УДК 631.172:633.521
© 2011

ДОВЖИНА ГОНІВ ТА ДОБОВИЙ РЕЖИМ РОБОТИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНОВИХ АГРЕГАТІВ

А.С. ЛІМОНТ,
кандидат технічних наук

Житомирський національний агроекологічний університет

Проаналізовано довжину гонів і тривалість обідньої перерви екіпажів льонозбиральних комбайнових агрегатів. Оцінено вплив цих факторів на продуктивність машин. Кореляційне відношення продуктивності агрегатів по довжині гонів і тривалості обідньої перерви становило відповідно 0,397 і 0,418. Наведено графіки зміни продуктивності агрегатів від досліджуваних факторів.

Постановка проблеми. Одним з напрямів відродження льонарства є впровадження у практику виробництва механізованих технологій збирання, серед яких відповідне місце займає комбайнове. Ефективність такого збирання може бути забезпечена з урахуванням природно-організаційних факторів, що визначають умови використання льонозбиральних агрегатів. У вирішенні проблеми ефективного використання агрегатів чільне місце займають питання щодо оцінювання їхньої енергомісткості і продуктивності в реальних умовах збирання льону-довгунця. У пропонованій статті передбачено з'ясувати деякі з питань означеної проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Енергетичною оцінкою засобів механізації рослинництва опікувалися А.Д. Гарькавий, В.Ю. Ільченко, І.П. Масло, О.К. Медведовський, А.К. Нанаєнко, А.Н. Никифоров, М.М. Сєвєрньов та ін. Проте у працях цих дослідників не знайшло висвітлення енергомісткості льонозбиральних агрегатів. Вивченням використання машин на збиранні льону-довгунця займалися І.В. Баранов, М.Н. Биков, М.А. Бутко, Г.П. Водяницький, А.Ю. Горбовий, М.К. Діденко, Д.П. Доманчук, С.Й. Корсак, О.О. Налобіна, М.І. Самокиш, Г.А. Хайліс та ін. Але вони поза увагою залишили питання з дослідження впливу розмірних характеристик полів та організаційних факторів на продуктивність використовуваних машин. Аналіз інформації з Типових норм виробітку засвідчує про підвищення продуктивності агрегатів при їх використанні на полях з більшою довжиною гонів.

Згідно з вимогами до техніки для збирання льону-довгунця [7] продуктивність льонозбирального комбайна за годину основного часу має становити 0,90 га/год. При проектуванні і організації збиральних робіт варто знати продуктивність за годину змінного часу, яку можна визначити за відомого коефіцієнта використання робочого часу. З урахуванням зональних особливостей регіонів вирощування льону-довгунця в Нормах і нормативах для планування механізації виробничих процесів у галузях АПК [9] наведене нормативне значення коефіцієнта використання робочого часу комбайнів ЛКВ-4А, що коливається в межах 0,74–0,80. Дослідження розподілу цього коефіцієнта для машинних агрегатів у складі з комбайнами ЛК-4Т показало, що він в реальних умовах машиновикористання дорівнював 0,21–0,85 за середнього арифметичного значення, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації відповідно 0,54 і 0,15 та 27,8 % [6]. Отже, за коефіцієнтів використання робочого часу 0,54, 0,74 та 0,80 продуктивність комбайнових агрегатів за годину змінного часу може становити відповідно 0,49; 0,67 та 0,72 га/год, що в середньому становитиме 0,63 га/год.

У разі комбайнового збирання з очісуванням коробочок і розстиланням соломи на полях, які за умовами виконання механізованих робіт з урахуванням основних нормоутворюючих факторів віднесені до першої групи, за густоти стеблостою 800–1200 стебел на 1 м^2 та роботі комбайна на три секції норма виробітку за 7-годинну зміну становить 4,4 га [14], тобто 0,63 га/год. Узагальнення досвіду використання льонозбиральних комбайнових агрегатів показало [6], що їхня продуктивність за годину змінного часу $W_{гз}$ залежно від коефіцієнта використання робочого часу τ зростає за прямою $W_{гз} = 0{,}913\tau$ з коефіцієнтом кореляції 0,741. При цьому коефіцієнт використання робочого часу максимізується за тривалості робочого дня

$T_{рд}$ = 5,68 год (коефіцієнт кореляції мінус 0,254 за кореляційного відношення 0,402). Залежно від тривалості робочого дня максимум продуктивності за годину змінного часу забезпечується, якщо $T_{рд}$ = 5,37 год [5]. Дослідження залежностей $\tau = f(T_{рд})$ і $W_{гз} = f(T_{рд})$ показало, що досліджувані криві мають точки перегину за значень $T_{рд}$ відповідно 10,55 і 9,55 год, тобто тривалість робочого дня при використанні льонозбиральних комбайнових агрегатів не повинна перевищувати 10 год.

Збирання льону-довгунця здійснюють протягом світлового дня, за якого можливий час роботи машинних агрегатів у наряді впродовж доби визначають за формулою [2, 12]

$$T_{нр} = T_{св} - k_{зм}(T_{то} + T_{об} + T_{воп}), \quad (1)$$

де $T_{св}$ – тривалість світлового дня залежно від широти і пори року, год; $k_{зм}$ – коефіцієнт змінності; $T_{то}$ – затрати часу на технічне обслуговування агрегату, год; $T_{об}$ – час обідньої перерви, год; $T_{воп}$ – час на відпочинок і особисті потреби персоналу, який обслуговує агрегат, за зміну, год.

З підвищенням коефіцієнта змінності роботи тракторного парку рівень виконання сівби льону-довгунця в оптимальний агротехнічний строк зростає, а собівартість насіння, соломи і трести зменшуються за гіперболічними залежностями [3].

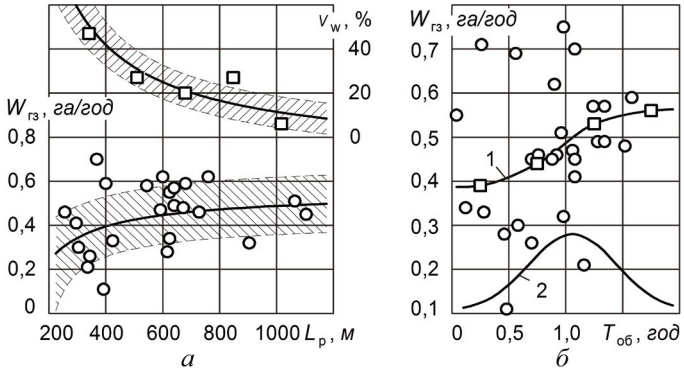
Підвищити добову зайнятість льонозбиральних машин не тільки утруднено, але практично неможливо, оскільки їхня робота протягом доби обмежена метеорологічними умовами внаслідок зволоження рослин. Наприклад, підбирачі трести в зонах підвищеної вологості можна ефективно використовувати не більше 15 % календарного змінного часу [11]. У збиральний період роса спадає не раніше 10-ї години. Крім того, в цей період приблизно 50 % днів бувають дощовими, і якщо тривалість збирання становить 15 календарних днів, то з них погожих тільки 7–8 днів [13].

Вплив тривалості щозмінного технічного обслуговування льонозбиральних комбайнів на продуктивність за годину змінного часу відповідних агрегатів висвітлений у праці [4]. Отже, залишився нез'ясованим вплив тривалості обідньої перерви екіпажу льонозбиральних комбайнових агрегатів на продуктивність останніх. Подальших досліджень вимагає і статистичне оцінювання продуктивності льонозбиральних машин залежно від довжини гонів.

Мета дослідження полягала у поліпшенні ефективності використання льонозбиральних комбайнових агрегатів шляхом зниження їхньої енергомісткості та підвищення продуктивності. *Завдання дослідження:* 1) з'ясувати кількісну закономірність зміни енергомісткості агрегату залежно від його продуктивності за годину змінного часу; 2) дати ймовірнісну оцінку продуктивності агрегатів залежно від розмірів поля за довжиною гонів; 3) проаналізувати вплив тривалості обідньої перерви обслуговуючого агрегат персоналу на продуктивність агрегату.

Об'єкт та методика досліджень. Об'єктом дослідження був процес функціонування льонозбиральних комбайнових агрегатів. Досліджували агрегати у складі тракторів класу 1,4 і комбайнів ЛК-4Т та двовісних тракторних причепів вантажопідйомністю 4 т. Агрегати використовували в рядових умовах збирання льону-довгунця в підприємствах Житомирської області. Енергомісткість агрегату визначали з урахуванням прямих затрат енергії, що виражені витрачанням палива; енергозатрат живої праці людей – екіпаж агрегату; трактора МТЗ-80, комбайна ЛК-4Т і причепа 2ПТС-4М. При цьому використані енергетичні еквіваленти дизельного палива, енергомісткості за 1 год використання трактора і причепа та на 1 кг маси льонозбирального комбайна за 1 год, енергетичні еквіваленти праці механізаторів і допоміжних працівників [8]. Продуктивність агрегатів, довжину гонів і тривалість обідньої перерви визначали на підставі опрацювання хронометражних листів за використанням агрегатів і фотографій часу обслуговуючого їх персоналу. Обробка вихідних і опрацьованих даних здійснена з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу [1, 15].

Результати дослідження та їх обговорення. Із підвищенням продуктивності агрегату за годину змінного часу від 0,05 до 1,00 га/год його енергомісткість зменшується за гіперболічною залежністю від 22871,6 до 1143,6 МДж/га. При цьому з підвищенням продуктивності від 0,1 до 0,4 га/год енергомісткість зменшується на 75 %, від 0,4 до 0,5 га/год – на 5 %, від 0,5 до 0,6 га/год – на 3,3 %, від 0,6 до 0,7 га/год – на 2,4 %, від 0,7 до 0,8 га/год – на 1,8 %, від 0,8 до 0,9 га/год – на 1,4 %, а від 0,9 до 1,0 га/год – зменшується на 1,1 %. Отже, з підвищенням продуктивності понад 0,6 га/год зниження



Зміна (а) продуктивності льонокомбайнового агрегату залежно від довжини гонів та вплив (б) тривалості обідньої перерви обслуговуючого агрегат персоналу на продуктивність агрегату: *1 – логістична крива зміни продуктивності агрегату залежно від тривалості обідньої перерви; 2 – похідна логістичної кривої*

енергомісткості значно уповільнюється.

У дослідженні довжина гонів як випадкова величина коливалася в межах 257–1101 м за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 587 і 207 м та коефіцієнта варіації 35,3 %. Тривалість обідньої перерви змінювалася від 1 до 95 хв, середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення становили відповідно 53 і 25 хв, а коефіцієнт варіації – 47,2 %. Розподіл тривалості обідньої перерви мав від'ємні асиметрії і ексцес з показниками відповідно 0,33 і 1,00. Відношення показників асиметрії і ексцесу до своїх середніх квадратичних відхилень дорівнювали відповідно 0,72 і 1,10. Продуктивність агрегату коливалася від 0,11 до 0,75 га/год. У зв'язку з неоднаковими розмірами статистичних вибірок цієї результативної ознаки в дослідженнях впливу довжини гонів середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення продуктивності становили відповідно 0,43 і 0,14 га/год, а коефіцієнт варіації – 32,6 %. Щодо продуктивності при вивченні впливу на неї тривалості обідньої перерви згадані показники становили 0,44 і 0,15 га/год та 34,1 %.

Між продуктивністю комбайнових агрегатів $W_{гз}$ за годину змінного часу і довжиною гонів $L_р$ виявлений додатний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,239 та кореляційним відношенням $W_{гз}$ по $L_р$, що дорівнює 0,397. Отже, статистично підтверджується, що із збільшенням довжини гонів продуктивність агрегатів зростає за криволінійною залежністю. Для з'ясування характеру цієї залежності проаналізуємо побудоване кореляційне поле зв'язку продуктивності агрегатів з довжиною гонів (рисунок). З графіка простежується, що із збільшенням довжини гонів продуктивність агрегатів зростає, але із сповільненням. Такому характеру зміни $W_{гз}$ залежно від $L_р$ можуть відповідати гіперболічна зворотного зв'язку, степенева, логарифмічна і показова залежності. Розрахунок R^2-статистики з вирівнювання експериментальних даних наведеними щойно залежностями показав, що вона дорівнює відповідно 0,706; 0,702; 0,688 і 0,649. Тобто вирівнювання за гіперболічною залежністю забезпечує найкраще наближення експериментальних даних до апроксимуючої функції, яка після визначення коефіцієнтів регресії має вигляд:

$$W_{гз} = 0{,}55 – 62{,}29 / L_р , \qquad (2)$$

де $W_{гз}$ – продуктивність комбайнового агрегату за годину змінного часу на збиранні льонудовгунця, га/год; $L_р$ – довжина гонів, м.

Відношення основної помилки вирівнювання експериментальних значень продуктивності апроксимуючого функцією (2) до середнього арифметичного значення розподілу продуктивності становило 0,062, що менше 0,1, яке прийнято за умову задовільного вирівнювання. Помилка рівняння (2) криволінійної регресії, що визначена за середнім квадратичним відхиленням розподілу продуктивності і кореляційним відношенням $W_{гз}$ по $L_р$, становила 0,13 га/год. Крива зміни $W_{гз}$ залежно від $L_р$ побудована, а лінії значень $W_{гз}$ розраховані за рівнянням з урахуванням його помилки. Між цими обмежувальними лініями міститься 67 % усіх даних, що увійшли до розрахунку рівняння. За його асимтотою з урахуванням помилки можна визначити межу підвищення продуктивності, що становить 0,68 га/год, за рахунок організації використання машинних агрегатів на відповідних за довжиною полях або ж здійсненням розбивання поля на загінки та вибором способу руху комбайнових агрегатів. Із збільшенням довжини гонів понад 800 м забезпечується про-

дуктивність агрегатів, що характеризує умови їх використання з урахуванням одного з факторів їх екологічності – енергомісткості. Коефіцієнт детермінації, що характеризує силу впливу розмірів полів на продуктивність льонозбиральних комбайнових агрегатів, дорівнює 0,158. Це означає, що варіація продуктивності на 16 % причинно зумовлена варіацією довжини гонів.

Здійснені статистичні групування довжини гонів як факторіальної ознаки і продуктивності агрегатів як результативної показали, що із збільшенням довжини гонів коливання продуктивності агрегатів навколо середнього зваженого значення стабілізуються і стають зосередженими в межах двох статистичних груп за розподілом цього експлуатаційного показника. Наприклад, за середньогрупової довжини гонів 341 м середнє квадратичне відхилення продуктивності становило 0,18 га/год; при L_p = 510 м – 0,12, при L_p = 679 – 0,10, а при L_p = 1017 м – 0,03 га/год. Перевірку однорідності дисперсій продуктивності агрегатів за різної довжини гонів здійснили за критерієм Бартлета [1], спостережуване значення якого становило 12,5. За таблицею квантилів χ^2-розподілу по рівню значущості 0,05 і числа ступенів вільності 4 критичний χ^2 дорівнює 9,5 [1]. Оскільки спостережуваний χ^2 перевищує критичне значення, то нульова гіпотеза про однорідність порівнюваних дисперсій відхиляється.

Оцінку значущості відмінності дисперсій двох порівнюваних сукупностей продуктивності агрегатів, що характерні для їхнього використання на полях різної довжини гонів, здійснили за *F*-критерієм Фішера [15]. Якщо спостережуваний *F*-критерій не перевищує табличного значення, то з відповідною ймовірністю нульова гіпотеза не заперечується і відмінності між порівнюваними дисперсіями вважають недостовірними [1]. Якщо ж розраховане дисперсійне відношення перевищує табличне, то порівнювані дисперсії вважають значущо відмінними і мінливість порівнюваних сукупностей слід вважати неоднаковою. Аналізуючи визначені критерії, доходимо висновку, що із збільшенням довжини гонів мінливість продуктивності як випадкової величини суттєво зменшується на рівні довірчої ймовірності, яка перевищує 0,75.

Зваживши на характер зміни продуктивності льонозбиральних агрегатів і її середнього квадратичного відхилення залежно від довжини гонів, визначимо коефіцієнт варіації вказаної ознаки і простежимо його поведінку при збільшенні розмірів поля. Результати розрахунків підтверджують, що із збільшенням довжини гонів коефіцієнт варіації продуктивності зменшується з поступовим сповільненням. Характер зміни коефіцієнта варіації продуктивності v_w (%) залежно від довжини гонів L_p (м) описується рівнянням гіперболи

$$v_w = –8,77 + 20266,93 / L_p . \quad (3)$$

Кореляційне відношення v_w по L_p, що характеризує залежність (3), за дослідженнями становило 0,882, а помилка рівняння (3) дорівнювала 7,0 % (рисунок).

Між продуктивністю і тривалістю обідньої перерви відмічений додатний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,092, а кореляційне відношення $W_{гз}$ по $T_{об}$ становило 0,418 та коефіцієнт детермінації – 0,175. Експериментальні дані, що визначають кореляційне поле, були згруповані за факторіальною і результативною ознаками в чотири статистичні групи. Для середньогрупових значень обідньої перерви визначені відповідні їм середні зважені значення продуктивності (на рисунку – квадратики). Отже, зміна продуктивності агрегату залежно від тривалості обідньої перерви описується *S*-подібною логістичною кривою. Виробничу ефективність тривалості обідньої перерви оцінювали за зміною похідної продуктивності $dW_{гз} / dT_{об}$ (крива 2). Криву інтенсивності зміни продуктивності будували графічним диференціюванням залежності 1, що інтерпретує зміну продуктивності агрегатів від тривалості обідньої перерви. З аналізу кривої 1 за асимптотою, яка проведена паралельно до осі абсцис ($T_{об}$), визначали максимальне значення продуктивності, що дорівнює 0,6 га/год і може бути досягнуте за рахунок оптимізації тривалості обідньої перерви.

Розглянемо точку перетину логістичної кривої 1 з паралельною до осі абсцис ординатою, що відповідає продуктивності 0,5 га/год. Ця точка на кривій визначає завершення інтенсивного росту продуктивності і свідчить про настання так званого періоду "насичення" [10], тобто значного сповільнення зростання продуктивності. Отже, за поведінкою кривих 1 і 2 дійдемо висновку, що тривалість обідньої перерви 1 год слід визнати доцільною і при організації використання льонозбиральних комбайнових агрегатів.

Висновки

За характером зміни енергомісткості льонозбиральних комбайнових агрегатів залежно від їх продуктивності за годину змінного часу остання має бути не менше 0,5 га/год. Варіація продуктивності агрегатів на 16 і 17 % причинно зумовлена варіаціями довжини гонів і тривалості обідньої перерви. Продуктивність агрегатів із збільшенням довжини гонів зростає за законом гіперболи зворотного зв'язку. Із збільшенням довжини гонів середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації продуктивності агрегатів зменшуються. Темпи зростання продуктивності і зниження коефіцієнта її варіації значно уповільнюються при використанні льонозбиральних агрегатів на полях з довжиною гонів понад 800 м. Із збільшенням тривалості обідньої перерви обслуговуючого персоналу в межах від 1 до 95 хв продуктивність агрегатів зростає за логістичною функцією. При організації використання збиральної техніки необхідно ущільнювати робочу зміну, раціонально використовуючи світловий день і можливість роботи агрегатів протягом доби.

Перспективи подальших розвідок, на нашу думку, мають бути зосереджені на дослідженні кінематичних параметрів загінок для машинного збирання льону-довгунця та з'ясуванні умов раціонального використання площі поля за технології збирання із застосуванням роздільних смуг.

Бібліографія

1. Г*ерасимович А.И.* Математическая статистика / *А.И. Герасимович*. – Минск : Вышэйш. шк., 1983. – 279 с.

2. Довідник з експлуатації машинно-тракторного парку / [*В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт* та ін.]. – К. : Урожай, 1987. – 368 с.

3. *Лімонт А.С.* Ефективність добової зайнятості тракторного парку льоносіючих підприємств [Електронний ресурс] / *А.С. Лімонт* // Наук. доп. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2009. – № 2 (14). – Режим доступу до журн.: // http: // www.nbuv.dav.ua/e–jornals/Nd/2009-2/09 lasfge.pdf

4. *Лімонт А.С.* Прогнозування тривалості щозмінного технічного обслуговування льонозбиральних комбайнових агрегатів / *А.С. Лімонт* // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 9. – С. 36–39.

5. *Лімонт А.С.* Тривалість робочого дня і продуктивність льонозбиральних агрегатів / *А.С. Лімонт* // Вісн. Харків. нац. техніч. ун-ту с. г. ім. П. Василенка: механізація с.-г. виробництва. – Харків, 2010. – Вип. 93, т. 2. – С. 79–84.

6. *Лімонт А.С.* Циклограма роботи льонозбирального комбайнового агрегату та його корисне використання / *А.С. Лімонт* // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України / Ред-кол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2009. – Вип. 140. – С. 321–329.

7. Машини для збирання зернових та технічних культур: [посіб. для підготовки фахівців із напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" в аграр. вищ. навч. закл. II–IV рівнів акредитації] / [Колектив авторів]; за ред. *В.І. Кравчука* і *Ю.Ф. Мельника*. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.

8. *Медведовський О.К.* Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / *О.К. Медведовський, П.І. Іваненко*. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.

9. Нормы и нормативы для планирования механизации и электрификации в отраслях АПК / [сост. *М.В. Шахмаев, Ю.И. Юркин*]; под ред. *А.И. Иевлева*. – Агропромиздат, 1988. – 591 с.

10. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин / *Л.В. Погорелый*. – К. : Техніка, 1991. – 157 с.

11. Разработка и испытания комплекса машин для полумеханизированного подъема и погрузки льняной тресты / *М.Н. Шрейдер, Н.Н. Быков, В.Е. Логинов* [и др.] // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1972. – Вып. 10. – С. 74–79.

12. *Соловей П.Т.* Организация использования машинно-тракторного парка в колхозах и совхозах / *П.Т. Соловей, А.А. Лазарев*. – Л. : Колос, Ленингр. отд-е, 1971. – 205 с.

13. *Соснов В.И.* О механизации подъема тресты / *В.И. Соснов* // Лен и конопля. – 1978. – № 7. – С. 28–30.

14. Типові норми продуктивності і витрати палива на збиранні сільськогосподарських культур / [*В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар* та ін.]. – К. : НДІ "Украгропромпродуктивність", 2005. – 544 с.

15. *Хикс Ч.* Основные принципы планирования эксперимента / *Хикс Ч.*; пер. с англ. *Т.И. Голиковой, Е.Г. Коваленко, Н.Г. Микешиной*; под ред. *В.В. Налимова*. – М.: Мир, 1967. – 406 с.