

УДК 631.331:001.8 DOI 10.31210/visnyk2018.03.25
© 2018

*Прасолов Є. Я., кандидат технічних наук,
Беловол С. А., кандидат технічних наук,
Черненко Б. С., Ужищенко А. В., магістранти*
Полтавська державна аграрна академія

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРМЕТРІВ ПЛІВКОУКЛАДАЧА

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор П. В. Писаренко

Наведено результати дослідження згідно методики нормативних документів. Визначено технологічні параметри плівкоукладача. Для зменшення трудомісткості і тривалості досліджень було використано матричне планування. Встановлено залежності параметрів оптимізації від впливових факторів: діаметра та кута нахилу ґрунтового покриття диска з кваліфікованою швидкістю; діаметру та глибини занурення ґрунтового-покриттєвого диска та швидкості руху по висоті. Визначено вплив покриття поверхні ґрунту на динаміку випаровування вологи в залежності від часу спостережень. Встановлено вплив ширини плівки на термічний режим ґрунту. Результати досліджень опробовані в ПП Агрофірма «Анастасія» та ТОВ АФ «ім. Довженка» ВП АФ «Орданівка». Використання плівкоукладача має сезонний характер і окупується за один рік.

Ключові слова: плівкоукладач, агротехнічні заходи, мульчування, міжряддя, обробіток ґрунту, диск.

Постановка проблеми. Агропромислове виробництво залишається чи не єдиною галуззю економіки України, що зберігає зростання. Але його потенціал не використовується повною мірою, тому уряд та самі аграрії шукають нові шляхи розвитку і підвищення продуктивності та якості продукції сільського господарства. Так, Законом України «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні» від 8 вересня 2011 року технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу визнано стратегічним напрямом інноваційної діяльності на період з 2011 по 2021 роки, як і Законом України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» від 03.09.2013, що в ст. 18 визначає використання методів, що оптимізують біологічну активність ґрунтів, забезпечують збалансоване постачання поживних речовин рослинам, зберігаючи земельні та інші природні ресурси. Одним із шляхів такого використання є мульчування ґрунту неорганічними матеріалами, зокрема поліетиленовою плівкою та агроволокном. Попри доведену ефективність таких методів технічна база засобів для механізо-

ваного укладання плівки залишається обмеженою, містить переважно саморобні агрегати для малопотужних технічних засобів та немає достатньої теоретичної та методичної бази для розробки серійних високоефективних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Вперше на початку 70-х років минулого століття в США використовувалась сівалка з пристосуванням рівномірного розкладання плівки для сівки цукрової кукурудзи, що дало приріст урожаю до 50 %. Широкомасштабне застосування технології вирощування кукурудзи у Франції почалося з моменту створення поліетиленової плівки, яка розкладалася під дією променів сонця [2, 3, 5]. Пізніше у Франції, Німеччині, Італії, Чехії були проведені дослідження агротехнічних і економічних показників використання технологій обробітку кукурудзи під плівкою. У Франції на базі чотирирядної кукурудзяної сівалки була створена сівалка «Cadama» [6, 8]. Відомими є іноземні дослідження роботи плівкоукладачів для вирощування рису та овочів [7, 9, 10]. Там розглядалися деякі конструктивно-технологічні параметри плівкоукладачів та показники їх техніко-економічної ефективності при застосуванні на відкритих ґрунтах. Проте досвід іноземних дослідників недостатній для ефективного впровадження таких технічних засобів в овочівництві в Україні. Серед наукових робіт вітчизняних вчених тема дослідження та обґрунтування раціональних параметрів плівкоукладачів досить обмежена. Наразі серед останніх публікацій у відкритих джерелах відомі результати дослідження кіровоградських вчених І. Осипової та І. Сисоліної, що стосуються розробки та дослідження плівкоукладача до кукурудзяної сівалки. Окремо приділена увага дослідженню теплового режиму ґрунту залежно від ширини плівки [1]. Широке дослідження проводяться в УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, які спрямовані на оптимізацію процесу виробництва зернових та технічних культур на значних посівних площах із викорис-

танням широкозахватної техніки. Питання ж забезпечення технічними засобами мульчування для овочівництва та/або ягідівництва в Україні залишається малодослідженим. Однак розвиток саме цих галузей має велике значення для продовольчої безпеки України та підвищення експортного потенціалу галузі.

Мета досліджень: дослідження направлені на вдосконалення конструкції та обґрунтування раціональних параметрів плівкоукладача для міжрядного мульчування з метою підвищення якості розгортання і закріплення плівки та продуктивності процесу.

Завдання досліджень: встановити вплив діаметра та кута нахилу ґрунтово-покровного диска на робочу швидкість машини; визначити раціональні значення діаметра та глибини занурення ґрунтово-покровного диска та швидкості руху по висоті.

Результати досліджень. Для вирішення поставленої мети спершу було запропоновано технічне рішення, яке належить до покращення тепличного господарства [4].

При розробці плівкоукладача враховували наступні вимоги до конструкції. Рівномірна подача та укладання плівки з певним натягом досягається тим, що в плівкоукладача, який має раму, вал для кріплення рулону плівки, опорні колеса додатково встановлюються на основні стійки несучої рухомої рами і закріплюються універсальними фіксаторами стійки переднього розгортача, яким створюються смуги-заглибини, по ширині прикочуючих коліс та заднього підгортача ґрунту на плівку. По ширині рами встановлюються: вал з обмежувачами переміщення рулону та ніж для відрізання плівки. Але плівкоукладач має ряд недоліків: недостатнє розпушування ґрунту, нерівна поверхня ґрунту, відсутній датчик контролю витрати плівки, універсальний ніж, що обертається навколо вісі з фіксатором положення для відрізання плівки.

Перераховані вище недоліки враховані при розробці покращеного плівкоукладача, представленого на рисунку 1.

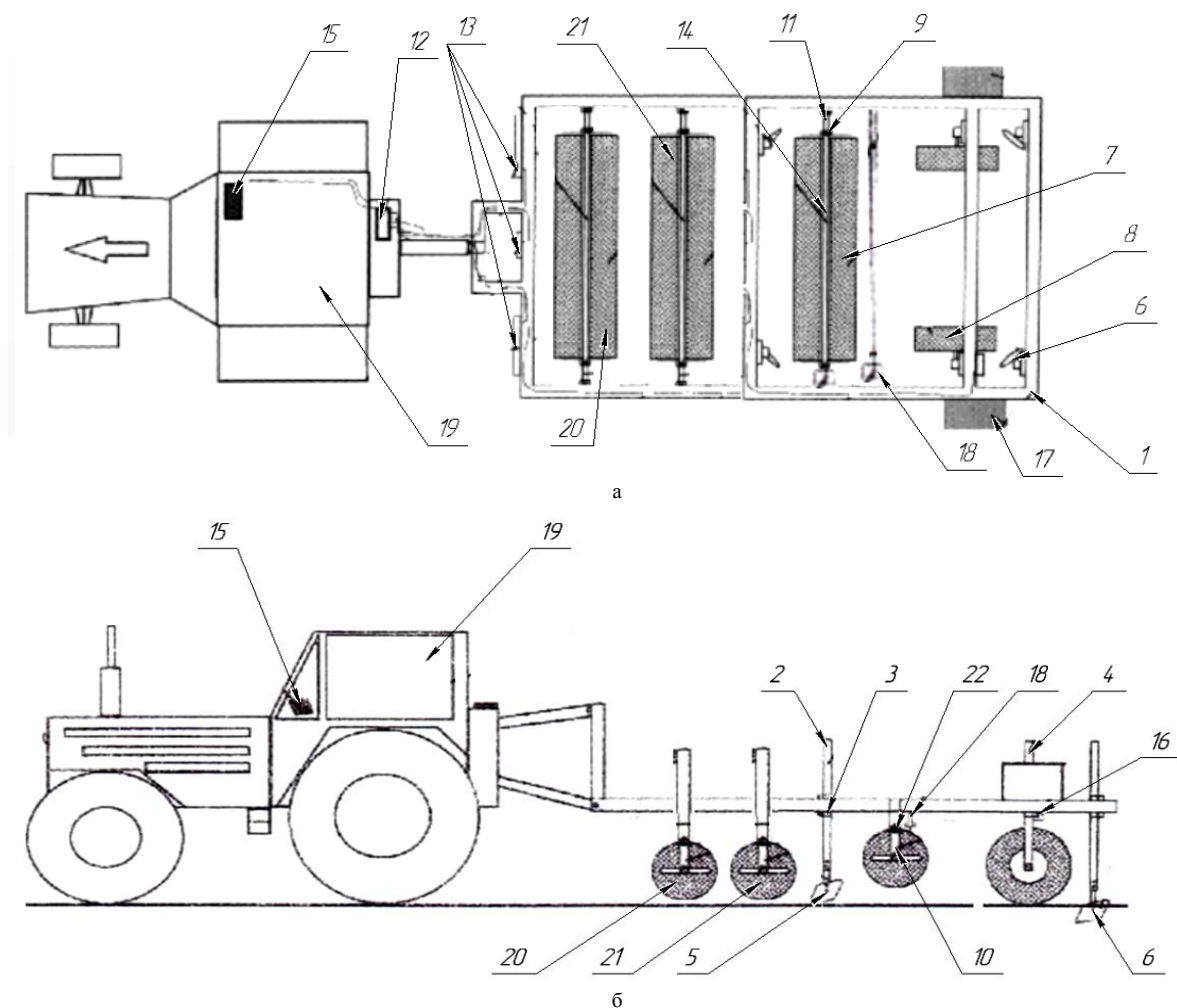


Рис. 1. Плівкоукладач для міжрядного мульчування ґрунту:
а – вигляд зверху; б – вигляд збоку

При застосуванні міжрядного мульчування слід виконати оранку на глибину 20–25 см і боронування, для отримання рівного профілю поверхні ґрунту. Вологість ґрунту перед укриттям повинна бути не нижче 70 % від найменшої стандартної вологоємності.

Запропонований плівкоукладач за технічним рішенням має зубовий коток (20), який з'єднаний з прикочуючим котком (21). По ширині рами (1) встановлюються: вал (11) з рулоном плівки і кріплення (10) з обмежувачами переміщення рулону (9) та універсальний ніж, що обертається навколо вісі з фіксатором положення для відрізання плівки (18) з датчиком контролю витрати плівки (22), пристрій (12) для визначення напрямку і швидкості руху укладача; датчик (16) визначення глибини і ширини смуги-заглибини під прикочуючі колеса; датчик (13) розпізнавання рослин, датчик контролю витрати плівки (22) та комп'ютер (15) для обробки даних і внесення поправок в роботу укладача, створюється оптимальний тиск на прикочуючі колеса, які закріплені на основній стійці (4), регулюванням навантажувача (17).

Алгоритм роботи укладача. Краї плівки з рулону (7) захоплюються універсальними затискачами (14) і направляються під прикочуючі колеса (8). Напрямок руху і швидкість укладача контролюється пристроєм (12) і дані передаються на

комп'ютер для регулювання поправок. Під час руху укладача передній розгортач (5), який кріпиться на основній стійці (2) універсальними фіксаторами (3), робить рівні смуги-заглибини по ширині попереду прикочуючих коліс (8). Колеса прикочуючі під час руху укладача під визначеним оптимальним значенням навантажувача притискають краї плівки з рулону (7) до поверхні ґрунту, а задній пригортач (6) засипає плівку. Звільнюються затискачі (14) плівки і повертаються в вихідне положення, а плівка за рахунок природного натягу проходить по направляючих роликах і розгортається по поверхні ґрунту. В кінці смуги автоматично обрізується плівка, піднімається укладач плівки підйомником, розвертається трактор (19) і виходить на вихідне положення нової смуги і процес продовжується.

Методика планування дослідів та обробки результатів оптимізації параметрів плівкоукладача. Планування експерименту передбачало вибір числа та умов проведення дослідів необхідних та достатніх для вирішення поставленої мети з оптимізації параметрів плівкоукладача [1]. Для зменшення трудомісткості і тривалості експериментальних досліджень був використаний центральний композиційний ортогональний план, що передбачає проведення одного дослідів, умови якого відповідають початковим досліджуваним факторам.

1. Матриця планування та результати випробувань

Номер тесту	Діаметр ґрунтопокривного диску, мм	Падіння ґрунтового покриття диска, (мм)	Швидкість пересування	Кваліфікований рівень ґрунтового покриття, У, %
1	300	25	4,5	81,3
2	350	25	4,5	91,9
3	300	45	4,5	84,1
4	350	45	4,5	80
5	300	35	3	89,3
6	350	35	3	83,2
7	300	35	6	82,4
8	350	35	6	96,6
9	325	25	3	87
10	325	45	3	83
11	325	25	6	86,9
12	325	45	6	89,5
13	325	35	4,5	95,7
14	325	35	4,5	98
15	325	35	4,5	96,6
16	325	35	4,5	97,5
17	325	35	4,5	97,3

Програмою досліджень передбачено зміну та контроль факторів: X_1 – швидкість руху агрегату, (3–6) км·год⁻¹; X_2 – діаметр ґрунто-покривного диска (задній пригортач ґрунту згідно рис. 1), 300–350 мм; X_3 – падіння ґрунтового покриття диска (висота ґрунтового валика), 25–45 мм. При цьому визначались показники якості технологічного процесу, які є критеріями оптимізації роботи дослідного плівкоукладача запропонованої конструкції: Y – кваліфікований рівень ґрунтового покриття, % (табл. 1).

Після проведення досліджень виконана статистична обробка результатів: встановлена залежність параметрів оптимізації від впливових факторів. Визначаємо вільний член, коефіцієнти регресії, перевірена значимість шляхом порівняння розрахункового критерію для кожного коефіцієнта з табличними даними $t_{\alpha, n-l}$ за критерієм Стюдента. Незначущі коефіцієнти виключені з рівняння регресії, а ті, що залишилися, перераховано заново.

Встановлена стандартна похибка коефіцієнта регресії та отримане рівняння:

$$Y = 97.02 + 1.82x_1 - 1.31x_2 + 1.61x_3 - 5.71x_1^2 - 6.98x_2^2 - 3.44x_3^2 - 3.67x_1x_2 + 5.07x_1x_3 + 1.65x_2x_3 \quad (1)$$

Проведений аналіз отриманих математичних залежностей при коефіцієнті значущості ($P < 0,05$) та ($P < 0,01$).

Для аналізу взаємодії факторів та їх впливу на параметри оптимізації технологічного процесу укладання плівки дослідною установкою побудовані поверхні відгуку для значимих факторів. Аналіз поверхні дає можливість оцінити вплив діаметра та кута нахилу ґрунтопокривного диска з кваліфікованим рівнем ґрунтового покриття (рис. 1), вплив діаметру ґрунтопокривного диска та швидкості руху по висоті ґрунтового валика (рис. 2), вплив діаметра ґрунтопокривного диска та швидкості руху по висоті (рис. 3). Для визначення динаміки випаровування вологи в залежності від типу покривного матеріалу були підготовлені зразки. В першу ємність був засипаний кульковий гідрогель «Агрікола», а зверху насипаний шар ґрунту, у другу – ґрунт і гель в тих же пропорціях, але поступово перемішаних один з одним. Після додавання однакової кількості води, необхідної для насичення ґрунту вологою і набухання гідрогелю, полив був припинений.

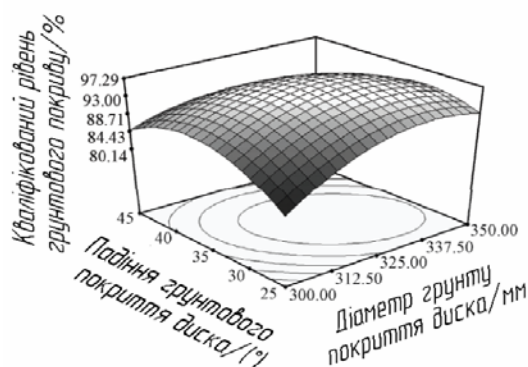


Рис. 2. Вплив діаметра та кута нахилу ґрунтового покриття диска з кваліфікованою швидкістю

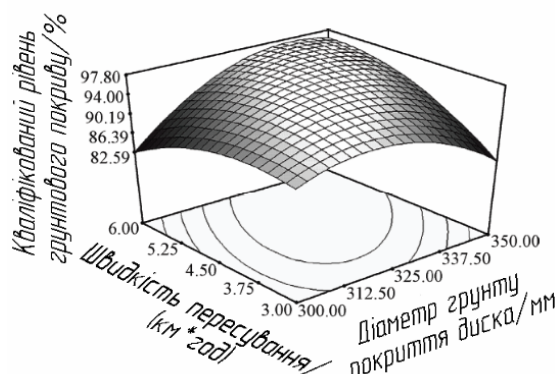


Рис. 3. Вплив діаметру ґрунто-покривного диска та швидкості руху по висоті

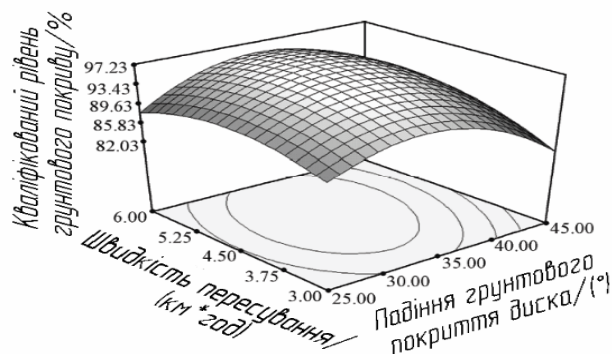


Рис. 4. Вплив занурення ґрунто-захисного диска зі швидкістю руху по висоті

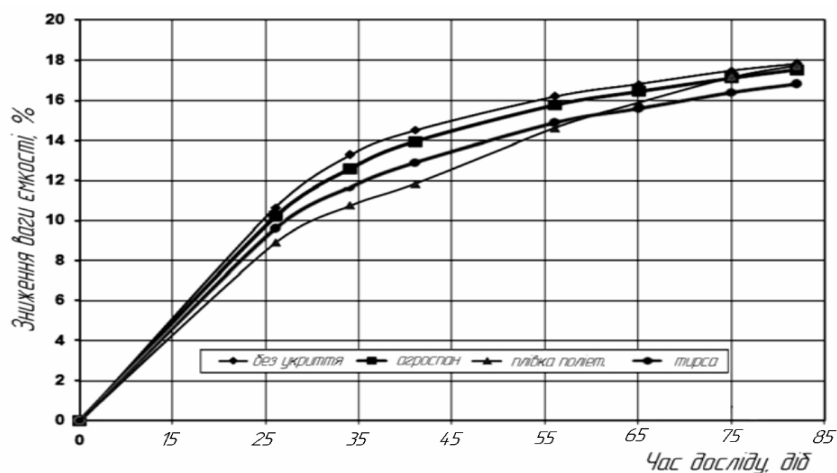


Рис. 5. Динаміка випаровування вологи в залежності від типу покривного матеріалу

Результати спостережень представлені на рисунку 5, з якого видно, що через 65 днів спостережень без поливу, в лівій ємності ґрунт практично висох (має більш світлий відтінок), а в правій ємності з розподіленим гідрогелем ґрунт зберіг вологу практично на всю глибину за винятком самого верхнього 3-сантиметрового шару.

Були поставлені з використанням запропонованого плівкоукладача дослід з вивчення впливу ширини плівки на термічний режим по глибині ґрунту. За результатами дослідів підтверджено характер кривих на рисунку 6 (Осипов І. М., Сисоліна І. П.). Польові дослід з визначенням раціональної висоти ґрунтових валиків, які утримують плівку на поверхні поля під час поривів вітру, показали, що без присипання країв ґрунтом плівка зноситься потоком повітря з поверхні поля вже за швидкості вітру 1,3 м/с.

Також дослідженням було встановлено, що за допомогою зубового та прикочуючого котків забезпечується якісне рихлення ґрунту та виключається нерівномірність поверхні поля.

Дослід з визначення раціональної висоти ґрунтових валиків для утримання плівки здійснювалися з плівкою П-37 завширшки 0,5 м. Довжина смуг

плівки – 50 м. Швидкість повітря змінювалася від 0 до 18 м/с з інтервалом 3 м/с і замірялася перед ґрунтовим валиком анемометром АП-1.

Польові дослід з вивчення впливу ширини плівки на гідротермічний режим ґрунту здійснювалися з плівкою завширшки від 0,1 м до 0,7 м з кроком 0,1 м, довжина смуг плівки становила 50 м. Температура ґрунту замірялася ртутним термометром на глибині 6 см з через кожну годину впродовж 5 годин (з 1000 до 1500).

Результати проведених досліджень щодо впливу ширини плівки на термічний режим ґрунту показали, що температура ґрунту на глибині 6 см зі збільшенням ширини плівки від 20 до 40 см істотно збільшується, а з плівкою завширшки 60 і 80 см має майже однакові показники (рис. 6).

Дослідженням було доведено, що доцільно використати плівку завширшки близько 45 см. Використання плівки ширшої, ніж 45 см ускладнюватиме конструкцію плівкоукладача, підвищуватиме трудомісткість його обслуговування, не створюючи істотних переваг у поліпшенні термічного режиму ґрунту.

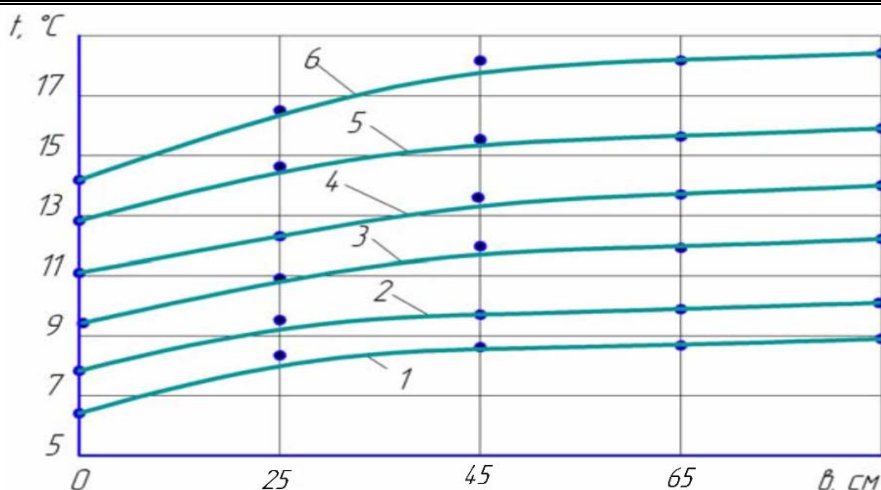


Рис. 6. Вплив ширини плівки на термічний режим ґрунту з 950 до 1550 у похмуру погоду: 1 – 950; 2 – 1150; 3 – 1250; 4 – 1350; 5 – 1450; 6 – 1550

Також результати дослідження підтвердили, що під плівкою в похмуру погоду температура була на 2–3 °С вище, а в сонячну – на 10–12 °С.

Висновок. Результати проведених досліджень підтверджують доцільність застосування запропонованого плівкоукладача.

Аналіз результатів досліджень показав високу вологозберігаючу ефективність поліетиленової плівки, тобто вкриті нею ємності з ґрунтом утримували вологу довше за інших. Польові досліді з визначення раціональної висоти ґрунтових гребнів, які утримують плівку на поверхні поля під час поривів вітру, показали, що без присипання країв ґрунтом плівка зноситься потоком повітря з поверхні поля вже за швидкості вітру 1,3 м/с. Досліді з визначення раціональної висоти ґрунтових гребнів для утримання плівки здійснювалися з плівкою П-37 завширшки 0,5 м та довжиною смуг плівки 50 м. Швидкість повітря змінювалася від 0 до 18 м/с з інтервалом 3 м/с і замірялася перед ґрунтовим гребнем анемометром АП-1. Засипання країв плівки ґрунтом протистоїть поривам вітру і досить засипати край плівки ґрунтовими гребнями заввишки 65–85 мм, щоб шквальний вітер (18 м/с) її не здував.

Температура ґрунту замірялася ртутним термометром на глибині 6–7 см через кожну годину впродовж 5 годин (з 10.00 до 15.00).

Результати проведених досліджень щодо впливу ширини плівки на термічний режим ґрунту показали, що температура ґрунту на глибині 6 см зі збільшенням ширини плівки від 25 до

45 см істотно збільшується, а з плівкою завширшки 65, 85 см має майже однакові показники.

Отже, ця конструкція дозволяє здійснювати ефективно вкладання плівки у ґрунт, покращуючи умови сходження насіння, і придатна для роботи в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

За результатами дослідів побудовані рівняння регресії і проведена оцінка їх адекватності та встановлене оптимальне співвідношення факторів, яке забезпечує отримання показника мінімальної X_1 – швидкість пересування, км · год⁻¹; X_2 – діаметр диска покритого ґрунтом, мм; X_3 – падіння ґрунтового покриття диска, мм, при якому буде забезпечено якісне розгортання плівки. Для відображення впливу даних факторів встановлено залежності параметрів оптимізації від впливових факторів: діаметра та кута нахилу ґрунтового покриття диска з кваліфікованою швидкістю; діаметру та глибини занурення ґрунтового покривного диска та швидкості руху по висоті. Визначено вплив покриття поверхні ґрунту на динаміку випаровування вологи в залежності від часу спостережень. Встановлено вплив ширини плівки на термічний режим ґрунту.

За результатами виробничих досліджень визначено техніко-економічну ефективність впровадження плівкоукладача на етапі випробування згідно ДСТУ 4397:2005. Отриманий річний економічний ефект від експлуатації машини з урахуванням кількості та якості продукції становить 24024 грн. Використання плівкоукладача має сезонний характер і окупиється за один рік.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Барабашук В. И., Креденцер Б. П., Мирошниченко В. И. Планирование эксперимента в технике. – К. : Техника, 1984. – 200 с.

2. Кондратец Л. М. Применение светоразрушающей пленки // Кукуруза и сорго. – №3. – 1985. – С. 16–17.

3. *Осипов І. М., Сисоліна І. П.* Розробка конструкції плівкоукладача до кукурудзяної сівалки : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – С. 71–72.

4. Патент №111083 (МПК А01G 13/02 2006.01) Бюл. № 20 25.10.2016 Укладач плівки в тепличному господарстві кооперативу Литвин О. Ю., Дорогань-Писаренко Л. О., Аранчій В. І., Чіп Л. О., Галич О. А., Горб О. О., Махмудов Х. З., Слинко В. Г., Березницький В. І., Федій Б. С., Прасолов Є. Я.

5. *Шмат С. І.* Тенденции использования пленки для посева сельскохозяйственных культур. Информациа / УкрНИИНТИ. – 1988. – 17 с.

6. *Xiaoze Yu, Mingjin Xin, Yuqiu Song Wentao Ren.* Design and Test of Key Components of Paper Mulching Mechanism for Paddy Field. ShenYang

Agricultural University. – ShenYang 110866, China Inner Mongolia University For Nationalities, TongLiao 028000, China.

7. *Das Folieamulch-Saatverfahren bei Mais-Gang der Entwicklung // Lohnuntennehmen in Land-Forstwirtschaft. – №1. – 1983 (ar DE 8.15).*

8. *Journal of Advances in Science and Technology – Vol. 13, Issue 1 (Special Issue) March 2017, ISSN 2230-9659.*

9. *Padawal N. T., Mali R. D., Nandgavakar S. D., Suryavanshi Vishwas Ramdas, Umesh P. Sutar, Duradundi Sawant Badkar.* Design and Development of New Mulching Machine for Agriculture *Journal of Advances in Science and Technology Vol. 13, Issue 1 (Special Issue) March 2017, ISSN 2230-9659.*

10. *Xromer K. H., Estler M.* Maisanbau mit Folie // *Landtechnik. – №6. – 1981. – P. 291.*

ANNOTATION

Prasolov Ye. Ya., Belovol S. A., Chernenko B. S., Uzhyshchenko A. V. Research and reasoning of rational parameters of plumbig machinery.

The article presents the results of the study in accordance with the methodology of normative documents. The technological parameters of the plumbig machinery for growing vegetable crops are determined. At the beginning of the strip, the plumbig machinery is outputted to its original position and clinging to the traction of the tractor. The front of the plumbig roller is equipped with a tooth compactor, which is connected to the rolling pin, and the width of the frame is set: a roll with a plumbig roll and conveyor rollers and a universal knife that rotates around the axis with a clip position for cutting the plumbig with the flow control sensor of the plumbig. It includes a device for determining the direction and velocity of the compiler; sensor for determining the depth and width of the strip-dip under pinion wheels; a plant recognition sensor and a computer for processing data and making corrections to the work of the compiler, creates the optimum pressure on the paddle wheels adjusting the loader. The edges of the plumbig from the roll are fascinated by universal clamps and they are sent to the rolling wheels. The direction of motion and the speed of the compiler are controlled by the device and the data is transmitted to the computer to adjust the corrections. During the compiler's motion, the front roller makes the leveling strips at the width in front of the rolling

wheels. Wheels moving during loading of the compiler under the certain optimum values of the loader press the edges of the plumbig from the roll to the surface of the soil, and the rear trap clogs the film. Releases the clips of the film and return to the original position, and the plumbig at the expense of the natural tension passes through the guide rollers and unfolds along the surface of the soil. At the end of the strip, the plumbig is automatically trimmed, the plumbig machinery is raised by the lift, the tractor turns and goes to the starting position of the new strip and the process continues. Matrix planning was used to reduce the complexity and duration of the research. The dependencies of optimization parameters on influential factors are established: the diameter and angle of the soil surface of the disk with the qualified speed; diameter and depth of submersion of the soil-covering wheel and speed of movement in height. The influence of the surface of the soil on the dynamics of moisture evaporation, depending on the time of observation, is determined. The influence of the width of the plumbig on the thermal regime of the soil is established. The results of the research were tested in the PP agricultural firm «Anastasia» and LLC AF «named after Dovzhenko» VF AF «Ordanivka». The use of the plumbig is seasonal and will pay off in one year.

Key words: *plumbig machinery, agrotechnical measures, milling, spacing, soil processing, disc.*