

ВПЛИВ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ХЛІБНОЇ МАСИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Демко О.А., аспірант, Демко А.А., к.т.н., Надточій О.В., к.т.н.
(НУБіП України)

Розраховано межі зниження числових значень коефіцієнтів впливу соломистості, вологості, забур'яненості хлібостою на зміну пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою і продуктивності комбайна.

Вплив агробіологічного стану хлібної маси на продуктивність в літературних джерелах констатується, а у практичних висновках декларується прикметниками, але немає аналітичного підтвердження числових значень. При виконанні технологічної операції збирання урожаю головною умовою є якість обмолоту хлібної маси і стабільність проходження технологічного процесу, через реалізацію показника пропускної здатності для комбайнів різних класів і конструктивних схем.

Продуктивність зернозбиральних комбайнів залежить від багатьох об'єктивних і суб'єктивних факторів і чинників, вплив яких на фактичну продуктивність можна виразити функціональною залежністю:

$$W_{\phi} = W_n \cdot f(q_{\phi}) \quad (1)$$

$$q_{\phi} = f(k_1, k_2, k_3, k_4, k_{Bp}, k_{Vp}, k_{\Gamma}, k_{Ne}, k_q) \quad (2)$$

де k_1, k_2, k_3, k_4 - коефіцієнти, що враховують характеристики агробіологічного стану хлібної маси: вологість соломи, соломистість, вологість зерна, забур'яненість;

k_{Bp}, k_{Vp} - коефіцієнти, якими враховано середнє значення ширини захвату жатки та середнє значення робочої швидкості;

k_{Γ}, k_{Ne}, k_q - коефіцієнти готовності, ступеню зниження потужності двигуна від номінального значення та коефіцієнт зниження пропускної здатності

При розробці технологічних карт збирання урожаю значення коефіцієнтів впливу спеціалістами сільгосп підприємств вибираються емпірично, спираючись на власний, чи узагальнюючий досвід і кваліфікацію. Для зменшення впливу суб'єктивної оцінки впливу чинних факторів, характеристик на продуктивність комбайнів, числові значення їх впливу слід розраховувати.

Збирання урожаю характеризується певними показниками якості: технологічними нормативами (пропускна здатність) і допустимими відхиленнями від них (технологічний допуск на нормативи); точністю розроблених вимог або рівнем співставлення отриманих в реальному виробництві показників якості з допустимими.

Якісні показники роботи зернозбиральних комбайнів ДОН-1500 і ДОН-1200Б при правильному регулюванні робочих органів і умов визначаються ГОСТ 22611-80. Показники і характеристики допусків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Якісні показники роботи зернозбиральних комбайнів

Показник	Од. виміру	Допуск для комбайна	
		ДОН-1500Б	ДОН-1200Б
Продуктивність по зерну	т/год	14,0	11,3
Втрати зерна не більше: за жаткою при полеглості хлібів до 20%	%	0,5	
При полеглості хлібів за підбирачем (недомолотом, очисткою)	%	1,5	
за молотаркою	%	1,5	
Подрібнення зерна не більше для:			
колосових	%	2,0	
кукурудзи	%	3,0	
соняшника	%	3,0	
Забур'яненість в зерновій масі бункера	%	2,0	

Рівномірність подачі хлібної маси в молотильний апарат залежить від впливу значного числа факторів і чинників: нерівномірність густини рослин, висоти і вологості хлібостою, використання ширини захвату жатки, нерівномірності висоти скошування, нерівномірності подачі шнеком жатки і плаваючим похилим транспортером, культури обробітку конкретного поля, ступеню забур'янення.

В літературних джерелах [1,2,3] пропускна здатність молотильно-сепаруючого пристрою зернозбиральних комбайнів показується як стала величина, що залежить від чотирьох стартових конструктивних і експлуатаційних характеристик і шести емпіричних коефіцієнтів (0.458, 32, 0.26, 1.5, 0.8, 0.83).

Практика показує, що в умовах реального виробництва продуктивність і відповідно пропускна здатність є величиною змінною, що залежить від об'єктивних і суб'єктивних факторів, чинників, характеристик.

Об'єктивними факторами слугують: ґрунтово-кліматичні умови, рельєф і контури полів, фізико-механічні властивості культури, конструктивні та експлуатаційні характеристики комбайнів. Суб'єктивні фактори: забур'яненість, соломистість, вологість хлібної маси і зерна, культура землеробства, кваліфікація комбайнерів (вибір оптимальної робочої швидкості), висоти зрізу, ширини захвату жатки.

При розрахунку фактичної пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою і продуктивності комбайнів необхідно врахувати характеристики хлібної маси під час комбайнування: *соломистість хлібної маси, вологість зерна і соломи, ступінь забур'янення.*

Нормативними є наступні характеристики: соломистість $\delta_c = 1.5$; урожайність $U = 4$ т/га; вологість соломи $V_c = 17\%$; вологість зерна $V_3 = 15\%$; забур'яненість $V_6 < 5\%$.

Номинальну годинну продуктивність при урожайності до 4 т/га можна визначити користуючись залежністю:

$$W_{\Gamma} = \frac{0.36 \cdot B_p (N_{e_n} \cdot \xi - 2 \cdot q_n)}{B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_{\text{ПМ}} + N_{\text{ПП}})} + \frac{g \cdot f \cdot G_T \cdot t}{\eta_{\text{ТР}}} \quad (3)$$

При урожайності більше 4 т/га враховуючи пропускну здатність молотильно-сепаруючого пристрою комбайна із залежності:

$$W_{\Gamma} = \frac{3.6q_n}{U(1 + \delta_c)} \quad (4)$$

Для розрахунку продуктивності комбайна за формулами (3, 4) необхідно визначити показник пропускну здатності МСП, враховуючи вплив одиничних агробіологічних характеристик хлібостою культури, яку збирають. Пропускную здатність в свою чергу визначають враховуючи числові значення окремих коефіцієнтів.

Очевидно, що приведені характеристики хлібостою впливають на збільшення витрат потужності на одиницю обмолоченої хлібної маси.

Спеціалістам аграрного виробництва відомо, як приведені характеристики хлібостою, особливо забур'яненість впливає на зміну фізичних і функціональних параметрів скатної дошки, решітного стану, внутрішніх поверхонь клавів соломотряса. Рідина, що вижимается барабаном із сирової маси бур'янів вологістю 60-70% має високі адгезійні властивості та попадає на робочу поверхню грохота, решіт та внутрішні (робочі) поверхні клавів соломотряса. Це сприяє налипанню на них пилу, полови, подрібненої соломи і утворенню на поверхні (особливо скатної дошки) монолітної твердої поверхні інколи товщиною до 50-70 мм. Після чого скатна дошка втрачає свої функціональні характеристики відділяти зерно від полови. Для очистки скатної дошки від налипання бруду потрібні значні фізичні зусилля і спеціальні технічні пристрої, а також додатково до 4 годин робочого часу.

Неоднорідність товщини бруду по периметру скатної дошки є причиною дисбалансу і вірогідного обриву кріплень. Налипання бруду на робочих поверхнях решіт, соломотряса спричиняє підвищення втрат зерна за МПС комбайна. В свою чергу решітки бур'янів мають більшу масу, геометричні розміри і інші аеродинамічні властивості ніж половина та подрібнена солома і також є причиною підвищених втрат зерна.

Вплив соломистості, вологості і забур'яненості на пропускну здатність МПС можна визначити наступним чином:

– вплив соломистості (використовуємо обернене значення коефіцієнту):

$$q_{\phi 1 \max} = q_n \frac{1}{k_{1 \max}}; \quad q_{\phi 1 \min} = q_n \cdot \frac{1}{k_{1 \min}} \quad (5)$$

де $k_{1 \max}$ і $k_{1 \min}$ - відповідно максимальне і мінімальне значення коефіцієнту

впливу соломистості на пропускну здатність МПС комбайна;

- вплив вологості хлібостою (використовуємо обернене значення коефіцієнту):

$$q_{\phi 2 \max} = q_n \cdot \frac{1}{k_{2 \max}}; \quad q_{\phi 2 \min} = q_n \cdot \frac{1}{k_{2 \min}} \quad (6)$$

де $k_{2 \max}$ і $k_{2 \min}$ - відповідно максимальне і мінімальне значення коефіцієнту впливу вологості хлібостою на пропускну здатність МПС комбайна;

- вплив забур'яненості хлібостою:

$$q_{\phi 3 \max} = q_n \cdot k_{3 \max}; \quad q_{\phi 3 \min} = q_n \cdot k_{3 \min} \quad (7)$$

де $k_{3 \max}$ і $k_{3 \min}$ - відповідно максимальне і мінімальне значення коефіцієнту впливу забур'яненості хлібостою на пропускну здатність МПС комбайна;

Щоб отримати результуючий коефіцієнт впливу стану хлібостою слід врахувати що напрямок зміни значення коефіцієнту впливу має співпадати з напрямком його впливу на пропускну здатність. Тобто мініимальному значенню вологості, соломистості та забур'яненості відповідає максимальне значення пропускну здатності МСП.

Об'єднавши всі коефіцієнти впливу стану хлібостою пропускну здатність МПС комбайна можна виразити залежністю:

$$q_{\phi \max} = q_n \cdot \frac{k_{3 \max}}{k_{1 \max} \cdot k_{2 \max}}; \quad q_{\phi \min} = q_n \cdot \frac{k_{3 \min}}{k_{1 \min} \cdot k_{2 \min}} \quad (8)$$

Для врахування впливу соломистості автор [6] пропонує використовувати коефіцієнт k_1 , значення якого визначає із виразу:

$$k_1 = \frac{1 - c_0}{1 - c} = \frac{1 - 0.66}{1 - 0.64} = 0.94; \quad k_1 = 1 - 0.94 = 0.06 \approx 6\% \quad (9)$$

де c_0 , c – розрахунковий і фактичний вміст зерна у соломі, в долях одиниці.

Машино-випробувальні станції даний коефіцієнт визначають інакше:

$$k_1 = \frac{1}{0.6 \left(1 + \frac{1}{\delta_c} \right)} = \frac{1}{0.6 \left(1 + \frac{1}{1.5} \right)} = 1 \quad (10)$$

Розрахункові значення коефіцієнта, в залежності від соломистості подано на рис. 1 і таблиці 2.

Таблиця 2 - Вплив соломистості на значення коефіцієнту

δ_c	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
k_1	0.79	0.83	0.87	0.91	0.94	0.97	1.0	1.02	1.05	1.07	1.09
$\frac{1}{k_1}$	1.266	1.208	1.199	1.093	1.063	1.030	1.0	0.98	0.952	0.934	0.917

Як видно із таблиці 2 зміна соломистості від значення $\delta_c = 0.9$ збільшує коефіцієнт впливу k_1 від 0.79 до 1.09, тобто на 30%.

Вплив вологості хлібної маси на значення коефіцієнта впливу k_2 для забур'янених хлібостоїв зернових культур можна визначити із залежності [4]:

$$k_2 = \frac{\frac{100 - B_3}{100 - B_3^1} + \delta_c \cdot \frac{100 - B_c}{100 - B_c^1}}{1 + \delta_c} \quad (11)$$

де B_3 , B_c , B_3^1 , B_c^1 - відповідно нормативна кондиційна вологість зерна і соломи та їх фактичне значення, %.

Для розрахунків прийемо зміну вологості зерна B_3 від 20% до 13%, соломи B_c від 22% до 15%.

Таблиця 3 - Вплив вологості зерна і соломи на значення коефіцієнту

Показники	Вологість зерна і соломи, %							
	20	19	18	17	16	15	14	13
Зерно B_3	20	19	18	17	16	15	14	13
Солома B_c	22	21	20	19	18	17	16	15
Коеф. k_2	1.063	1.048	1.037	1.024	1.012	1.000	0.988	0.976
$\frac{1}{k_2}$	0.941	0.954	0.964	0.976	0.988	1.0	1.012	1.0245

Як свідчать дані таблиці 3 зменшення вологості зерна B_3 від 20 до 13% та соломи B_c від 22 до 15% знижує коефіцієнт впливу k_2 від 1.063 до 0.976 або на $\approx 9\%$.

У випадку забур'яненості хлібної маси значення коефіцієнта впливу k_3 визначається із залежності:

$$k_3 = \left[c_0 \frac{100 - B_3}{100 - B_3^1} + (1 - c_0 - \varepsilon) \frac{100 - B_3}{100 - B_3^1} \right] \cdot (1 + \varepsilon), \text{ чи } k_3 = -0.025 \cdot \varepsilon^{0.538} + 1.037 \quad (12)$$

де ε - вміст бур'янів у хлібній масі в долях одиниці.

Розрахункові значення впливу забур'яненості на показники коефіцієнта наведено в таблиці 4 за нормативних умов $B_3 = 15\%$, $B_c = 17\%$.

Таблиця 4 - Вплив забур'яненості хлібної маси на значення коефіцієнту

Показники	Відносна забур'яненість хлібної маси, %									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
k_3	0.976	0.957	0.943	0.929	0.912	0.882	0.875	0.868	0.850	0.840

В роботі [4] показано метод розрахунку пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою зернозбиральних комбайнів на прикладі ДОН-1500.

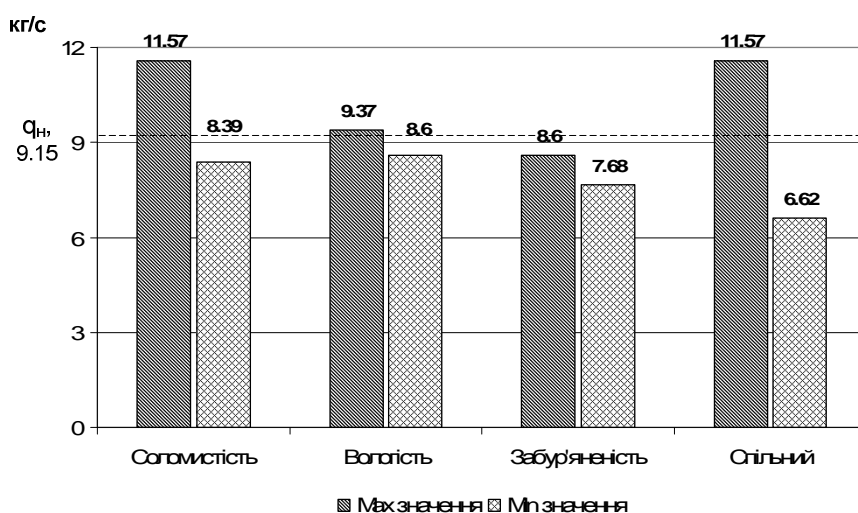


Рисунок 1 - Вплив окремих та спільних характеристик хлібостою на пропускну здатність МСП комбайна.

Спираючись на залежності викладені вище для прикладу визначимо пропускну здатність МСП ЗК ДОН-1500 за нормативних умов: урожайність $U = 4$ т/га, зернова культура – пшениця, вологість соломи $B_c = 17\%$, забур'яненість – 0% , вологість зерна $B_z = 15\%$, співвідношення зерно:солома – $1:1.5$, потужність двигуна $N_e = 173$ кВт, маса ЗК – 16.8 кН, ККД трансмісії $\eta_{TP} = 0.88$, коефіцієнт кочення $f = 0.12$, питома потужність обмолоту $N_{ПМ} = 9.1$ кВт·с/кг, $N_{ПП} = 2.1$ кВт·с/кг.

Розрахункові значення впливу коефіцієнтів на показники роботи МСП приведено в таблиці 5. Зокрема дані таблиці свідчать, що загальний вплив всіх коефіцієнтів на пропускну здатність МСП може сягати 43% .

Таблиця 5 - Розрахункові значення коефіцієнтів впливу на показники пропускну здатності МСП комбайна ДОН-1500.

Характеристика хлібостою	Значення						
	Δ_{\min}	Δ_{\max}	k_{\min}	k_{\max}	q_{\max}	q_{\min}	%
Соломистість	0.9	1.9	$\frac{0.79}{1.265}$	$\frac{1.09}{0.917}$	11.57	8.31	-27%
Вологість	15%	22%	$\frac{0.976}{1.026}$	$\frac{1.063}{0.94}$	9.38	8.60	-8.1%
Забур'яненість	5%	50%	0.976	0.84	8.60	7.68	-16.1%
Спільний вплив			1.265	0.724	11.57	6.62	-43%

Як видно із показників таблиці 5 і рис. 1 найбільший вплив на зниження пропускну здатності МСП має соломистість хлібостою. Зміна соломистості $\delta_c = 0.9 \dots 1.9$ відповідно призводить до зміни пропускну здатності від $q_{\phi_{\max}} = 11.57$ до $q_{\phi_{\min}} = 8.39$ кг/с. У процентному відношенні цей вплив складає 27.4% . Вплив забур'яненості при зміні від 5 до 50% знижує пропускну здатність МСП на 16.1% . Мінімальний вплив на пропускну здатність ЗК здійснює вологість зерна і соломи і складає 8.1% .

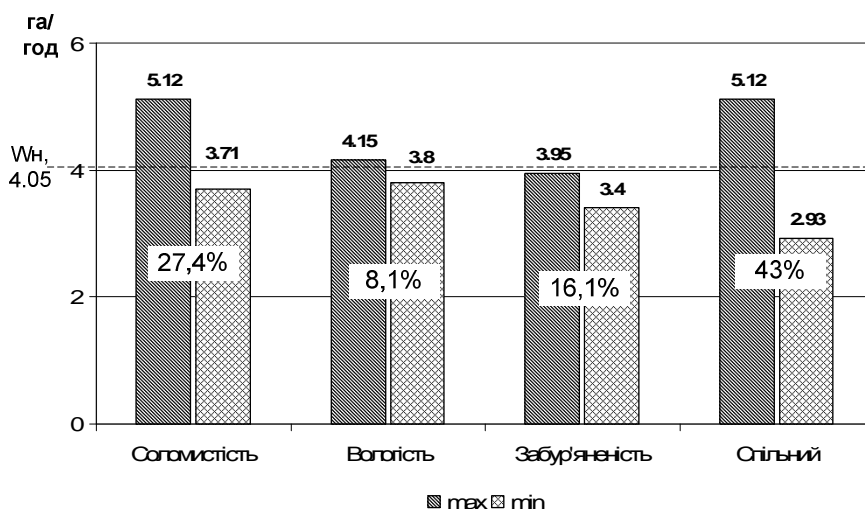


Рисунок 2 - Вплив окремих та спільних характеристик хлібостою на продуктивність ЗК за годину чистої роботи (га/год).

Розрахунок продуктивності комбайна ДОН-1500Б при нормативних характеристиках хлібостою за формулою (3) показав значення $W_n = 4.05$ га/год. Зміна соломистості від 0.9 до 1.9 впливає на продуктивність змінюючи її обернено пропорційно від 5.12 до 3.71 га/год. тобто змінюється на 27.5%.

Вологість при зміні від 22 до 15 % впливає на продуктивність в межах від 4.15 до 3.8 га/год. або на 8.4%, а зміна забур'яненості від 5 до 50% впливає відповідно в межах від 3.95 до 3.4 га/год. або на 14%.

Висновки

1. Розраховані межі ймовірних числових значень коефіцієнтів соломистості, вологості і забур'яненості зернового хлібостою.

2. Розраховані ймовірні межі зміни числових значень пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою комбайнів ДОН-1500 в залежності від впливу одиночних та спільного коефіцієнтів впливу. Найбільший вплив на змуну пропускної здатності МСП має соломистість хлібостою (в межах 27%), найменший вологість соломистої маси (в межах 8%). Забур'яненість суттєво впливає на пропускну здатність МСП і на збільшення механічних втрат за МСП (в 5-6 разів) у порівнянні із нормативним значенням (1%) від валового збору.

3. Розраховані ймовірні межі числових значень продуктивності за годину чистої роботи (га/год.) залежно від впливу одиночних і спільного коефіцієнтів.

4. Запропонований метод розрахунку продуктивності комбайнів залежно від вагомості впливу окремих коефіцієнтів або їх спільної дії дозволить прогнозувати ймовірну зміну продуктивності на конкретному полі і за термін жнив із мінімізацією біологічних втрат урожаю.

5. Зміна висоти зрізу хлібостою на 1-1.5 см збільшує пропускну здатність молотильно-сепаруючого пристрою комбайнів типу ДОН-1500Б на %, або на 0.1-0.12 кг/с., продуктивність відповідно на 0.04-0.05 га/1%. Підвищена забур'яненість хлібостою на 5% знижує пропускну здатність МСП комбайна на 0.147 кг/с., а продуктивність на 0.0065 га/5%.

6. Проведені розрахунки по впливу маси соломи в молотильно-сепаруючому пристрою комбайнів підтверджують експериментальні тести в Швеції.

Список літератури

1. Жалнин Э.В. Развитие учения В.П.Горячкина в области зерноуборочной техники //Техника в сельском хозяйстве №6. 2004, С.23-30.
2. Жалнин Э.В., Жикимбаев М.Ш. О переводе физических зерноуборочных комбайнов в эталонные //Тракторы и сельхозмашины №7 2009 С.37-40.
3. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. –М.: «Машиностроение», 1978. – С.332-334.
4. Демко А.А., Надточий О.В, Демко О.А. Метод визначення пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою зернозбиральних комбайнів із врахуванням зміни техніко-експлуатаційних характеристик //Техніка і технології №2. 2012 С.32-35.
5. Демко С.А. Визначення впливу терміну експлуатації зернозбиральних комбайнів на їх техніко-експлуатаційні характеристики. Автореферат дис...канд. техн. наук: 05.05.11 /Київ, 2007.–20 с.
6. Вajенин А.М. Пропускная способность молотили комбайна. Сб. научных трудов УИМЭСХ. 1965, выпуск 23 С.92-95.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛЕБНОЙ МАСЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Демко А.А., Демко А.А., Надточий А.В.

Рассчитаны границы изменений численных значений коэффициентов влияния соломистости, влажности, засоренности хлебостоя на изменение пропускной способности молотильно-сепарирующего устройства и производительность комбайна.

Abstract

INFLUENCE OF AGROBIOLOGICAL PROPERTIES OF PANARY ON THE PRODUCTIVITY OF COMBINE HARVESTERS

A. Demko, A. Demko., A. Nadtochiy

The calculated border of the change of the numerical importances factor influences straw, moisture, weed bread glade change to reception capacity threshers device and capacity of the combine.