

УДК 631.3

**I.B. Твердохліб,**  
**А.В. Спірін, канд. техн. наук**  
Вінницький національний аграрний університет,  
**М.М. Анеляк, канд. техн. наук,**  
**А.Я. Кузьмич, канд. техн. наук,**  
**С.О. Кустов**

Національний науковий центр "ІМЕСГ", смт. Глеваха, Київська обл.

## **ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСУ ОБМОЛОТУ, ВИТИРАННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ БОБОВИХ ТРАВ**

*Изложены результаты исследований по обоснованию технологических процессов обмолота, вытирания, сепарации и рациональных режимов работы технических средств на уборке семян многолетних трав.*

*Basic methods for the ground of technological decisions of threshing, wipe and separation process of bean grass seeds.*

### **Проблема**

Для збирання насіння бобових трав використовують зернозбиральні комбайни, які є основним технічним засобом. Оскільки спеціальних машин для збирання насіння багаторічних бобових трав немає, то усі відомі технології базуються на використанні зернозбиральних комбайнів. Як об'єкт обробки насінники трав мають ряд специфічних особливостей, відмінних від зернових культур у будові рослин, сувіття і насіння, що обумовлює значні відмінності фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалу, що обробляється. Значні відмінності фізико-механічних властивостей біологічної маси насінників трав від зернових культур ускладнюю процес збирання насіння і особливо операції витирання і сепарації насіння молотаркою комбайна. Для збирання насіння трав зернозбиральними комбайнами використовують спеціальні пристрої (адаптери), які більш придатні для роботи з таким матеріалом, як ворох насінників трав. Це дозволяє скратити втрати, які все ж таки залишаються значними і складають 20–30% від біологічного врожаю.

Проблемним питанням у роботі молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів залишається процес витирання насіння із бобів, відсоток якого після проходу його через молотильний апарат складає лише 45–55%. Тому для витирання решти насіння із бобів, фракція не витертого насіння подається в автономні теркові пристрої, ефективність роботи яких занадто низька, за один прохід матеріалу через терковий пристрій витирається лише 10–15% насіння. Крім того, через низьку адаптацію повітряно-решітної очистки до роботи з ворохом насінників трав в терковий пристрій з невитертим насінням подається значна частина соломистих домішок та полови. Багаторазова подача одного і того ж матеріалу в терковий пристрій на повторне витирання насіння із бобів веде до рециркуляції матеріалу в молотарці комбайна. Це призводить до пере-

вантаження робочих органів молотарки, та ще більшого погіршення роботи повітряно-решітної очистки, її відповідно до збільшення втрат насіння за молотаркою комбайна. Це спонукає при збиранні насінників до пошуку та розробки нових технологічних та технічних рішень процесів обмолоту, витирання та сепарації насіння у полі і на стаціонарі.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Питанням розробки технологій та засобів механізації збирання насіння багаторічних бобових трав приділялась увага в роботах [1–3], але слід зауважити, що ці результати мають значні протиріччя, носять характер ДКР та НДР і не дають відповіді, яким чином зменшити втрати насіння виходячи із реальних можливостей виробництва, за наявності технічних засобів, які є на даний момент у господарствах для збирання насіння багаторічних бобових трав.

### **Мета досліджень**

Обґрунтувати основні принципи (підходи) вибору технологічних процесів (операцій) та технічних засобів обмолоту, витирання і сепарації насіння та раціональні режими роботи технічних засобів на збиранні насіння бобових трав.

### **Результати досліджень**

За результатами досліджень роботи молотарок зернозбиральних комбайнів „Дон-1500”, КЗС-9 „Славутич”, СК-5 „Нива” на збиранні насіння багаторічних бобових трав визначено, що із загальної маси матеріалу, який потрапляє у молотильний апарат комбайна, після обмолоту на очистку надходить 64,4–68,5% матеріалу.

У залежності від відсотку невитертих бобів, полови та соломистих домішок у матеріалі, що подається з повітря-

но-решітної очистки на повторний обмолот, збільшується рециркуляційне навантаження на решітний стан за рахунок тієї частини матеріалу, що подається до теркового пристрою.

Величина рециркуляції  $k_r$  і кількість циклів  $n_r$  повторної подачі матеріалу на повітряно-решітну очистку залежить від повноти витирання насіння у молотильному апараті і терковому пристрої, фракційного складу вороху, технологічної надійності сепарації вороху на повітряно-решітній очистці. Дослідження якісних показників роботи теркових пристрів ПСТ-10, ПСТ-8, та 54-108А свідчать, що використання цих пристрів на зернозбиральних комбайнах для витирання насіння багаторічних бобових трав дає змогу збільшити відсоток витертого насіння у бункері лише на 10–15%, але вирішити проблему повноти витирання насіння молотаркою зернозбирального комбайна не вдається. Це призводить лише до збільшення циркуляційного навантаження на робочі органи молотарки, і, в першу чергу, решітного стану очистки.

Тому виникає потреба обґрунтування доцільності вибору таких режимів роботи молотарки зернозбирального комбайна, які давали б можливість звести до мінімуму рециркуляцію матеріалу в молотарці комбайна, чим покращити умови роботи повітряно-решітної очистки при сепарації вороху, і, відповідно, зменшити втрати насіння за молотаркою.

Одним із варіантів зменшення рециркуляції матеріалу в молотарці комбайна є доопрацювання конструкції молотильного апарату повітряно-решітної очистки. У цьому напрямі велись роботи, у результаті яких розроблено адаптори до зернозбирального комбайна „Дон-1500“. Розробкою передбачено збільшення експозиції обробітку матеріалу в робочому зазорі барабан–дека за рахунок перекриття частини деки глухими вставками з активною робочою поверхнею. Заміна нижнього жалюзійного решета на плоске пробивне решето із діаметром отворів 2,5–3 мм дає змогу за один прохід матеріалу по решеті відділити продуктивну насінневу частину врожно від рослинних решток. За рахунок доробки конструкції привода крилача вентилятора змінено режими роботи вентилятора, що дає змогу зменшити оберті крилача вентилятора до 350–400 об/хв.

Результати лабораторно-польових досліджень роботи молотарки зернозбирального комбайна „Дон-1500“, якого обладнано адаптерами для витирання насіння, показано на рисунках 1, 2.

Лабораторно-польові дослідження показників роботи зернозбирального комбайна „Дон-1500“, обладнаного адаптерами для збирання насіння багаторічних бобових трав, проводились у польових умовах на такому агрофоні: вологість рослинної маси у валках 14–19%; врожайність насіння 2,5 ц/га при співвідношенні маси насіння до рослинної маси в середньому 1:12. Дослідження проводили при частоті обертання молотильного барабана у межах 600–800 об/хв. Робочі зазори між декою і барабаном було встановлено на вході 12–20 мм, на виході 4–8 мм; частота обертання крилача вентилятора 300–500 об/хв.; подача матеріалу в молотарку комбайна 3–4 кг/с.

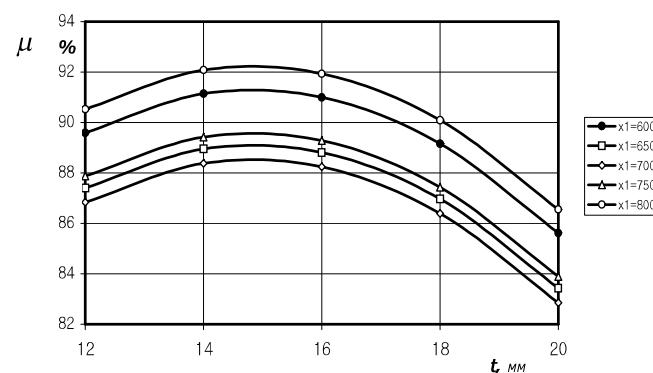


Рисунок 1 — Залежності впливу робочого зазору  $h$  і частоти обертання барабана  $X_1$ , на повноту витирання насіння  $\mu$ .

З рисунку 1 видно, що максимальна повнота витирання насіння з бобів молотильним апаратом з переобладнаною декою складає 91,4–92,6 %. Збільшення робочого зазору між декою і барабаном на вході з 12 до 20 мм впливає на повноту витирання насіння у межах 5,2–5,6 %. Зміна частоти обертання барабана молотильного апарату з 600 до 800 об/хв також є незначною і вплив її на повноту витирання насіння відбувається у межах 4,0–5,2 %.

Результати досліджень роботи повітряно-решітної очистки комбайна „Дон-1500“ із зменшеною частотою обертання крилача вентилятора до 300–500 об/хв та обладнаної нижнім пробивним решетом показано на рисунку 2.

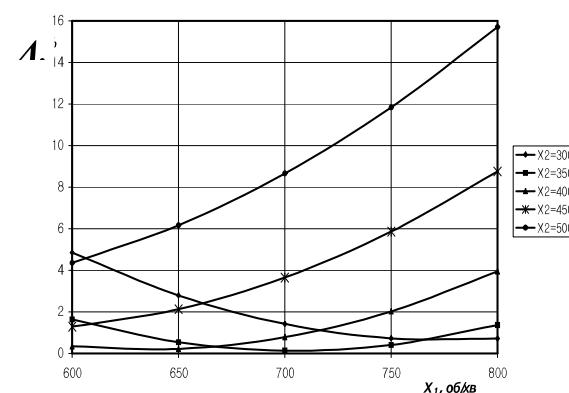


Рисунок 2 — Залежності втрат насіння  $\Delta$  за очисткою комбайна від частоти обертання барабана  $X_1$  та крилача вентилятора  $X_2$ .

З рисунку 2 видно, що втрати насіння конюшини за очисткою комбайна зі збільшенням частоти обертання крилача вентилятора вище 450 об/хв. різко зростають.

Так, при частоті обертання крилача вентилятора 500 об/хв. втрати насіння вже складають 4,3–15,6 %. На величину втрат насіння за очисткою комбайна впливає і режим роботи молотильного барабана. При більш „жорстких“ режимах роботи молотильного апарату – зменшуються втрати насіння.

них робочих зазорах між декою та барабаном до 12–14 мм та частоті його обертання більше 700 об/хв. — втрати насіння зменшуються на 9–10 % за рахунок повноти витиряння насіння із бобів. Відзначено також, що із зменшенням частоти обертання крилача вентилятора до 300 об/хв. збільшується засміченість бункерного вороху на 12–16 % і погіршується процес сепарації вороху.

Результати лабораторно-польових досліджень роботи молотарки комбайна “Дон-1500”, обладнаного експериментальними адапторами, підтвердженні виробничу перевіркою її роботи на збиранні насіння люцерни, буркуну білого, конюшини. У виробничих умовах використання зернозбирального комбайна “Дон-1500А”, з розробленими нами адапторами на збиранні насіння багаторічних бобових трав дає змогу забезпечити повноту витиряння насіння із бобів 91,4–92 % та зменшити втрати насіння за очисткою комбайна до 3–5 %.

Іншим технологічним рішенням збирання насіння трав може бути варіант збирання насінневої частини матеріалу в полі з подальшим довитирянням і сепарацією насіння на стаціонарі. У цьому випадку є можливість скоротити втрати насіння у полі, але виникає потреба в обґрунтуванні ступеня засміченості насінневого вороху як соломистими домішками, так і вмістом у ньому невитертого насіння. У залежності від засміченості насінневого вороху змінюватимуться втрати насіння за комбайном, а також умови обробітка його на стаціонарі. Відсутність машин для дозування і завантаження матеріалу в технічні засоби на стаціонарі, а також відсутність спеціальних машин для роботи із засміченим насіннєвим ворохом призводить до значного збільшення трудомісткості робіт та зменшення продуктивності машин на витирянні і сепарації насіння. Крім того, ефективність роботи машин, які можуть використовуватись на цих операціях, низька і за показниками якості роботи, і по надійності перебігу технологічного процесу.

Використання цього варіанту технології може бути економічно і технологічно невіправданим. Доцільність використання його визначатиметься значною мірою ступенем засміченості насінневого вороху соломистими домішками і вмістом у ньому невитертого насіння.

Враховуючи можливість використання цього варіанту збирання насіння трав, було проведено дослідження впливу на показники якості роботи решітного стану зерноочисних машин засміченості вороху конюшини соломистими домішками та граничні можливості використання решітних станів на цьому матеріалі, і визначено раціональні кінематичні режими роботи решітного стану.

Дослідження проводили на решітному стані з амплітудою коливань решета 7,5–10 мм та кутом нахилу решіт 6–8°. Амплітудна швидкість коливань решета змінювалась у межах 0,19–0,40 м/с, амплітудне прискорення коливань решета змінювалось у межах 5,0–20,8 м/с<sup>2</sup>. Робоча довжина решітного стану складала 1580 мм. Під час досліджень використано ворох конюшини із засміченістю соломистими домішками у межах 2–25 %. Подача матеріалу на решітний стан складала 500–900 кг/год.

Результати досліджень процесу сепарації вороху конюшини з різною засміченістю соломистими домішками

показано на рисунках 3, 4. При сепарації насіннєвого вороху конюшини, засміченого соломистими домішками від 2–5 %, отримано позитивні результати технологічної ефективності та надійності процесу сепарації. З рисунку 3 видно, що при оптимальних кінематичних режимах роботи решітного стану — амплітудною швидкістю коливань решета 0,25–0,27 м/с або амплітудним прискоренням коливань решета 8,5–9,5 м/с<sup>2</sup> можна виділити 98,5–99,5 % соломистих домішок із вороху, втрати насіння при цьому не перевищують 1,0 %.

Слід відзначити, що зменшення амплітудної швидкості коливань решітного стану з 0,23 до 0,19 м/с або збільшення з 0,29 до 0,355 м/с призводить до збільшення на 2–5 % втрат насіння та зменшення чистоти очищеного насіння.

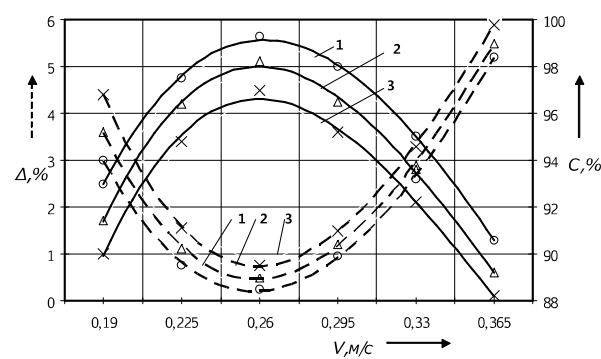


Рисунок 3 — Графіки залежностей втрат насіння за решітним станом  $\Delta$  та відсотку виділення соломистих домішок із вороху конюшини  $C$  від амплітудної швидкості коливань решета  $V$  та засміченості вороху конюшини соломистими домішками: 1–2 %; 2–3 %; 3–5 %.

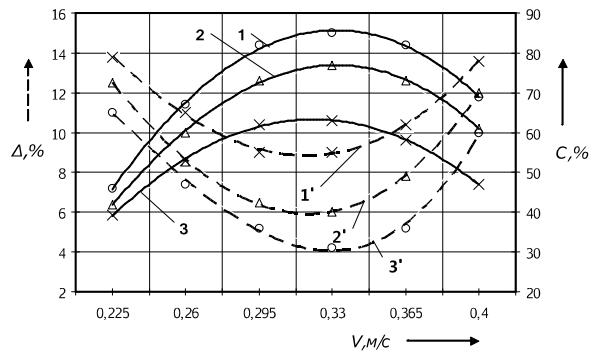


Рисунок 4 — Графіки залежностей втрат насіння за решітним станом  $\Delta$  та відсотку виділення соломистих домішок із вороху конюшини  $C$  від амплітудної швидкості коливань решета  $V$  та засміченості вороху конюшини соломистими домішками: 1–15 %; 2–20 %; 3–25 %.

При сепарації насіннєвого вороху конюшини з граничною засміченістю до 15–20 % соломистими домішками технологічна ефективність (рисунок 4) та надійність процесу сепарації на решітному стані зерноочисних машин значно погіршується. Швидкість переміщення частин

нок в шарі вороху і по решеті зменшується в 1,5–2 рази, просіваюча спроможність решіт знижується, сепаруючий ворох зависає на решетах, спостерігаються часті технологічні відмови. Пропускна спроможність решіт у 2–3 рази зменшується. Втрати насіння (рисунок 4) значно збільшуються і досягають 10–12 %.

Як видно із рисунків 3, 4, при сепарації вороху засміченого до 15–20 % соломистими домішками амплітудну швидкість коливань решітного стану необхідно збільшити на 0,07–0,08 м/с у порівнянні з сепарацією вороху, який засмічений лише на 2–5 % соломистими домішками.

Різниця в оптимальній амплітудній швидкості та прискоренні коливань решітного стану при різній засміченості насінневого вороху пов’язана з тим, що для переміщення менш сипучого вороху є необхідність в збільшенні частоти коливань решітного стану. Крім того із рисунків 3, 4 видно, що відхилення амплітудної швидкості коливань решітного стану від оптимальних значень призводить до зниження технологічного ефекту сепарації. Значно зменшується чистота очищеної насіння та зростають втрати за решітним станом.

## Висновки

Враховуючи отримані вище результати досліджень роботи молотарок зернозбиральних комбайнів та стаціонарних вітрорешітних машин і виходячи із технологічних можливостей їх роботи на обмолоті, витиренні та сепарації насіння трав можна прийняти відповідні технологічні рішення по обґрунтуванню процесу збирання насіння багаторічних бобових трав та раціональних режимів і параметри їх роботи.

Результати досліджень процесу збирання насіння трав зернозбиральними комбайнами вказують на необхідність інтенсифікації процесу витирання насіння молотильним апаратом комбайната та зменшення частоти обертання крилача вентилятора до 300–350 об/хв і заміни нижнього жалюзійного решета на плоске пробивне решето.

Основним фактором технологічної ефективності та надійності перебігу процесу очистки насіння на решетах зерноочисних машин є ступінь засміченості насінневого вороху соломистими домішками. Із збільшенням вмісту соломистих домішок у технологічному матеріалі більше ніж на 15% ефективність роботи решіт різко знижується, тому використання решітних станів на такому матеріалі є не доцільним.

## Література

1. Журкин, В.К. Проблемы механизации уборки семян клевера // Сб. научн. — Труды ВНИК. — 1982. — № 27. — С. 195—198.
2. Индустральные технологии уборки семян люцерны с обмолотом на стационаре // Рекомендации МСХ РСФСР. — М.: 1985, 35 с.
3. Типовые технологии уборки трав на семена с обработкой на стационарном пункте. — МСХ СССР, МСХ РСФСР, ВАСХНИЛ, ВНИИК, ВНИИМЭСХ. — М., 1985. — 47 с.

Надійшла 12.03.2012 р.