

УДК 631.3

ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Тарасенко С.Є., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-88-95

Анотація – в статті представлено результати щодо шляхів енергозбереження при виробництві продукції рослинництва.

Ключові слова – енергозбереження, рослинництво, ефективність.

Постановка проблеми. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжується зростанням потреб в паливно-енергетичних ресурсах. Проте в економічних умовах, що склалися за останні роки, сільське господарство функціонуватиме в умовах енергетичної кризи, особливо в нафтопродуктах.

Енергетична криза надала енергетичному фактору ролі головного серед інших. Вона змушує перейти від парадигми трудозбереження (з її пріоритетом показників трудозатрати до парадигми енергозбереження). Це в свій час змусило провідні західні країни поводити рішучу боротьбу на зменшення енерговитрат на виробництво сільськогосподарської продукції. Тепер це в повній мірі турбує сільськогосподарське виробництво України. До кінця миного століття такої проблеми у нас не існувало.

Аналіз останніх досліджень. На весь обсяг робіт в сільському господарстві щорічно витрачалось 2800 тис. тонн бензину і понад 5200 тис. тон дизельного палива, що складає біля 12 млн. тон у.п., або 375 кг у.п. на 1 га ріллі і знаходилось на рівні ФРН та Франції [1].

Аналіз зарубіжного досвіду показує [1,2], що прямі енерговитрати в фермерських господарствах зарубіжних країн зростали і тільки в Англії вони знизились на 19%. Це було викликано нафтовою кризою, яка спонукала до необхідності економії паливно-енергетичних ресурсів. В інших країнах проведення політики енергозбереження розпочалось після другої нафтової кризи. Внаслідок цього витрати паливно-енергетичних

ресурсів (ПЕР) скоротились в Англії на 28%, США – 27%, Канаді – на 8%, а споживання палива з нафти відповідно – на 33%, 29% і 18%. В Франції і ФРН споживання ПЕР зросло відповідно на 8% і 12%, а витрати палива з нафти в Франції скоротились на 9%. В ФРН зросли на 3%.

Формулювання цілей статті. Оцінити шляхи енергозбереження при виробництві продукції рослинництва.

Основна частина. При виробництві сільськогосподарської продукції витрачається значна частина опосередкованої енергії, яка закладена в мінеральних і органічних добривах, отрутохімікатах, сільськогосподарських машинах, насінні, будівлях. За даними енергетичної оцінки технологічних процесів виробництва різних культур в умовах Лісостепу України опосередковані енерговитрати складають 40-72% сукупних енерговитрат. Таку ж частку опосередковані енерговитрати становлять в структурі сукупних енерговитрат країни Західної Європи і США. В Україні витрати енергії на одиницю продукції рослинництва в 2-4 рази більші ніж в Франції, ФРН та Англії. Тому пошук шляхів зниження енерговитрат є надзвичайно важливим. Умовно їх можна поділити на три напрями: агротехнологічні, технічні і організаційно-економічні. До агротехнологічного напрямку зменшення витрат палива можна віднести оптимізацію технологічних регламентів на вирощування сільськогосподарських культур стосовно умов, що склалися в сільському господарстві, мінімалізацію обробітку ґрунту, оптимізацію процесів внесення добрив, меліорантів та засобів захисту рослин тощо. Згідно з технологічними регламентами на вирощування зернових культур та збирання урожаю передбачено виконання понад 70 технологічних операцій, з яких 24-27 виконуються мобільними агрегатами безпосередньо в полі. Площа слідів цих агрегатів складає від 100 до 200 % площі поля. Поряд з перевитратами пального, це приводить до значного техногенного навантаження на ґрунт, його ущільнення, зниження родючості.

Аналіз технологій вирощування окремих культур за рубежом показує, що кількість проходів агрегатів по полю значно менша за рахунок застосування пестицидів і комбінованих машин.

Науковцями ННЦ «ІМЕСГ» розроблено алгоритми та програмне забезпечення енергетичної оцінки технологій за прямими та сукупними витратами енергії. Виконані розрахунки та аналіз структури енерговитрат показали, що на вирощування зернових та зернобобових культур витрачається 30-35% пального, а на збирання та післязбиральну обробку урожаю – 60-65%. Внесення високих доз органічних добрив під просапні культури

змінює структуру енерговитрат; на вирощування припадає 2/3 загальних енерговитрат, а на збирання 1/3. Тому пошук шляхів зменшення енерговитрат доцільно вести в першу чергу в тих процесах, виконання яких вимагає значних енерговитрат. Як приклад можна розглянути збирання зернових культур. Сьогодні в господарствах збирають весь біологічний урожай, витрачаючи значну частину пального на збирання соломи, стебел кукурудзи і їх закладання на збирання. На нашу думку частину соломи озимих культур, стебла кукурудзи на зерно та інших грубостебельних культур доцільно подрібнювати, розкидати по полю та приорювати. Це дозволить зменшити витрати пального на 25-30 кг/га поля де буде застосована така технологія.

Математичне моделювання роботи зернозбирального комбайна є досить складним процесом, і дослідженню його присвячено багато робіт. Суть сучасних методів визначення продуктивності і витрачання палива полягає в тому, що показники комбайна і показники умов збирання використовували як середні протягом доби [3,4].

В роботі [5] досліджено зміну протягом доби тільки вологості хлібної маси, яка впливає на пропускну здатність комбайна. Проте сучасні комбайни мають такі технічні параметри, які значною мірою впливають на експлуатаційні показники: об'єм зернового бункера, об'єм паливного бака, які змінюють масу комбайна протягом роботи на 20-30 %, що значно впливає на витрати потужності, отже і на витрати палива. Так, комбайн моделі 6350 фірми "Fendt" має об'єм зернового бункера 10500 л, комбайн Dominator-128 VX фірми "Claas" – 8000 л. Об'єм паливного бака сучасних вітчизняних і зарубіжних комбайнів складає 500...900 л.

На витрати палива впливає і кут схилу поля, тому що коефіцієнт буксування і коефіцієнт кочення мають різні значення при русі похилу вгору чи вниз. А такий вплив для комбайнів досліджено недостатньо. Такі обставини потрібно враховувати при моделюванні роботи комбайнів. Математичне моделювання роботи зернозбирального комбайна виконувалось на основі методів імітаційного моделювання, дослідження операцій і статистичної ідентифікації.

Нами розроблена методика моделювання роботи зернозбирального комбайна, яка полягає в визначенні техніко-експлуатаційних показників протягом доби з врахуванням зміни умов збирання (культура, технологія, урожайність, солонистість, забур'яненість, довжина гону, кут схилу) і технічних показників комбайна (пропускну здатність, маса, потужність двигуна, об'єм

зернового бункера, об'єм візка для соломи чи копнувача, об'єм паливного бака).

Зміст методики полягає в моделюванні роботи комбайна в просторі, мірилом якого взято довжину ділянки поля, яку проходить агрегат. Таким мірилом прийнято ділянку довжиною 100 м. Зроблено припущення, що зміна параметрів комбайна і умов збирання не буде суттєвою у часі на такій ділянці: виробіток комбайна і витрачання палива протягом збирання ділянки будуть незначно змінюватись, а показники роботи фіксуватись. Визначаючи показники роботи комбайна на таких ділянках протягом робочого дня і інтегруючи їх, можна одержати узагальнені техніко-експлуатаційні показники за добу. Для інтегрування застосовували відомий метод трапецій, тобто сумували середні показники роботи на ділянках. Модель складається з двох блоків: 1) витрачання потужності і 2) визначення продуктивності. В даній статті викладено метод першого блоку. Для визначення витрат палива при роботі зернозбирального комбайна використовують рівняння тягового балансу, яке складають для різних режимів роботи. Потім за регуляторною характеристикою двигуна визначають для цих режимів витрати палива (в кг за годину). Загальна методика рівняння тягового балансу наведена в [6].

Розглянемо рівняння тягового балансу самохідного зернозбирального комбайна. Потужність N_e , (кВт) що затрачується двигуном комбайна, витрачається так

$$N_e = N_{kr} + N_m + N_o + N_v + N_f \pm N_a + N_w + N_j, \quad (1)$$

де N_{kr} – потужність на тягу візка з соломною; N_m – втрати потужності в трансмісії; N_o – потужність на привод робочих органів і агрегатів комбайна; N_v – потужність на буксування; N_f – потужність на перекочування; N_a – потужність на подолання підйому; N_w – потужність на подолання опору повітря; N_j – потужність на подолання опору інерції.

Потужність на привод робочих органів і агрегатів комбайна складається

$$N_o = N_{жх} + N_{жр} + N_{молх} + N_{молр} + N_{подх} + N_{подр} + N_{копх} + N_{копр}, \quad (2)$$

де $N_{жх}$ – потужність холостого ходу жатки; $N_{жр}$ – потужність робочого ходу жатки; $N_{молх}$ – потужність холостого ходу молотарки; $N_{молр}$ – потужність робочого ходу молотарки; $N_{подх}$ – потужність холостого ходу подрібнювача соломи; $N_{подр}$ – потужність робочого ходу подрібнювача соломи; $N_{копх}$ – потужність холостого ходу копнувача; $N_{копр}$ – потужність робочого ходу копнувача.

Потужність на подолання опору повітря при лобовій площі машини менше 10 м^2 і швидкості руху менше 20 км/год можна знехтувати [5] тому що для сучасних комбайнів такі умови виконуються. При комплектуванні МТА в розрахунки включають потужність на подолання опору сил інерції тільки при торканні агрегата з місця. Для наших досліджень зростання потужності, а тому і зростання витрат палива, в момент торкання агрегата з місця триває досить мало часу, і такими розрахунками також можна знехтувати [6].

Кут схилу поля впливає на потужність на подолання підйому: при русі комбайна вгору вона додається до ефективної потужності, а при русі вниз – віднімається. Тому цей член рівняння (1) можна виключити. Проте буксування агрегату при русі вниз і вгору схилу буде різним, і при вирахуванні потужності на буксування кут схилу потрібно враховувати [7].

Відповідно до досліджень [7], для пневматичних рушіїв при русі по схилу вгору коефіцієнт буксування зростає на $0,96...1,12 \%$, а опору кочення – на $2,0 \%$ на 1 градус підйому по відношенню до руху по рівнині. При русі агрегату вниз ці коефіцієнти зменшуються на $0,2 \%$. Ці залежності і враховані в моделі рівняння тягового балансу комбайна. Тоді в рівнянні (1) три останні члени зправа еліміновані, і залишаються з восьми тільки п'ять членів. Наведемо методику визначення складових рівняння (1). Потужність на привод жатки(кВт):

$$N_{\text{ж}} = N_{\text{жх}} + N_{\text{жр}}; \quad (3)$$

$$N_{\text{жх}} = 0,368 \cdot B, \quad (4)$$

де B – ширина жатки, м.

$$N_{\text{жр}} = 1,472 \cdot q_{\text{ф}}, \quad (5)$$

де $q_{\text{ф}}$ – фактична пропускна здатність молотарки, кг/с , яка визначається за відомою формулою В.Г. Антіпіна (цей результат одержуємо у блоці 2 методики).

Потужність на привод молотарки (кВт):

$$N_{\text{мол}} = N_{\text{молх}} + N_{\text{молр}}; \quad (6)$$

$$N_{\text{молх}} = 0,9 \cdot q_{\text{р}}; \quad (7)$$

$$N_{\text{молр}} = 18,4 \cdot \exp(0,15 \cdot q_{\text{ф}}), \quad (8)$$

Потужність на привод подрібнювача соломи(кВт):

$$N_{\text{под}} = N_{\text{подх}} + N_{\text{подр}}; \quad (9)$$

Приймаємо, що $N_{\text{подх}} = 2,2 \text{ кВт}$, а

$$N_{\text{подр}} = 11,04 \cdot \exp [0,20 \cdot q_{\text{ф}} \cdot SL/(SL-1)], \quad (10)$$

де SL – солонистість хлібної маси.

Потужність на привод копувача (кВт)

$$N_{\text{коп}} = N_{\text{копх}} + N_{\text{копр}}. \quad (11)$$

Приймаємо, що $N_{\text{копх}} = 1,5 \text{ кВт}$, а

$$N_{\text{копр}} = 11,04 \cdot \exp [0,04 \cdot q_{\phi} \cdot SL / (SL-1)], \quad (12)$$

Потужність на переміщення візка з подрібненою соломою

$$N_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} \cdot V / 3,6, \text{ кВт}; \quad (13)$$

де $P_{\text{кр}}$ – сила опору кочення візка, кН; V – швидкість руху агрегату, км/год.

$$P_{\text{кр}} = [(M_{\text{віз}} + M_{\text{сол}}) \cdot g \cdot f_{\text{коч}}] / 1000, \quad (14)$$

де $M_{\text{віз}}$ – маса візка, кг; $M_{\text{сол}}$ – маса соломи у візку, кг; g – прискорення земного тяжіння, $9,81 \text{ м/с}^2$; $f_{\text{коч}}$ – коефіцієнт опору кочення:

на рівнині прийнято $f_{\text{коч}} = 0,09$;

при русі вверх $f_{\text{коч}} = 0,09 + 0,018 \cdot \alpha$;

при русі вниз схилу $f_{\text{коч}} = 0,09 - 0,0018 \cdot \alpha$.

Масу соломи можна визначити так(кг):

$$M_{\text{сол}} = W_{\text{віз}} \cdot K_{\text{віз}} \cdot \mu_c / 2, \quad (15)$$

де $W_{\text{віз}}$ – об'єм візка, м^3 ; $K_{\text{віз}}$ – коефіцієнт використання об'єму візка ($K_{\text{віз}} = 0,90$); μ_c – питома об'ємна маса соломи ($\mu_c = 30 \dots 35 \text{ кг/м}^3$).

Потужність на переміщення комбайна без візка

$$N_f = P_f \cdot V / 3,6, \text{ кВт}, \quad (16)$$

де P_f – сила опору кочення комбайна, кН

$$P_f = (M_k \cdot g \cdot f_k) / 1000, \text{ кН}, \quad (17)$$

де M_k – маса комбайна без візка з паливом і зерном в бункері, кг:

$$M_k = M_{\text{ке}} + M_z + M_{\text{п}}, \text{ кг}, \quad (18)$$

де $M_{\text{ке}}$ – маса комбайна експлуатаційна, кг; M_z – маса зерна в бункері, кг; $M_{\text{п}}$ – маса палива в паливному баку, кг; f_k – коефіцієнт опору кочення комбайна:

на рівнині прийнято $f_{\text{коч}} = 0,09$;

при русі вверх $f_{\text{коч}} = 0,09 + 0,018 \cdot \alpha$;

при русі вниз схилу $f_{\text{коч}} = 0,09 - 0,0018 \cdot \alpha$.

Потужність на буксування (кВт):

$$N_v = [(P_{\text{кр}} + P_f) \cdot V \cdot \delta] / [(1 - \delta) \cdot 3,6], \quad (19)$$

де δ – коефіцієнт буксування:

при русі на рівнині $\delta = 0,06$;

при русі вверх схилу $\delta = 0,06 + 0,06 \cdot \alpha$;

при русі вниз $\delta = 0,06 - 0,0012 \cdot \alpha$.

Потужність на подолання втрат в трансмісії (кВт):

$$N_m = (1 - \eta_{\text{тр}}) \cdot N_e, \quad (20)$$

де $\eta_{\text{тр}}$ – ККД трансмісії ($\eta_{\text{тр}} = 0,85 \dots 0,90$).

Виходячи з того, що $N_e = N_{\text{кр}} + (1 - \eta_{\text{тр}}) \cdot N_e + N_o + N_v + N_f$, після перетворень знаходимо:

$$N_e = (N_{\text{кр}} + N_o + N_v + N) / \eta_{\text{тр}}. \quad (21)$$

Моделювання виконують так.

1. Для ділянки довжиною 100 м визначимо продуктивність і можливу швидкість комбайна, кількість зібраного зерна і соломи, час на збирання ділянки. Ці величини визначаємо у блоці 2. Якщо бункер зерна наповнений, проводимо вивантаження зерна.

2. Використовуючи рівняння (1)-(21) визначимо ефективну потужність N_e комбайна.

3. За регуляторною характеристикою двигуна визначимо кількість витраченого палива на ділянці.

4. Уточнимо масу комбайна з урахуванням зібраного зерна і соломи (якщо використовують копнувач чи візок для соломи).

5. Якщо робоча зміна закінчилась, перейдемо до п. 6, інакше до п. 1 (до наступної ділянки).

6. Кінець.

Висновки. Використовування методики покажемо на прикладі збирання озимої пшениці комбайном КЗС-9 Славутич. Умови збирання: урожайність – 40 ц/га, солемистість – 1,6, забур'яненість – 0%, довжина гону – 800 м. Для таких умов типовими нормами визначено витрати палива $q = 3,43$ л/тону зерна [8], за даними випробувань (протокол УкрНДІВПТ) $q = 4,04$, а за результатами моделювання – $q = 3,94$ л/т. З цих даних видно, що різниця між даними випробування і моделювання складає менше 3 %, що можна пояснити деяким не співпаданням погодних умов моделювання і випробування. Величина нормативів значно занижена від реальних результатів.

Література

1. Бебіч Л. Роль «чистих технологій» у розв'язанні глобальних проблем енергетики / Лука Бебіч // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 16–25.
2. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем / Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, Ч. 4. – С. 303–312.
3. Жалнин Э.В. Технология уборки зерновых комбайновыми агрегатами / Э.В. Жалнин. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 207 с.
4. Русанов А.И. Конструктивно-технологические основы повышения технического уровня и дальнейшего развития зерноуборочных комбайнов : автореф. дис. ... докт. техн. наук ; 05.20.04 / НПО ВИСХОМ // А.И. Русанов. – М., 1991. – 64 с.
5. Грибинюк О.М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів

сільськогосподарського підприємства : Дис. канд. техн. наук ; 05.20.01, 05.20.03 / ІМЕСГ УААН // *О.М. Грибинюк.* – Глеваха, 1994. – 215 с.

6. *Веденятин Г.В.* Эксплуатация машинно-тракторного парка / *Веденятин Г.В., Киртбая Ю.К., Сергеев М.П.* – М.: Сельхозгиз, 1962. – 431 с.

7. *Ксенович И.П.* Тягово-сцепные качества крутосклонного трактора со всеми ведущими стабилизируемыми колесами / *И.П. Ксенович, А.И. Якубович, П.А. Амельченко, В.В. Гуськов* // Тракторы и сельхозмашины. – 1976. – № 2. – С. 6–8.

8. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи / Мінагрополітики України; Укראгропромпродуктивність. – К. : Фенікс, 2007. – 472 с.

ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Тарасенко С.Е.

Аннотация – в статье представлены результаты относительно путей энергосбережения при производстве продукции растениеводства.

WAYS OF ENERGY SAVINGS AT THE PLANT PRODUCTION

S. Tarasenko

Summary

Results concerning ways of energy saving at the plant production are presented in the paper.