JAN PAWLAK
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

GOSPODARKA ENERGETYCZNA W PRODUKCJI ROŚLINNEJ

Wstęp

Produkcja roślinna pochłania większość paliw ciekłych dostarczanych rolnictwu. W Polsce jej udział w zużyciu tych paliw wynosi 61,5%. W produkcji zwierzęcej zużywa się 14,6% i w obsłudze rolnictwa — 23,2%. Na cele bytowe przypada zaledwie 0,7% zużycia paliw ciekłych w gospodarstwach rolnych [29].

W ZSRR produkcja roślinna (wraz z transportem) zużywa ponad 80% produktów naftowych dostarczanych rolnictwu [25]. Na Węgrzech udział ten osiąga 85%, w byłej NRD 71%, zaś w Czechosłowacji 48% [7]. Powyższe liczby świadczą o randze problemu racjonalizacji gospodarki energetycznej w produkcji roślinnej.

W rolnictwie, a zwłaszcza w produkcji roślinnej większość energii otrzymuje się z promieni słonecznych Tylko niewielka część tej energii jest efektywnie wykorzystywana w procesie fotosyntezy. Nakłady energii z innych źródeł mają stymulować lepsze wykorzystanie energii słonecznej która z reguły nie jest uwzględniana w analizach energochłonności produkcji rolniczej [23]. Dlatego postulowanie bezwzględnego obniżenia nakładów energetycznych w rolnictwie nie ma uzasadnienia, tym bardziej, że udział rolnictwa w strukturze zużycia nośników energii przez gospodarkę narodową jest stosunkowo niski i wynosi np. w Polsce około 5% [31]. Udział rolnictwa w tworzeniu dochodu narodowego jest wyższy, niż w zużyciu energii [23]. Nie można zatem zakładać i oczekiwać obniżenia zużycia nośników energii w rolnictwie. Trzeba natomiast dążyć do jak najbardziej efektywnego ich wykorzystania.

Efektywność nakładów energetycznych

Efektywność nakładów energetycznych wyraża stosunek uzyskanej produkcji do poniesionych nakładów energetycznych [6, 23]. Można ją wyrazić za pomocą wzoru:

$$E = \frac{P}{Ne} \quad (1)$$

gdzie:

E — efektywność nakładów energetycznych (JZ/J, t/J, zł/J),

P — produkcja w jednostkach naturalnych, jednostkach zbożowych, mierniku pieniężnym lub energetycznym,

Ne — nakłady energetyczne w dżulach (J).

Wszystko to, co sprzyja zwiększeniu produkcji rolniczej, sprzyja także poprawie efektywności nakładów energetycznych. Trzeba uściślić, że chodzi tu wyłącznie o produkcję wykorzystywaną zgodnie z jej przeznaczeniem. W produkcji roślinnej interesować nas będzie zatem nie plon biologiczny, lecz ilość surowca pochodzenia roślinnego wykorzystana do produkcji żywności lub innych dóbr, po odliczeniu strat. Poprawę efektywności nakładów energetycznych można zatem uzyskać m. in. drogą zmniejszania strat [23].

Mniej jednoznaczny jest wpływ poziomu nakładów energetycznych na efektywność tych nakładów. Nakłady występują w mianowniku wzoru [1]. Zatem możnaby przypuszczać, że im niższy jest ich poziom tym wyższa efektywność. Istnieje jednak silna dodatnia korelacja pomiędzy poziomem nakładów energetycznych a poziomem produkcji [23]. Według Z. Wójcickiego w literaturze naukowej nie ma przykładów wzrostu ilości i jakości produkcji bez dodatkowego przypływu masy, energii i informacji, czyli bez dodatkowych nakładów energetycznych w postaci skumulowanej. Wszystkie nakłady wpływające na systematyczny rozwój produkcji muszą być ponoszone w rolnictwie w odpowiednich proporcjach i — co bardzo istotne — we wzajemnym powiązaniu [31].

Z poglądem tym wydają się kontrastować przykłady zmniejszenia zużycia bezpośrednich nośników energii w skali rolnictwa poszczególnych krajów bez spadku produkcji rolniczej lub nawet przy jej wzroście [4, 5]. Sprzeczność jest pozorna. W jednym bowiem wypadku chodzi o nakłady skumulowane, rozumiane bardzo szeroko — łącznie z ponoszonymi w sferze nauki, w drugim zaś o paliwa ciekłe.

Tempo przyrostu produkcji jest wolniejsze, niż tempo wzrostu nakładów energetycznych. I tak na przykład w ZSRR osiągnięcie w 1984 r. wzrostu globalnej produkcji rolniczej o 25% w stosunku do stanu z 1970 roku wymagało 2,1-krotnego zwiększenia zużycia energii w różnych postaciach [25].

Poprawę efektywności nakładów energii w produkcji roślinnej można osiągnąć poprzez:

— zwiększenie poziomu i poprawę struktury tej produkcji,
— doskonalenie technologii produkcji,
— poprawę eksploatacji sprzętu technicznego,
— doskonalenie konstrukcji maszyn i urządzeń,
— szkolenie kadr i upowszechnianie (propagowanie rozwiązań racjonalizujących gospodarkę energetyczną).

Rola poziomu i struktury produkcji roślinnej

Efektywność nakładów energetycznych w produkcji roślinnej jest dodatnio skorelowana z poziomem tej produkcji. Dążymy zatem do zwiększania plonów i zmniejszania strat w poszczególnych fazach procesu technologicznego.

Jednym ze stymulatorów wzrostu plonów jest poprawa warunków przyrodniczych, w tym zwłaszcza żyzności gleby. Warunki przyrodnicze można zmieniać tylko w ograniczonym zakresie, przy stosunkowo dużych nakładach pracy i środków [34].

Utrzymaniu żyzności gleby służą m. in. działania zapobiegające erozji wodnej i wietrznej. O znaczeniu tego problemu świadczą wyniki badań radzieckich [28]. Badania te wykazały, że ilość energii związanej w postaci biomasy na polu nie narażonym na działanie erozji wodnej wynosi 302200 MJ/ha, zaś na polu o takiej samej glebie, lecz poddanym w średnim stopniu działaniu erozji wodnej — już tylko 162602 MJ/ha. Straty z tytułu erozji wodnej wynoszą zatem 139598 MJ/ha, co stanowi 46% energii pozyskiwanej w postaci biomasy na polu, na którym erozja wodna nie wystąpiła.

Erozji wodnej i wietrznej można zapobiegać (a przynajmniej ograniczać jej działanie) poprzez stosowanie odpowiednich systemów uprawy, dobór roślin uprawnych i prawidłowe zmianowanie.

Wybór gatunków i odmian roślin i stosowany płodozmian ma oczywiście znaczenie nie tylko na obszarach narażonych na erozję. Specjaliści węgierscy [11] zwracają uwagę na zalety uprawy roślin wieloletnich, w porównaniu z jednorocznymi. Do zalet tych należy zmniejszenie liczby czynności uprawowych w skali rocznej. Autorzy radzieccy [6], powołując się na opracowanie niemieckie, postulują konieczność wyhodowania nowych odmian koniczyny, które dawałyby wysoki plon już w pierwszym roku i których okres użytkowania nie powinien być krótszy niż 3 lata.

Poprawie efektywności nakładów energetycznych w produkcji roślinnej sprzyja wprowadzenie do uprawy nowych, wysokoplennych odmian roślin uprawnych [15].

Ogromne znaczenie ma prawidłowy płodozmian. Dobry przedplon poprawia stan gleby i dlatego jej uprawa wymaga mniejszych nakładów pracy. Racjonalne następstwo roślin po sobie powoduje, że niektóre czynności uprawowe (na przykład głęboka orka) stają się zbędne lub mogą być zastąpione czynnościami mniej energochłonnymi. Utrzymanie dobrego stanu gleby w okresie pomiędzy uprawą dwóch roślin głównych na danym polu zapewnia stosowanie poplonów i międzyplonów. Na jednostkę masy produktów upraw głównych i poplonów przypada mniej czynności, a w konsekwencji i nakładów energii, niż przypadałoby na jednostkę samego tylko produktu głównego w wypadku zaniechania uprawy poplonu [11].

Typ płodozmianu wpływa bezpośrednio na energochłonność produkcji roślinnej. Badania wykazały, że w warunkach Wielkoposlki duże nasycenia płodozmianu zbożami, motylkowatymi i rzepakiem pozwala na uzyskanie bardzo korzystnego stosunku produkcji do nakładów. Nieco niższą efektywność osiąga się uprawiając buraki cukrowe, jeszcze niższą — przy uprawie kukurydzy na kiszonkę [30].

Autorzy radzieccy [6, 25] kładą nacisk na potrzebę dużego udziału roślin motylkowatych w strukturze zasiewów. Rośliny te, dzięki symbiozie z bakteriami wiążącymi azot z powietrza, wzbogacają glebę w ten składnik pokarmowy i powodują, że zapotrzebowanie na energię skumulowaną w nawozach mineralnych ulega obniżeniu. Rośliny motylkowate powinny dostarczać nie mniej, niż 25% pasz objętościowych.

Struktura zasiewów powinna być dostosowana do warunków klimatycznych i glebowych. Efektywność energetyczna produkcji tej samej rośliny uprawnej w poszczególnych regionach ZSRR różni się niekiedy pięcio-, a nawet sześciokrotnie [25]. Poprawie efektywności nakładów energetycznych sprzyja prawidłowe nawożenie mineralne i organiczne oraz ochrona roślin. Nawet gdy uwzględni się energię skumulowaną w nawozach mineralnych i pestycydach, produkcja roślinna na jednostkę nakładów energetycznych rośnie w miarę intensyfikacji chemizacji rolnictwa [6].

Poziom plonów, a w konsekwencji efektywność nakładów energetycznych w produkcji roślinnej, zależy w istotny sposób od wykonania prac w optymalnych terminach agrotechnicznych. Nieprzestrzeganie tych terminów związane jest ze stratami, co w rachunku końcowym zwiększa nakłady energii na jednostkę produkcji, a niekiedy powoduje konieczność powtórnego wykonania niektórych czynności rolniczych.

Po wczesnej głębokiej orce plon kukurydzy jest o 0,44 t/ha wyższy niż po późnym jej wykonaniu. Opóźnienie siewu kukurydzy obniża plony o 0,6—1,0 t/ha. Zła jakość orki, kultywatorowania i bronowania zmniejsza plony o 30—40% [7]. Podobnie jest w wypadku innych roślin.

Technologia produkcji a gospodarka energetyczna

Ogromne możliwości racjonalizacji gospodarki energetycznej tkwią w technologii produkcji poszczególnych płodów rolnych. Przez wybór właściwego wariantu technologii można uzyskać obniżenie poziomu i poprawę struktury nakładów energii, zmniejszenie strat produktów, wzrost plonów itp.

Obiektywna ocena technologii z punktu widzenia efektywności nakładów energetycznych może być dokonana tylko na podstawie analizy całego procesu produkcji. Rozwiązanie optymalne w zakresie jednego zabiegu, a tym bardziej czynności, może bowiem okazać się nieefektywne ze względu na powodowany jednocześnie wzrost nakładów przy innych zabiegach, przewyższający oszczędności z tytułu zastosowania tego rozwiązania [22, 25].

Zróżnicowanie poziomu skumulowanych nakładów energii przy produkcji zbóż w gospodarstwach indywidualnych na południu Polski, zależnie od zastosowanego wariantu technologii, wynosi 41% (jeśli za podstawę odniesienia przyjmie się wariant najmniej energochłonny) [17], zaś przy produkcji buraków cukrowych — odpowiednio 11% [16].

Najbardziej deficytowym źródłem energii są paliwa ciekłe z ropy naftowej. W związku z tym główny nacisk w działaniach oszczędnościowych kładzie się na racjonalne użytkowanie tych właśnie paliw [7].

Około 17% paliw ciekłych zużywanych w rolnictwie pochłaniają czynności uprawowe*. Z tego połowa przypada na orkę [4]. Dlatego w wyborze bardziej racjonalnych sposobów wykonywania uprawy roli upatruje się możliwości uzyskania szczególnie dużych oszczędności.

Wdrożenie nowych metod uprawy minimum na Węgrzech pozwoliło zaoszczędzić 30 do 40% paliwa w porównaniu do metod tradycyjnych. Minimalna uprawa szczególnie szeroko jest stosowana w USA. W istniejących tam warunkach zapewnia ona zmniejszenie zużycia paliwa o 33 kg na ha [20].

Zużycie oleju napędowego przy uprawie roli pod buraki cukrowe w przypadku zastosowania wariantu technologii, w którym stosowany jest pług odkładnicowy, wynosi 61,4—65,8 kg/ha. Zastąpienie pługa odkładnicowego ciężkim kultywatorem powoduje obniżenie zużycia oleju napędowego do 36,5—42,7 kg/ha [18].

Analogicznie przy uprawie kukurydzy na kiszonkę zużycie oleju napędowego w przypadku użycia pługa odkładnicowego do podstawowej uprawy roli wynosi 62,0—65,2 kg/ha, zaś po zastąpieniu pługa kulty-

* Według niektórych autorów [21] udział uprawy roli w zużyciu energii przez rolnictwo wynosi 30—40%.

watorem ciężkim — 35,5—48,4 kg/ha. Nie stwierdzono udowodnionych różnic plonów obu roślin w zależności od sposobu uprawy.

W Bułgarii opracowano i przebadano energooszczędne metody uprawy roli polegające na zastępowaniu, w niektórych okresach, orki płytką uprawą gleby (kultywatorowanie, talerzowanie, bronowanie), połączoną z okresowym spulchnianiem podglebia na głębokość 40—50 cm. Badania wykazały, że zastąpienie orki talerzowaniem obniża energochłonność o 30 do 80% [4].

Efekty oszczędnościowe można także uzyskać w wyniku zastosowania do wykonania danej czynności narzędzi lub maszyn różniących się cechami konstrukcyjnymi i zapotrzebowaniem na energię. O istnieniu takich możliwości świadczą wyniki badań przeprowadzonych we Włoszech [33]. Wynika z nich jednoznacznie, że jednostkowe zużycie energii przy spuchlnianiu gleby bronami obrotowymi jest o 30—45% wyższe, niż przy wykonaniu tej samej czynności przy użyciu motyk obrotowych. Do zapewnienia takiego samego stopnia rozdrobnienia gleby brony obrotowe wymagają o około 25% większej prędkości obrotowej przekazywanej z wałka odbioru mocy, niż motyki obrotowe.

Oszczędność energii w wyniku zastosowania siewu bezpośredniego zamiast pełnej uprawy wynosi 60—80% [7]. Jednakże z zaleceniem siewu bezpośredniego trzeba zachować daleko idącą ostrożność. Rezygnacja z uprawy gleby może bowiem sprzyjać zachwaszczeniu pól [25].

Stosowanie agregatów wieloczynnościowych jest jednym z najbardziej przyszłościowych rozwiązań powodujących oszczędności paliwa. Agregat wyposażony w elementy robocze do spulchniania gleby na głębokość 20 cm, frezowania na głębokość 11 cm i siewu nasion pochłania o 30% energii mniej niż odpowiednie maszyny i narzędzia wykonujące te czynności osobno. Szczególnie korzystne z punktu widzenia oszczędności paliw jest stosowanie agregatów wieloczynnościowych z napędzanymi elementami roboczymi.

Zwiększenia efektywności nakładów energetycznych przy zbiorze zbóż upatruje się m. in. w zastosowaniu metody zbioru całej biomasy w postaci rozdrobnionej. Pomysł nie jest nowy. Już w latach 60-tych ukazały się doniesienia o eksperymentach czechosłowackich w tej dziedzinie. W latach osiemdziesiątych pojawiły się publikacje na temat stosowania tej metody w Szwecji, a następnie w niektórych krajach Europy Zachodniej. Doświadczenia radzieckie [1] wykazują, że metoda zbioru całej biomasy pozwala na obniżenie nakładów energii o 23%. Umożliwia przeniesienie znacznej części prac do warunków stacjonarnych, co pozwala na zastosowanie energii elektrycznej zamiast deficytowych paliw ciekłych, wpływa zatem korzystnie na strukturę zużywanych nośników energii. Metoda ta nie może być jeszcze zalecana do szerokiego stosowania. Wymaga ona

dopracowania, zarówno od strony badań naukowych jak i rozwiązań konstrukcyjnych.

W gospodarstwach rolniczych nie wykorzystujących słomy na paszę i ściółkę produkt ten rozdrabnia się i przyoruje. Sieczkarnia polowa stosowana do rozdrabniania słomy zużywa 5,5 do 6,8 kg (6,4—7,9 dm^3) oleju napędowego na ha [2]. Zastosowanie szarpacza słomy w kombajnach zbożowych pozwala na wykonanie zbioru i omłotu ziarna oraz rozdrobnienia słomy w ciągu jednego przejazdu roboczego. Wzrost zużycia paliwa przez silnik kombajnu w związku z koniecznością napędu elementów roboczych szarpacza słomy wynosi od 5% (kombajn E 516) do 10% (kombajn E 512).

Nakłady energii przy rozdrabnianiu słomy zależą od przepustowości szarpacza [14]. W zakresie przepustowości słomy od 9 do 21,5 t/h zapotrzebowanie na moc rośnie z 7,6 do 18,0 kW, lecz jednostkowe nakłady energii maleją z 0,844 kWh/t (3,04 MJ/t) do 0,837 kWh/t (3,01 MJ/t).

Zastosowanie prasy zwijającej (bele walcowe o masie 300 do 600 kg) wraz z towarzyszącymi urządzeniami, zamiast tradycyjnej prasy tłokowej formującej bele prostopadłościenne o masie 12 do 20 kg daje zmniejszenie zużycia paliwa o około 30% [20].

Zbiór półsuchego siana za pomocą przyczep zbierających wyposażonych w urządzenia tnące z trzema lub pięcioma nożami wymaga nakładów energii o połowę mniejszych, niż zbiór sieczkarnią polową [24].

Zużycie oleju napędowego na 1 tonę półsuchego siana zebranego przyczepą zbierającą Horal Aktiv wynosi od 0,5—do 1,3 kg, podczas gdy sieczkarnią polową — od 1,2 do 2,3 kg.

Rola eksploatacji sprzętu rolniczego w racjonalizacji gospodarki energetycznej

Sprawą bardzo ważną jest właściwy dobór agregatów ciągnikowo-maszynowych z uwzględnieniem rozmaitych warunków pracy. Dążyć się powinno do stanu, w którym siła uciągu i wykorzystanie mocy ciągnika wchodzącego w skład agregatu osiąga wartość optymalną [20]. Ma to duże znaczenie, bowiem obniżenie wykorzystania mocy silnika o 10% powoduje wzrost zużycia paliwa o 4—5% [4].

W USA opracowano metodę, w której dane o oporach jednostkowych i zużyciu paliwa przy pracach uprawowych odnoszące się do 18-tu typów gleby wykorzystano do określenia zapotrzebowania mocy źródeł siły pociągowej niezbędnych do współpracy z konkretnymi maszynami i narzędziami uprawowymi oraz zużycia paliwa. Automatyzację obliczeń zapewnia program komputerowy, umożliwiający m. in. wyznaczanie zużycia

energii w danych warunkach przy poszczególnych czynnościach oraz w całym zabiegu uprawy w zależności od rodzaju stosowanych środków mechanizacji [3].

Sprawą bardzo ważną jest właściwy dobór środków przewozowych do rodzaju przewożonych materiałów i warunków pracy. Do przewozu ziarna od kombajnów zbożowych zaleca się stosowanie samochodów ciężarowych zamiast ciągników z przyczepami. Oszczędność paliwa z tego tytułu wynosi 10—15% [10].

Właściwie dobrany zestaw maszyn zagwarantuje minimalne zużycie paliwa tylko wówczas, gdy będzie zapewniona odpowiednia organizacja pracy.

Prawidłowa organizacja pracy ma tym większe znaczenie, im wyższymi parametrami technicznymi charakteryzują się stosowane środki mechanizacji. Z praktyki wynika, że z przyczyn technicznych, organizacyjnych, środowiskowych, a także z powodu niskich kwalifikacji obsługi wysokowydajny sprzęt zamiast wpływać na podniesienie wydajności i obniżenie nakładów energetycznych powoduje często zmniejszenie wydajności i wzrost tych nakładów [20].

Badania IBMER wykazują, że wykorzystanie czasu roboczego np. w pracach uprawowych nie przekracza 45—50%. Stan ten jest konsekwencją niewłaściwego doboru zestawów maszynowych do warunków pracy oraz błędów w organizacji pracy. Powoduje on wzrost nakładów na jednostkę wykonanej pracy sięgający 20—25%, a dla ciągników wyższych klas mocy — nawet do 35% [20].

Sterowanie procesami technologicznymi w rolnictwie przy uwzględnieniu kryteriów energetycznych ułatwia komputer. Znane są przykłady jego zastosowania m. in. przy organizacji zbioru zbóż [9]. Punktem wyjścia do automatycznego sterowania wykonaniem zabiegów jest projekt technologiczny. Postawione w nim cele, po uwzględnieniu ograniczeń, pozwalają na określenie zapotrzebowania na maszyny, pracowników, liczby godzin pracy kombajnu w ciągu dnia oraz zapotrzebowania na energię przy suszeniu ziarna.

Podstawą prawidłowego użytkowania środków technicznych jest znajomość warunków pracy maszyn, narzędzi i urządzeń, w których zużycie paliwa jest minimalne. Badania wykazały, że przy orce w miarę wzrostu prędkości roboczej powyżej 0,83 m/s obserwuje się malejący przyrost porowatości i spulchnienia gleby. W związku z tym efektywność zużytego paliwa przy prędkości 1,91 m/s jest mniejsza niż przy prędkości poniżej 0,83 m/s [13].

Optymalizując parametry procesów uprawy gleby, można zaoszczędzić do 9% zużywanego paliwa [21].

Duże możliwości obniżenia zużycia paliwa tkwią w poprawie użytko-

wania suszarni. Badania wykazują, że aż 77% suszarni w Polsce pracuje nieefektywnie, zużywając od 6,6 do 68% więcej paliwa na odparowanie 1 kg wody, niż podają dane katalogowe [29]. Najważniejszymi przyczynami nieprawidłowości są: nieprzestrzeganie reżimów eksploatacyjnych i uszkodzenia, które pochłaniają średnio 8% czasu pracy. Istnieje realna możliwość obniżenia nakładów energetycznych poprzez niedopuszczenie do nadmiernego przesuszenia ziarna. Jeżeli suszenia ziarna o wilgotności początkowej 20% nie przerwie się w chwili osiągnięcia wilgotności 14%, powodując jej dalszy spadek do 13% to zużycie paliwa wzrasta o 15,3% [8].

Uzyskanie wysokiej efektywności nakładów energetycznych w produkcji roślinnej nie jest możliwe bez zapewnienia niezawodnych dostaw paliw i energii oraz prawidłowej ich dystrybucji. Zakłócenia w dostawach powodują obniżenie produkcji na skutek niedotrzymania terminów agrotechnicznych. Niewłaściwy system dystrybucji paliw i smarów jest jedną z podstawowych przyczyn powstawania strat tych materiałów.

Poprawę stanu dystrybucji można uzyskać przez:

— zwiększenie liczby i wielkości rolniczych stacji paliw;
— skrócenie drogi paliw ciekłych od producenta do konsumenta i zmniejszenie liczby pośredników na tej drodze;
— bardziej racjonalne rozmieszczenie stacji paliw;
— udostępnienie rolnikom indywidualnym wszystkich stacji paliw znajdujących się na wsi [23].

Niezadowalający stan techniczny środków mechanizacji powoduje zwiększenie zużycia paliw w rolnictwie o 5 do 15% [34]. Głównymi przyczynami nadmiernego zużycia paliwa są:

— obniżona sprawność silnika z powodu zakłóceń w pracy układu zasilania, układu zapłonowego, wadliwej ich regulacji, usterek układu karbowo-tłokowego i rozrządu;
— zwiększone jałowe straty mocy pojazdu spowodowane wadliwą pracą mechanizmów przenoszenia napędu;
— niewłaściwy stan elementów roboczych maszyn i narzędzi.

Badania wykazały, że opór pługa P-5-35 przy grubości ostrzy lemiesza 1 mm wynosi 21,75 kN, zaś przy zwiększeniu tej grubości do 3 mm — 34 kN [4].

Cięcie łodyg nożem prawidłowo zaostrzonym pochłania 1/3 tej energii, którą zużywa się przy cięciu nożem tępym [19]. Prawidłowe utrzymanie stanu technicznego środków mechanizacji rolnictwa wymaga:

— racjonalnie zorganizowanego zaplecza technicznego, tak pod względem liczby jednostek obsługowych, jak i ich jakościowego wyposażenia w aparaturę i sprzęt diagnostyczny;
— zapewnienia dostaw pełnego asortymentu części wymiennych.

Dostatecznie gęsta sieć warsztatów ułatwia użytkownikom sprzętu korzystanie z usług, a jednocześnie stwarza warunki sprzyjające mniejszemu zużyciu paliwa także dzięki skróceniu drogi dojazdu do warsztatu. Obecna sieć warsztatów w Polsce warunków takich nie zapewnia.

Wpływ poziomu kwalifikacji kadr na gospodarkę energetyczną w rolnictwie jest trudno wymierny i dlatego nie zawsze dostrzegany. Ma jednak znaczenie kluczowe. Bez personelu o dobrych kwalifikacjach, odpowiednich do poszczególnych stanowisk pracy, niemożliwe jest osiągnięcie wysokiej efektywności nakładów energetycznych. Odpowiedni zasób wiedzy i umiejętności jest warunkiem prawidłowego wykorzystania możliwości stwarzanych przez dokonujący się postęp techniczny [23].

Szacuje się, że około 10% efektów przwidywanej racjonalizacji gospodarki energetycznej w rolnictwie polskim do 2000 r. zawdzięczać będziemy poprawie stanu szkolenia i doskonalenia kadr [32].

Wpływ konstrukcji maszyn na nakłady energii w produkcji roślinnej

W zakresie konstrukcji maszyn rolniczych obserwuje się dążenie do opracowania: a) środków energetycznych zużywających mniej paliwa i b) maszyn i urządzeń o mniejszym zapotrzebowaniu na energię [26].

Zmiana konstrukcji tłoków i cylindrów oraz udoskonalenie kształtu komory spalania w silnikach ciągników John Deere wraz z poprawą jakości innych zespołów i elementów pozwoliły na zmniejszenie jednostkowego zużycia paliwa o 15%. W ciągnikach typu 774 i 674 firmy Lamborghini z silnikami czterocylindrowymi o mocy 55 i 48 kW każdy cylinder wyposażono w oddzielną pompę — wtryskiwacz, zapewniającą oszczędne podawanie paliwa [26].

Zmniejszenie zużycia paliwa w ciągniku ZT 320/323 o 2—9% uzyskano dzięki zwiększeniu liczby przełożeń skrzyni przekładniowej i zostosowaniu szerokich opon [2].

W silnikach ciągników szwedzko-fińskich Volvo-Valmet 2105 z napędem na 4 koła (moc 120 kW) zastosowano nowy typ turbodoładowania, w którym następuje wymiana ciepła pomiędzy zasysanym powietrzem a gazami spalinowymi. Jednostkowe zużycie paliwa przez ten ciągnik wynosi 225 g/kWh [26].

Francuska firma Renault produkuje przyrząd umożliwiający wybór przełożenia i prędkości obrotowej, przy których w danych warunkach pracy ciągnik zużywa najmniej paliwa. Przyrząd o podobnym przezna-

czeniu, zastosowany w ciągnikach Massey Ferguson produkowanych w Kanadzie zapewnia zmniejszenie zużycia paliwa przy orce o 16—17%. W niedalekiej przyszłości oczekuje się upowszechnienia systemów sterowania automatycznego pracą pomp paliwowych za pomocą urządzeń elektronicznych. Wysoka czułość i precyzja tych urządzeń stanowi gwarancję wyboru optymalnych parametrów pracy silnika, a w konsekwencji — minimalizację zużycia paliwa [26].

Poprawa rozwiązań konstrukcyjnych sprzętu do uprawy roli może spowodować obniżenie zużycia paliwa o 15% [21]. Nowe rozwiązania polegają m. in. na wprowadzeniu pługów z odkładnicami romboidalnymi (Francja), ażurowymi (Niemcy), zmniejszeniu masy pługów do 200 kg na 1 m szerokości roboczej (Finlandia, Niemcy), zmniejszeniu tarcia odkładnic i lemieszy o glebę i ich oblepiania dzięki użyciu specjalnych wykładzin (USA, Japonia), automatycznej regulacji szerokości roboczej podczas pracy (Norwegia), wprowadzeniu elastycznego zawieszenia oraz zabezpieczeń korpusów i całego narzędzia od przeciążeń [12, 26].

Niektóre firmy europejskie produkują pługi zawieszane czołowo i z tyłu ciągnika (system „push-pull"). System ten poprawia warunki wykorzystania mocy ciągnika dzięki lepszemu rozłożeniu obciążeń na jego osie. Powoduje zmniejszenie zapotrzebowania mocy o 28% i zużycia paliwa o 30% [26].

Jakość spulchniania gleby za pomocą maszyn z obrotowymi, napędzanymi elementami roboczymi poprawia się w miarę zmniejszania odstępów pomiędzy tymi elementami; rośnie natomiast przy tym jednostkowe zużycie paliwa. Zmniejszanie odstępów pomiędzy elementami roboczymi jest celowe tylko do pewnych granic, zależnych od warunków glebowych [33].

Możliwości obniżenia nakładów energetycznych przy zbiorze zielonek sieczkarniami polowymi leżą w zastosowaniu materiałów o podwyższonych cechach wytrzymałościowych, gwarantujących zachowanie minimalnych promieni zaostrzeń krawędzi noży i stalnic, wyborze odpowiedniego kąta zaostrzenia noży i stalnic, prędkości cięcia, kąta ustawienia noża, szczeliny pomiędzy nożem a stalnicą [27]. Wpływ wielkości szczeliny jest tym istotniejszy, im większy jest promień zaostrzenia elementów roboczych.

Obniżenie energochłonności zbioru zielonek można także uzyskać przez zmniejszenie masy maszyn [2, 27] i udoskonalenie układu jezdnego [2, 5]. Wprowadzenie w kosiarce pokosowej E 303 przyrządów tnących nowego typu, zastosowanie szerszego ogumienia i zmniejszenie masy maszyny o 300 kg spowodowało obniżenie zużycia paliwa o 33% [2].

Podsumowanie

Racjonalizacja gospodarki energetycznej w produkcji roślinnej jest uwarunkowana działaniami w różnych dziedzinach. W gospodarstwach rolniczych działania te powinny być ukierunkowane na: a) podnoszenie poziomu produkcji poprzez poprawę żyzności gleb, wprowadzanie odmian roślin o wyższej produktywności, właściwy płodozmian, poprawę terminowości wykonania prac, racjonalną ochronę roślin, obniżenie strat; b) wprowadzenie energooszczędnych technologii procesów produkcji roślinnej; c) doskonalenie eksploatacji sprzętu rolniczego.

W przemyśle pracującym na rzecz rolnictwa i obsłudze techniczno-handlowej niezbędne jest: a) uruchomienie produkcji środków mechanizacji o zmniejszonym jednostkowym zapotrzebowaniu na energię; b) dostosowanie asortymentu produkowanego sprzętu do istniejącej struktury gospodarstw i warunków pracy; c) zapewnienie niezawodnych dostaw środków produkcji (w tym nawozów, środków ochrony roślin i nośników energii) oraz części wymiennych; d) zagęszczenie sieci stacji paliw zaopatrujących rolnictwo oraz warsztatów wykonujących naprawy sprzętu rolniczego; e) poprawa stanu dróg i łączności na wsi.

Wszelkie ulepszenia prowadzące do bardziej oszczędnej gospodarki energetycznej w produkcji roślinnej (zarówno te o charakterze inwestycyjnym, jak i bezinwestycyjnym) wymagać będą nakładów w różnej postaci i w różnych sferach: m. in. w przemyśle maszyn rolniczych, w placówkach naukowo-badawczych, w biurach konstrukcyjnych i projektowych, a także w szkolnictwie rolniczym i w sferze upowszechnienia wiedzy.

LITERATURA

1. Balabanov V.S., Kosačev G.G.: Netradicionnye sposoby uborki: Perspektivy, éffektivnost'. Mechanizacija i Elektrifikacija Sel'skogo Chozjajstva, nr 9, s. 18—21, 1986.
2. Baumhekel G.: Effektive Massnamhmen zur Sekung des Kraftstoffverbrauchs von Fortschritt Landmaschinen. Agrartechnik, vol. 37, nr 3, s. 120—122, 1987.
3. Bowers G.: Southeastern tillage energy data and recommend reporting. Transactions of the ASAE, vol. 28, nr 3, s. 731—737, 1985.
4. Burow I.: Oszczędzanie energii przy mechanizacji rolnictwa. Międzynarodowe czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 42—46, 1984.
5. Carillon R.: L'économie d'énergie dans l'agriculture française Bulletin Technique du Mechinisme et de l'Equipement Agricoles, nr 15—16, s. 35—38, 1987.
6. Dedaev G.A., Nasonov N.V., Zorina E.F.: Energetičeskaja ocenka pro-

izvodstva sena. Mechanizacija i Elektrifikacija Sel'skogo Chozjajstva, nr 7, s. 56—61, 1987.
7. Dimow S.: Współpraca krajów RWPG w dziedzinie oszczędzania zasobów energetycznych w rolnictwie. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 34—37, 1984.
8. Dmytrow E.: Środki i metody zmniejszania nakładów energetycznych w suszarniach ziarnowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, R. 33, nr 4, s. 7—12, 1987.
9. Grosse W.: Energetische Bezungspunkte zur automatischen Prozessführung in der Getreideernte. Agrartechnik vol. 37, n 4, s. 152—154, 1987.
10. Herman K.: Rationeller Energieeinsatz bei den Verfahren der Korn-und Strohernte in die DDR, Agrartechnik, vol. 35, nr 3, s. 99—101, 1985.
11. Izmendi D., Tocsegi P.: System energooszczędnego prowadzenia gospodarstwa w niesprzyjających warunkach przyrodniczych. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 39—42, 1984.
12. Jori I., Soos S.: Badania energooszczędnych modyfikacji pługa. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 73—77, 1984.
13. Kuczewski J., Kmieć A.: Badania zmian wybranych parametrów jakościowych orki przy różnych warunkach pracy agregatu. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, nr 4, s. 11—12, 1988.
14. Malř J.: Energetická náročnost úprawy slámy neseným drtičem na sklizeěči mlatičce. Zemědělska Technika, R. 32, nr 6, s. 331—334, 1986.
15. Malinow K.: Oszczędne i efektywne wykorzystanie zasobów surowcowych i energetycznych w rolnictwie. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 37—39, 1984.
16. Michałek R., Kowalski S.: Energochłonność różnych technologii produkcji buraków cukrowych w gospodarstwach indywidualnych. Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie, Mechanizacja i Energetyka Rolnictwa, nr 3, s. 21—33, 1986.
17. Michałek R., Kowalski S.: Energochłonność różnych technologii uprawy zbóż w wybranych gospodarstwach indywidualnych. Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie. Mechanizacja i Energetyka Rolnictwa, nr 3, s. 35—45, 1986.
18. Michel J., Fornstrom K., Borelli J.: Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugar beets dry beans and corn. Transactions of the ASAE, vol. 28, nr 6, s. 1731—1735, 1985.
19. O'Dogherty M., Gale G.: Labortatory studies of the cutting of grass stems. Journal of Agricultural Engineering Research, vol. 35, nr 2, s. 115—129, 1986.
20. Olszewski T.: O kierunkach poprawy efektywności zużycia energii w produkcji roślinnej. Mechanizacja Rolnictwa, R. 36, nr 2—3, s. 18—20, 1987.
21. Panov I.M., Orlov N.M.: Osnovnye puti sniženija energozatrat pri obrabotke počvy. Traktory i Sel'chozmašiny, nr 8, s. 27—30, 1987.
22. Pawlak J.: Rocjonalizacja gospodarki energią w pracach polowych. Mechanizacja Rolnictwa, nr 12, s. 3—5, 1986.
23. Pawlak J.: Koncepcja programu racjonalizacji użytkowania energii w latach 1991—2000 w rolnictwie. Cz. I i II IBMER, Warszawa, 1989.
24. Pick E., Sladky V., Chmelik K.: Zmniejszenie zużycia energii przy gromadzeniu zapasów siana. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 55—59, 1984.
25. Rodičev V.A.: Osnovnye napravlenija èkonomii toplivno-énergetičeskich resursov v rastenievodstve. Mechanizacija i Elektrifikacija Sel'skogo Chozjajstva, nr 9, s. 5—9, 1986.

26. Rodičev V.A.: Car'kova T.V: Energoékonomnye techničeskie sredstva za rubežom. Traktory i Sel'chozmašiny; nr 11, s. 55—57, 1986.
27. Roszkowski A.: Możliwości obniżenia nakładów materiałowo-energetycznych w sieczkarniach zbierających. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, R. 33, nr 2, s. 5—7, 1987.
28. Sakuri B.K., Danina E.G., Kockina L.S.: Zavisimost' količestva bioènergii ot intensivnosti biologičeskich processev v počvach pod vlijaniem èrozii. Vestnik Sel'skochozjajstvennoj Nauki, nr 3, s. 41—46, 1987.
29. Tymiński J., Kijowska W.: Gospodarka energetyczna w rolnictwie Mechanizacja Rolnictwa, nr 1, s. 1—18, 1986.
30. Wielicki W.: Badania nad sprawnością energetyczną systemów płodozmiennych. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria C, t. 77, z. 3, s. 89—96, 1986.
31. Wójcicki Z.: Jak poprawić sytuację energetyczną rolnictwa. Mechanizacja Rolnictwa, R. 36, nr 9, s. 6—7, 1987.
32. Wójcicki Z., Pawlak J.: Ocena potencjału techniczno-organizacyjnego racjonalizacji użytkowania energii w rolnictwie do 2000 r. IBMER, Warszawa 1989.
33. Zanche C. de, Lazzarin P.: Sull' assorbimento di energia delle zappatrici rotative e degli erpici rotanti. Ingegneria Agraria. An. 15, nr 3, s. 129—138, 1984.
34. Zaremba W.: Oszczędność energii w rolnictwie. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze, nr 5, s. 16—53, 1984.