

Міністерство
освіти і науки
України



Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
НДІ техніки та технологій
Факультет конструювання та дизайну
Механіко-технологічний факультет

ННЦ «Інститут аграрної економіки»
Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



***ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
VIII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«Інноваційне забезпечення виробництва
органічної продукції в АПК»
(11-14 серпня 2020 року)»
в рамках роботи
XXXII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2020»***



Київ – 2020

УДК 631.01.007

**ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

Ю. О. Черник, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Комбайн характеризується паспортною (розрахунковою) пропускною здатністю, яку прийнято визначати для кондиційної вологості зерна і не зернової частини урожаю (НЧУ), при збиранні чистої (без підгону бур'янів) озимої пшениці, коли розрахункова кількість зерна в масі, що підлягає збиранню має значення 0,40. Для визначення миттєвої пропускної здатності в реальних умовах збирання по відомій пропускній здатності для комбайнів класичної технологічної схеми використовується рівняння, запропоноване професором В.Г.Анитипінім:

$$g_B = \frac{g_P (1 - \alpha_P) [(100 - W_C) + (100 - W_3)]}{\frac{(100 - W_C) \cdot \varepsilon_C}{\varepsilon_C + 1} + \frac{\delta_K}{(100 - W_3)}}, \text{ кг/с}$$

де g_B – можлива миттєва пропускна здатність в конкретних умовах, кг/с;

g_P – паспортна (розрахункова) пропускна здатність, кг/с;

α_P – розрахунковий вміст зерна в масі, яка підлягає обмолоту, 0,4;

W_C – вологість НЧУ, %;

W_3 – вологість зерна, %;

ε_C – засміченість хлібної маси в частці одиниці;

δ_K – фактична солонистість культури, що підлягає обмолоту.

Вихідними даними для розрахунку техніко-експлуатаційних показників роботи комбайна в конкретних умовах збирання (на конкретному полі) є:

- 1) паспортна пропускна здатність комбайна;
- 2) максимально можлива швидкість руху комбайна (прийнята рівною 6 км/год);
- 3) потужність двигуна, кВт;
- 4) характеристики хлібної маси (урожайність зерна, урожайність НЧУ, вологість зерна, вологість НЧУ, засміченість, полеглість).

При розрахунку параметрів і режимів роботи комбайна необхідно врахувати вологість хлібної маси. Вологість зерна і НЧУ є одним із визначальних факторів для затрат праці і палива, втрат урожаю і пропускної здатності всіх ланок збирально-транспортного комплексу. Вона в значній мірі визначає технології збирання, структуру комбайнового парку, впливає на можливу тривалість роботи комбайнів на протязі доби. Вплив вологості зерна і соломи враховують різними способами. Наприклад, при визначенні фактичної продуктивності комбайнів використовується коефіцієнт використання часу зміни по погодних умовах. Нами прийнято найбільш загальний метод динамічного почасового моделювання вологості зерна і НЧУ в залежності від погодних умов.

Так як пропускна здатність виражається в кг/с, а при зміні вологості зерна і НЧУ змінюється маса матеріалу, то необхідно перераховувати “миттєву” урожайність зерна і НЧУ, як функцію від вологості:

$$V_K = \frac{V \cdot (100 - W_K)}{100 - W_M}, \text{ ц/га}$$

де V_K – урожайність “миттєва”, ц/га;

V – урожайність зерна, або НЧУ при кондиційній вологості, ц/га;

W_M – “миттєва” вологість зерна, або НЧУ, %;

W_K – кондиційна вологість зерна, або НЧУ, %.

Для моделювання вологості зерна і НЧУ існує кілька підходів, основні з яких викладено в роботі Войцеховского В.В. так як поставлена нами задача потребує вирішення з урахуванням динаміки зміни погодних умов, то найбільш придатним методом для нас є одержання погодинних значень вологості зерна і НЧУ, яке залежить від дефіциту вологості повітря. Метод моделювання дефіциту

вологості повітря викладено викладено вище. Вологість НЧУ в валках визначаємо за формулою Процера А.В.:

$$W_C = 1,6 + \frac{148}{D} - \frac{264}{D^2},$$

вологість НЧУ хлібостою визначається за формулою:

$$W_C = 8,2 + \frac{106,8}{D} - \frac{56,4}{D^2},$$

вологість зерна визначаємо за формулою:

$$W_3 = 8,3 + \frac{57,6}{D} - \frac{36,5}{D^2},$$

де W_C – вологість НЧУ, %;

W_3 – вологість зерна, %;

D – дефіцит вологості повітря, гПа.

По відомому значенні можливої пропускної здатності визначають можливу швидкість руху комбайна за формулою:

$$V = 360 \cdot \frac{g_B}{K_B \cdot B \cdot (V_3 + V_C)},$$

де V – можлива швидкість комбайна, км/год;

g_B – можлива пропускна здатність комбайна, кг/с;

K_B – коефіцієнт використання ширини захвату;

B – ширина захвату хедера, жатки, м;

V_3 – “миттева” урожайність зерна, ц/га;

V_C – “миттева” урожайність НЧУ, ц/га.

Якщо швидкість комбайна перевищує максимально допустиму для даних умов (по рельєфу і куту схилу в даному дослідженні прийнято швидкість 6 км/год, тоді миттеву швидкість $V(t)$ зменшуємо на величину ΔV . Величина ΔV вибирається в межах 0,01-0,10 км/год, в залежності від швидкості комп'ютера. Після цього йде перевірка по балансу потужності двигуна комбайна, тобто чи достатньо потужності для виконання технологічного процесу, на рух комбайна і візка.

Розрахунок складових енергобалансу виконуємо при допомозі слідуючих залежностей.

Рівняння енергобалансу комбайна можна записати в такому вигляді:

$$N_D = \varepsilon \cdot (N_{ХЖ} + N_{ХМ} + N_{ХС} + N_{РЖ} + N_{РМ} + N_{РС} + N_V), \text{ кВт}$$

де N_D – потужність двигуна комбайна, кВт;

ε – коефіцієнт запасу потужності двигуна ($\varepsilon=1,1$);

$N_{ХЖ}$, $N_{РЖ}$ – потужності, відповідно, на холостий і робочий ходи жатки, кВт;

$N_{ХМ}$, $N_{РМ}$ – потужності, відповідно, на холостий і робочий ходи молотарки, кВт;

$N_{ХС}$, $N_{РС}$ – потужності, відповідно, на холостий і робочий ходи механізмів обробки НЧУ, кВт;

N_V – сумарна потужність, на переміщення комбайна і візка, кВт.

Потужність на холостий хід жатки приймаємо пропорційною її ширині захвату. В результаті аналізу літературних джерел і обробки результатів випробувань на МВС одержана така залежність:

$$N_{\text{жж}} = 0,368 \cdot B, \text{ кВт}$$

де B – ширина захвату жатки, м.

Потужність на робочій хід жатки пропорційна фактичній подачі хлібної маси і визначається за виразом:

$$N_{\text{хм}} = 1,472 \cdot g_{\phi}, \text{ кВт}$$

де g_{ϕ} – фактична подача хлібної маси, кг/с.

Потужність на холостий хід молотарки для комбайнів різних класів з достатньою для практичних розрахунків точністю може бути прийнята постійною. Нами прийнято, що на один кілограм приведеної пропускну здатності необхідно 0,9 кВт потужності.

Потужність необхідна для робочого ходу молотарки в основному витрачається на процес обмолоту і залежить від подачі хлібної маси в молотарку. На основі аналізу даних літературних джерел, результатів випробувань комбайнів на МВС, нами одержана наступна залежність для визначення потужності:

$$N_{\text{рм}} = (-1,051 + 5,468 \cdot g_{\text{р}} - 0,316 \cdot g_{\text{р}}) \cdot g_{\phi} \cdot \exp(0,0951 \cdot \exp(0,912 \cdot g_{\phi})), \text{ кВт}$$

де g_{ϕ} – фактична пропуску здатність комбайна, кг/с.

Потужність на холостий хід засобів обробки НЧУ приймаємо як постійну величину, яка залежить тільки від конструктивних параметрів (копнувач, подрібнювач, капот).

Для копнувача потужність на холостий хід приймає рівною 1,5 кВт, для подрібнювача 2,2 кВт. Потужність на робочий хід засобів для обробки НЧУ суттєво залежить від подачі НЧУ і конструкції цих засобів.

Для копнувача використовується залежність:

$$N_{\text{рс}} = 11,04 \cdot \exp(0,04 \cdot g_{\phi} \cdot \frac{\text{sol}}{\text{sol}+1}), \text{ кВт}$$

де sol – соломистість.

Для подрібнювача:

$$N_{\text{рс}} = 11,04 \cdot \exp(0,20 \cdot g_{\phi} \cdot \frac{\text{sol}}{\text{sol}+1}), \text{ кВт}$$

Потужність на переміщення збирального агрегату визначаємо за формулою:

$$N_{\text{в}} = \frac{N_{\text{віз}} + N_{\text{букс}} + N_{\text{коч}}}{\eta_{\text{т}}}, \text{ кВт}$$

де $N_{\text{віз}}$ – потужність на переміщення візка, кВт;

$N_{\text{букс}}$ – потужність, що витрачається на буксування, кВт;

$N_{\text{коч}}$ – потужність на подолання опору перекочуванню комбайна, кВт;

$\eta_{\text{т}}$ – ККД трансмісії.

Потужність на переміщення візка визначимо як:

$$N_{\text{ВІЗ}} = \frac{P_{\text{ВІЗ}} \cdot V}{3,6}, \text{ кВт}$$

де $P_{\text{ВІЗ}}$ – сила опору перекочуванню візка, кН;

силу опору перекочуванню (кН) візка визначаємо за формулою:

$$P_{\text{ВІЗ}} = 0,01 \cdot (M_{\text{ВІЗ}} + M_{\text{СОЛ}}) \cdot f_{\text{КОЧ}}, \text{ кН}$$

де $M_{\text{ВІЗ}}$ – маса візка, кг;

$M_{\text{СОЛ}}$ – маса НЧУ, кг;

$f_{\text{КОЧ}}$ – коефіцієнт опору коченню.

V – швидкість комбайна, км/год.

Потужність, що витрачається на перекочування комбайна дорівнює:

$$N_{\text{КОЧ}} = \frac{P_{\text{КОЧ}} \cdot V}{3,6}, \text{ кВт}$$

де $P_{\text{КОЧ}}$ – сила опору перекочуванню комбайна, кН;

силу опору перекочуванню (кН) комбайна визначаємо за формулою:

$$P_{\text{КОЧ}} = 0,01 \cdot M_{\text{КОМБ}} \cdot f_{\text{КОЧ}}, \text{ кН}$$

де $M_{\text{КОМБ}}$ – маса комбайна, кг.

Потужність, що витрачається на буксування:

$$N_{\text{БУКС}} = \frac{(P_{\text{ВІЗ}} + P_{\text{КОЧ}}) \cdot V \cdot f}{100 - f}, \text{ кВт}$$

де f – буксування, %.

Якщо необхідна потужність більша ніж номінальна двигуна встановленого на комбайні, проводимо коректировку можливої пропускної здатності комбайна в сторону зменшення.

Після установки параметрів роботи зернозбирального агрегата в допустимому діазоні по швидкості і потужності, проводимо розрахунок його техніко-експлуатаційних показників: змінної та експлуатаційної продуктивності,

Ріст виробництва зерна залишається ключовою проблемою в розвитку сільського господарства. Рішення цієї проблеми передбачає підвищення врожайності зернових культур, а також збільшення продуктивності і кількості збиральних машин.

Максимальна продуктивність зернозбирального комбайна при необхідній якості роботи, тобто його пропускна здатність, при якій втрати зерна за молотилкою відповідають технологічному нормативу, визначається врожайністю і фізико-механічними властивостями збираємої культури при оптимальних параметрах і кінематичних режимах робочих органів комбайна: молотильного барабана, соломотряса, очистки і інше.

В працях І.В.Василенка, Г.І.Назарова, В.Г.Антипина, М.А.Пустігіна та інших науковців показано, що пропускна здатність комбайна не є постійною величиною, а залежить від неперервно змінюючих фізико-механічних властивостей збираємої культури: вологості, засміченості, соломистості ті інше.

При збиранні прямим комбайнуванням фізико-механічні властивості, особливо вологість коливаються в широкому діапазоні, внаслідок чого

кореляційний зв'язок товщини шару з втратами зерна за молотилкою становиться досить слабким. В результаті при одній і тій же товщині шару в таких умовах важливо безперервно автоматично коректувати установку регулятора.

Дослідження середовища і зернозбирального комбайну як об'єкту регулювання, обґрунтування алгоритму керування САР завантаження його робочих органів у відповідності з умовами збирання і потім вибір оптимальних параметрів системи, реалізуючий алгоритм керування, є основною задачею цієї роботи.

При побудові математичної моделі комбайну, як об'єкту регулювання, випадковий характер впливу викликає необхідність в використанні методів статистичної динаміки. Основні положення цих методів, що стосується модульних сільськогосподарських агрегатів, дані в роботах А.Б.Лур'є. наявність в структурі об'єкта нелінійностей ускладнює аналітичне дослідження системи і вимагає застосування для аналізу ефективності системи регулювання методів математичного моделювання з використанням комп'ютерів. Обґрунтування доцільності дослідження мобільних сільськогосподарських агрегатів такими методами і розробка їх основних положень применительно таким об'єктам виконані І. С. Нагорським.