по разработке технологий и технических средств посева на полях с переменным рельефом биоэнергетических культур для производства биоэтанола. Проанализированы факторы данного процесса: посев семян относительно условных осевых линий рядков и по ширине захвата агрегата, глубину посева на поперечных склонах, устойчивость движения агрегата, энергетические показатели, состояние почв.

Ключевые слова: биоэнергетические культуры, биоэтанол, склоновые земли, посев, моделирование.

DEVELOPMENT OF THE MECHANIZED TECHNOLOGIES AND MACHINES FOR PLANTING BIOENERGY CROPS ON THE PLAIN FIELDS AND THE SMALL OF SLOPE LANDS

Investigational, theoretical and experimental results of the development of technologies and technical means of sowing the fields with various terrain bioenergy crops for ethanol production are shown. Factors of this process are given: seeding relatively conventional axial lines and lines to the unit width and depth of sowing on transverse slopes, the stability of the unit, energy performance, water-air regime and erosion soil processes.

Key words: bioenergy crops, bioethanol, slope land, seeding, modeling.

УДК 631.3: 001.8

ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РАНЖУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ВИХІДНИХ ВИМОГ ДО НОВИХ АНАЛОГІВ

В.І. Кравчук, докр техн. наук, проф., чл.-кор. НААН,

М.М. Павлишин, докт. техн. наук, проф.,

В.Г. Гусар, канд. техн. наук,

УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого;

А.В. Бурилко

Міністерство аграрної політики та продовольства України

Розглянуто доцільність застосування результатів ранжування сільськогосподарських машин за основними технічними та споживчими показниками в процесі розроблення вихідних вимог на нову машину.

Ключові слова: ранжування, сільськогосподарська техніка, технічні та споживчі показники, вихідні вимоги, експертна оцінка.

Суть проблеми. Технічне завдання на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, а також технічні умови на машину є головними документами, які обумовлюють технічний рівень та конкурентоспроможність сільськогосподарської машини на міжнародному ринку техніки. Машина може бути конкурентоспроможною лише за

© В.І. Кравчук, М.М. Павлишин, В.Г. Гусар, А.В. Бурилко.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.