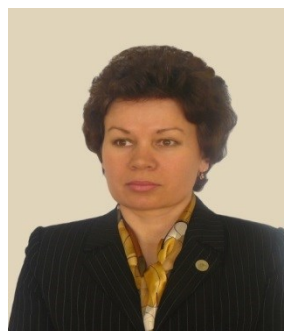


ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.153.4

Н.Н. Назаров, Н.С. Яковлев, И.В. Некрасова, М.С. Чекусов
N.N. Nazarov, N.S. Yakovlev, I.V. Nekrasova, M.S. Chekusov

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЗАТРАТАМ

CHOICE OF TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL SUPPORT OF CROP CULTIVATION REGARDING ENERGY CONSUMPTION

Ключевые слова: технологические процессы, технологические агрегаты, энергосбережение, мобильные средства, технологические машины, эксплуатация, удельная энергоёмкость.

Установлено, что для снижения рисков оценки эффективности технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур, связанных с колебаниями цен на топливно-смазочные материалы и стоимостью энергетических средств и технологических машин, а также стоимостью расходных материалов, целесообразно проводить оценку этих процессов по уровню энергозатрат на производство и эксплуатацию мобильных энергетических средств и технологических машин. Рассмотрены вопросы использования технологических машин по обозначенному критерию оценки их эффективности с мобильными энергетическими средствами, мощностью от 100 до 400 л.с. Выявлено, что при применении плуга ПЛН-4-35 (мощность энергетического средства до 110-145 л.с.) целесообразно использование четырёх типов энергетических средств: JD-6135, JD-6130D, CASE IH Maxxum-125 и New Holland-T6050 Delta, имеющих минимальные удельные энергоёмкости на уровне 249, 252, 262 и 267 МДж/га соответственно.

При применении на вспашке более мощной техники (210-240 л.с.) целесообразно использовать соответствующие технологические машины типа плуга разнотельного навесного ПРГ-3,0Н. В этом случае его агрегатирование возможно с тракторами JD-7830, JD-7930, New Holland-7060, Deutz Fahr Agrottron-L720, Claas Axion-850, имеющими близкие значения суммарной удельной энергоёмкости от 284 до 287 МДж/га. Эксплуатация тракторов мощностью 240-280 л.с. предполагает использование широкозахватных плугов ПРГ-5,4Н, ПЛН-8-35 и ППО-8-40 с использованием трактора МТЗ-2822 (140 МДж/га). Использование чизельного плуга ПЧ-4 является приоритетным при использовании тракторов (мощность 300-350 л.с.) New Holland-8040, МТЗ-3522 и JD-8310R в агрегате, имеющих минимальные суммарные удельные энергоёмкости (166-219 МДж/га). Наиболее энергоёмким при вспашке является эксплуатация чизельного плуга ПЧ-6, агрегируемого с тракторами мощностью 350-400 л.с. Суммарная удельная энергоёмкость при этом составляет 195-257 МДж/га. Перспективными энергетическими средствами являются: New Holland T8.390 (195 МДж/га) и K-744P2 (233 МДж/га).

Keywords: *technological processes, technological units, energy saving, mobile implements, technological machines, operation, specific energy intensity.*

It has been found that in order to reduce the risks of assessing the efficiency of technological processes of crop growing associated with the fluctuations in prices for fuel and lubricants and the cost of energy resources and technological machines as well as the cost of consumables, it is advisable to evaluate these processes by the level of energy consumption for the production and operation of mobile powered implements and technological machines. The issues of using technological machines according to the designated criterion for evaluating their efficiency with mobile powered implements with a capacity of 100 to 400 hp are considered. It has been found that when using the plow PLN-4-35 (the power capacity of the mobile powered implement up to 110-145 hp) it is advisable to use four types of mobile power machines: JD-6135, JD-6130D, CASE IH Maxxum-125 and New Holland-T6050 Delta that have

minimum specific energy intensity at the level of 249, 252, 262 and 267 MJ ha, respectively. When using more powerful machinery (210-240 hp) for plowing, it is advisable to use appropriate technological machines as variable-depth mounted plow PRG-3.0N. In this case, its coupling is possible with tractors JD-7830, JD-7930, New Holland-7060, Deutz Fahr Agrottron-L720 and Claas Axion-850 which have similar values of total specific energy intensity - from 284 to 287 MJ ha. The operation of tractors with a capacity of 240-280 hp involves the use of wide-span plows PRG-5.4 N, PLN-8-35 and PPO-8-40 using the MTZ-2822 tractor (140 MJ ha). The use of the PCh-4 chisel plow is a priority when using tractors (300-350 hp) New Holland-8040, MTZ-3522 and JD-8310R in the unit which have the minimum total specific energy consumption (166-219 MJ ha). The most energy-intensive when plowing is the operation of PCh-6 chisel plow coupled with tractors with a capacity of 350-400 hp. The total specific energy intensity amounts to 195-257 MJ ha. The promising energy resources are: New Holland T8.390 (195 MJ ha) and K-744R2 (233 MJ ha).

Назаров Николай Николаевич, д.т.н., вед. н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

Яковлев Николай Степанович, д.т.н., гл. н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

Некрасова Ирина Владимировна, с.н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: irnek@ngs.ru.

Чекусов Максим Сергеевич, к.т.н., директор, ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск, Российская Федерация, e-mail: 55asc@bk.ru.

Nazarov Nikolay Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

Yakovlev Nikolay Stepanovich, Dr. Tech. Sci., Chief Staff Scientist, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

Nekrasova Irina Vladimirovna, Senior Staff Scientist, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: irnek@ngs.ru.

Chekusov Maksim Sergeevich, Cand. Tech. Sci., Director, Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russian Federation, e-mail: 55asc@bk.ru.

Введение

При реализации технологий возделывания сельскохозяйственных культур реализуются соответствующие технологические процессы: вспашка, боронование, лущение, культивация, посев с одновременным внесением минеральных удобрений. Задача состоит в снижении рисков оценки эффективности технологических процессов возделывания этих культур, связанных с колебаниями цен на топливно-смазочные материалы и стоимостью энергетических средств и технологических машин, а также стоимостью расходных материалов. Поэтому на данном этапе исследований целесообразно проводить оценку этих процессов по уровню энергозатрат на производство и эксплуатацию мобильных энергетических средств и технологических машин [1-5].

Вопросы энергосбережения в рассматриваемых технологиях находят своё отражение в публикациях ведущих учёных Сибири при сравнительной энергооценке рабочих органов посевных машин [6], энергооценке машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений [7], на этапе сравнительной оценки комбикормовых агрегатов [8].

Рассматривая аспекты энергосбережения при использовании технологических агрегатов, мы должны учитывать, что весь объём работ в соответствующем технологическом модуле должен выполняться в определённые временные рамки, что предопределяет комплектование высокопроизводительных агрегатов, обеспечивающих выполнение требуемого объёма работ в заданные сроки. Возникающая двуединая задача требует своего логического разрешения [9] на

основе оценки значимости факторов, влияющих на выбор машинных технологий в растениеводстве [10, 11].

Целью работы является обоснование и выбор энергоэффективного технологического и технического обеспечения для реализации технологического процесса «вспашка».

Научная **задача** – оценить эффективность комплектования технологических агрегатов по критерию минимизации суммарных удельных энергозатрат при выполнении технологического процесса «вспашка».

Материал и методы исследований

Для определения антропогенной энергии производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин воспользуемся зависимостью [1-5]:

$$E_{iA} = E_{iпр} = (E_{iж} + E_{iм} + E_{iс} + E_{iт}) / W_{iсм}, \quad (1)$$

где (E_{iA}) энергетические затраты при выполнении и выборе частного (j -го) технологического процесса;

$E_{iпр}$ – удельные прямые затраты энергии на выполнение j -го ЧТП, МДж/га;

$E_{iж}$ – энергетические затраты живого труда при реализации j -го ЧТП, МДж/ч;

$E_{iм} + E_{iс} + E_{iт}$ – соответственно, энергоёмкость технологических машин, сцепок, тракторов в расчете на 1 ч сменного времени, МДж/ч;

$W_{iсм}$ – сменная производительность МТА в j -м ЧТП, га/ч.

Энергозатраты обслуживающего персонала

$$E_{жс}^j = \frac{n_{ij} \cdot A_{жс}^i + n_{ij}^* \cdot A_{жс}^{i*}}{W_{см}^j}, \quad (2)$$

где n_{ij} , n_{ij}^* – соответственно, число основных (трактористы, комбайнеры, шоферы) и вспомогательных (сеяльщики, прицепщики, грузчики) работников, чел.;

$A_{жс}^i$, $A_{жс}^{i*}$ – соответственно, энергетические эквиваленты затрат труда основных и вспомогательных работников, МДж/чел.-ч.

С учетом комплекса затрат по обеспечению функционирования работников могут быть приняты следующие энергетические эквиваленты на трудовые ресурсы, МДж/чел.-ч: трактористы, комбайнеры, шоферы – 60,8; вспомогательные работники – 33,3 [4].

Тракторы, автомобили и сельхозмашины являются средствами длительного пользования и переносят свою энергоёмкость на продукцию

сельского хозяйства в течение всего срока службы, подвергаясь периодически техническим обслуживаниям и ремонтам. При этом расходуются запасные части, ремонтные материалы, электроэнергия и т.д.

Поэтому удельную (в расчете на 1 ч работы) энергоёмкость тракторов, технологических машин и сцепок определяем по формулам (4)-(6):

$$E_m = \frac{M_m \cdot A_m}{100} \left[\frac{a_m}{T_{нм}} + \frac{a_{км} + a_{мм}}{T_{зм}} \right]; \quad (3)$$

$$E_M = \frac{M_M \cdot A_M}{100} \left[\frac{a_M}{T_{нМ}} + \frac{a_{ММ}}{T_{зМ}} \right], \quad (4)$$

где E_m , E_M – удельная энергоёмкость, соответственно, тракторов и технологических машин в расчете на 1 ч работы, МДж/ч;

a_m , a_M – норматив отчисления на реновацию, соответственно, тракторов и технологических машин, %;

$a_{км}$ – норматив отчислений на капитальный ремонт тракторов, %;

$a_{мм}$, $a_{ММ}$ – нормативы отчислений, соответственно, на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение тракторов и технологических машин, %;

$T_{нм}$, $T_{нМ}$ – нормативная годовая загрузка, соответственно, тракторов и технологических машин, ч;

$T_{зм}$, $T_{зМ}$ – зональная годовая загрузка, соответственно, тракторов и технологических машин, ч.

Согласно [12], энергетический эквивалент 1 кг физической массы тракторов и автомобилей принят на уровне 142,2 МДж, сельскохозяйственных машин – 116,1.

Нормативы годовой загрузки, отчислений на реновацию, капитальный и текущий ремонты, техническое обслуживание и хранение сельскохозяйственной техники взяты из [13], на основании которых проведены расчеты удельной энергоёмкости основных машин, применяемых в земледелии Сибири.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка и выбор технологического и технического обеспечения представлены на примере реализации технологического процесса «вспашка».

При оценке и выборе технологического и технического обеспечения при реализации технологических процессов в технологиях возделывания

вания зерновых культур мы исходили из принципа минимизации суммарной удельной энергоёмкости (МДж/га) и максимальной производительности агрегатов.

В соответствии с этим при реализации технологического процесса «вспашка» была проведена подобного рода оценка при использовании плугов с различными тяговыми классами мобильных энергетических средств (МЭС – до 110 л.с.) (рис. 1).

Анализ представленного материала показывает, что при эксплуатации плуга ПЛН-3-35 (мощность энергетического средства до 110 л.с.) целесообразно использование тракторов AGCO MF3640, ЮМЗ-6, а также МТЗ-80/82 и JD-5620, имеющих суммарные удельные энергоёмкости на минимальном уровне – 211, 215, 239, 232 МДж/га соответственно.

При применении плуга ПЛН-4-35 (мощность энергетического средства до 110-145 л.с.) (рис. 2) целесообразно использование 4 типов энергетических средств: JD-6135, JD-6130D, CASE IH Maxxum-125 и New Holland-T6050 Delta, имеющих минимальные удельные энергоёмкости на уровне 249, 252, 262 и 267 МДж/га соответственно.

Применение более производительных почвообрабатывающих орудий предполагает использование и более мощных энергетических средств. В данном случае речь идёт об использовании плуга чизельного ПЧ-2,5 и плугов ПЛН-5-35 и ПЛН-6-35, которые могут быть востребованы в лесостепной зоне Западной Сибири, реализующие как отвальную, так и безотвальную обработку почвы. В этом случае целесообразно применение энергетических средств мощностью 150-210 л.с. (рис. 3).



Рис. 1. Суммарная удельная энергоёмкость использования плуга ПЛН-3-35, МДж/га (мощность трактора – до 110 л.с.)



Рис. 2. Суммарная удельная энергоёмкость использования плуга ПЛН-4-35, МДж/га (мощность трактора 110-145 л.с.)

Графические зависимости показывают, что при эксплуатации из обозначенных технологических машин целесообразно использовать плуг чизельный ПЧ-2,5 при его агрегатировании следующими энергетическими средствами: Deutz Fahr Agrottron 165.7, Terrion ATM 4200, МТЗ-1525 и Terrion ATM 3180. Кроме минимальной суммарной удельной энергоёмкости, максимальная производительность агрегатов в обозначенном составе с энергетическими средствами отмечается также при его использовании. Принципиально возможно использование и других энергетических средств, эксплуатируемых в сельскохозяйственных предприятиях, например, МТЗ-2022 или МТЗ-1523, достаточно близких по энергетическим показателям с предлагаемыми выше.

При применении на вспашке более мощной техники (210-240 л.с.) целесообразно использовать соответствующие технологические машины типа плуга разноглубинного навесного ПРГ-3,0Н. В этом случае его агрегатирование возможно с тракторами JD-7830, JD-7930, New Holland-7060, Deutz Fahr Agrottron-L720, Claas Axion-850, имеющими близкие значения суммарной удельной энергоёмкости – от 284 до 287 МДж/га (рис. 4).

Дальнейшее увеличение мощности энергетических средств на вспашке связано с использованием широкозахватных плугов, типа плуга разноглубинного ПРГ-5,4Н, плугов ПЛН-8-35 и ППО-8-40. При этом суммарная удельная энергоёмкость их применения с энергетическими средствами соответствующего класса (МДж/га) достаточно сильно различается (рис. 5).

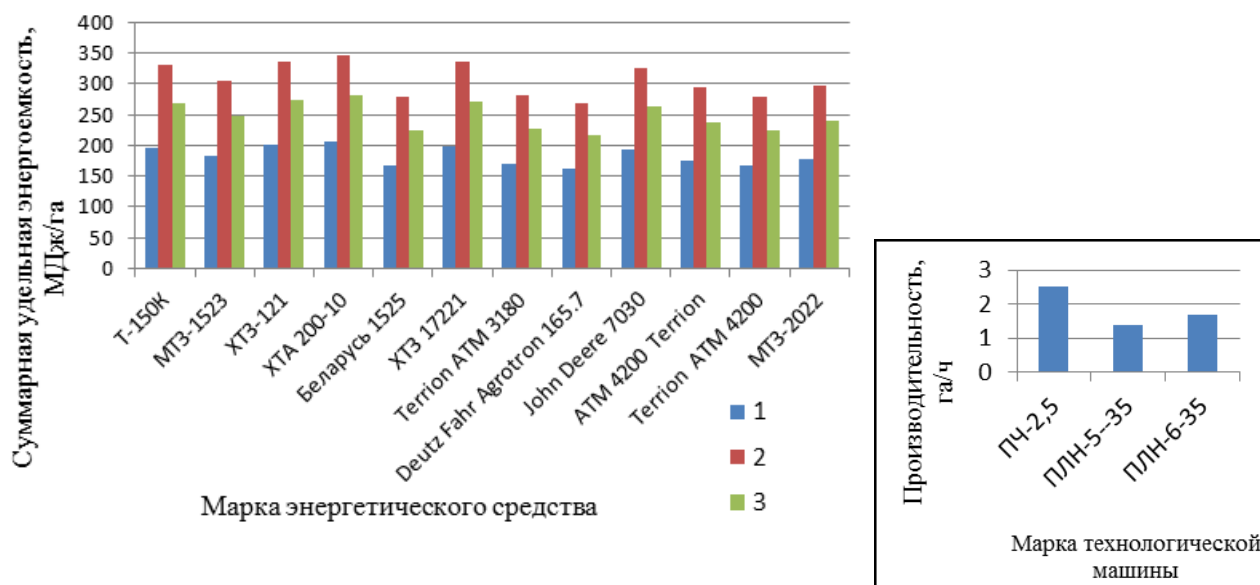


Рис. 3. Суммарная удельная энергоёмкость использования чизельного плуга ПЧ-2,5, плугов ПЛН-5-35 и ПЛН-6-35, МДж/га (мощность трактора 150-210 л.с.): 1 – чизельный плуг ПЧ-2.5; 2 – плуг ПЛН-5-35; 3 – плуг ПЛН 6-35

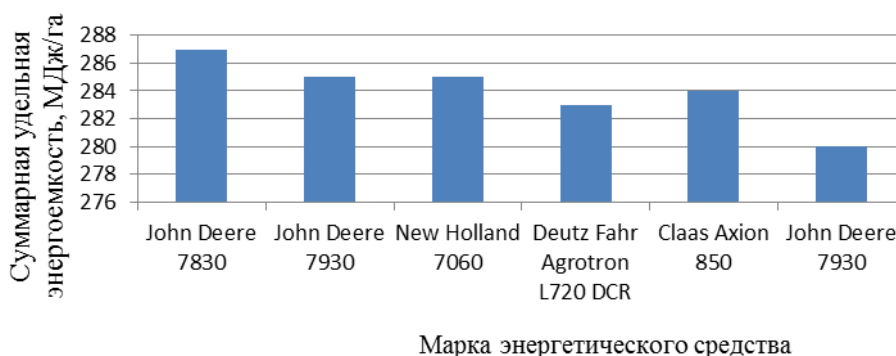


Рис. 4. Суммарная удельная энергоёмкость использования плуга разноглубинного навесного ПРГ-3,0Н (мощность трактора 210-240 л.с.)

Минимальная суммарная удельная энергоёмкость наблюдается при использовании плуга разноглубинного ПРГ-5,4Н, агрегируемого трактором МТЗ-2822 (140 МДж/га). Использование тракторов МТЗ-2522, К-700А «Славич», К-701 «Славич» и Terrior ATM 5280 с ПРГ-5,4Н возможно при их наличии в хозяйстве, но их суммарная удельная энергоёмкость достигает значений 232-257 МДж/га.

Важно при этом отметить, что производительность плуга ПРГ-5,4Н превышает производительность использования плугов ПЛН-8-35 и ППО-8-40 практически в 2 раза.

Чизельный плуг ПЧ-4, плуги ПЛП-9-40 и ПП-9-35 агрегируются с энергетическими средствами мощностью 300-350 л.с. Выбор агрегатов по минимизации суммарной удельной энергоёмкости на вспашке в зависимости от используемых энергетических средств носит достаточно сложный характер. Принципиально по обозначенному показателю эффективности использование чизельного плуга ПЧ-4 является приоритетным, причём он является лидером по производительности. При этом используются тракторы New Holland-8040, МТЗ-3522 и JD-8310R в агрегате, имеющие минимальные суммарные удельные энергоёмкости (166-219 МДж/га) (рис. 6).

В то же время трактор Террион АТМ 7360 имеет максимальную удельную энергоёмкость при его эксплуатации с обозначенными техноло-

гическими машинами (266 МДж/га), и его возможность использования на вспашке по предъявленному показателю ставится под сомнение. Положительно оценивается использование трактора New Holland 8040 в агрегате с плугами ПЛП-9-40 и ПП-9-35, имеющего сопоставимые показатели по удельной энергоёмкости в рассматриваемом процессе (193 МДж/га).

Наиболее энергоёмким при вспашке является эксплуатация чизельного плуга ПЧ-6, агрегируемого с тракторами мощностью 350-400 л.с. (рис. 8). Суммарная удельная энергоёмкость при этом составляет 195-257 МДж/га. Перспективными энергетическими средствами являются: New Holland Т8.390 (195 МДж/га) и К-744Р2 (233 МДж/га) (рис. 7).

В то же время проведённый анализ использования энергетических средств показывает, что отечественное тракторостроение не в состоянии конкурировать с зарубежными аналогами по показателю минимизации удельной энергоёмкости их производства.

На основании представленного выше материала произведен выбор наиболее эффективных, с точки зрения минимизации суммарных удельных энергозатрат при выполнении технологического процесса «вспашка» при возделывании зерновых культур, как энергетических средств, так и технологических машин (табл.).

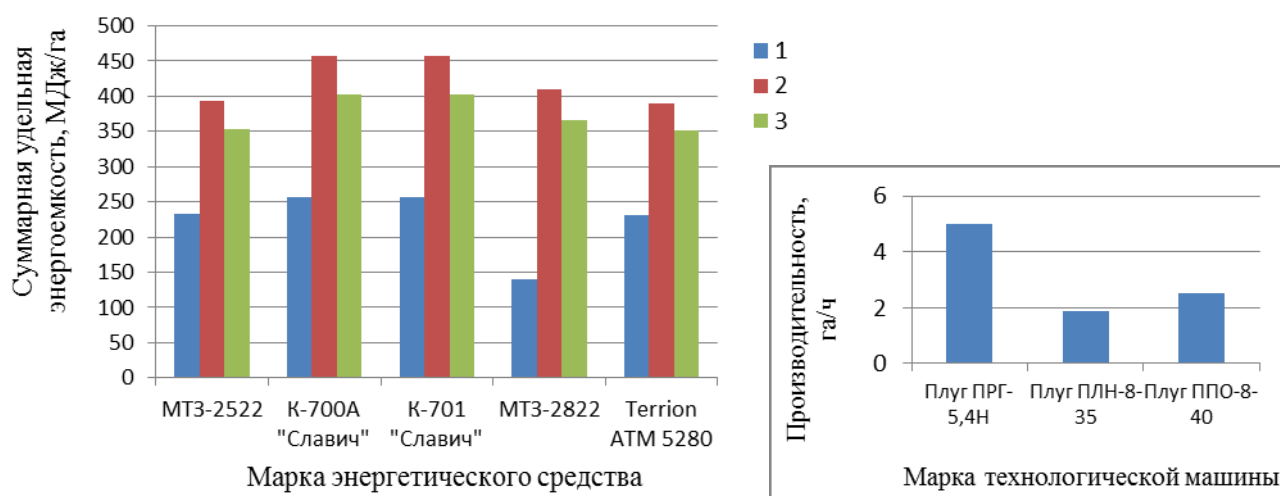


Рис. 5. Суммарная удельная энергоёмкость использования плуга разноглубинного ПРГ-5,4Н, плугов ПЛН-8-35 и ППО-8-40 (мощность трактора 240-280 л.с.):
 1 – плуг ПРГ-5,4Н; 2 – плуг ПЛН-8-35; 3 – плуг ППО-8-40

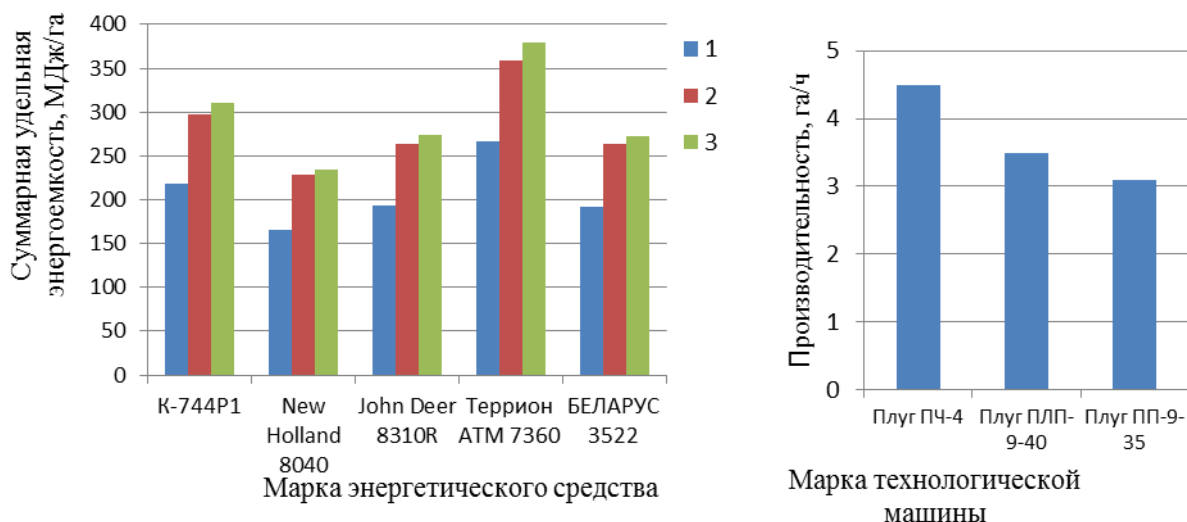


Рис. 6. Суммарная удельная энергоёмкость использования чизельного плуга ПЧ-4, плугов ПЛП-9-40 и ПП-9-35 (мощность трактора 300-350 л.с.): 1 – плуг ПЧ-4; 2 – плуг ПЛП-9-40; 3 – плуг ПП-9-35

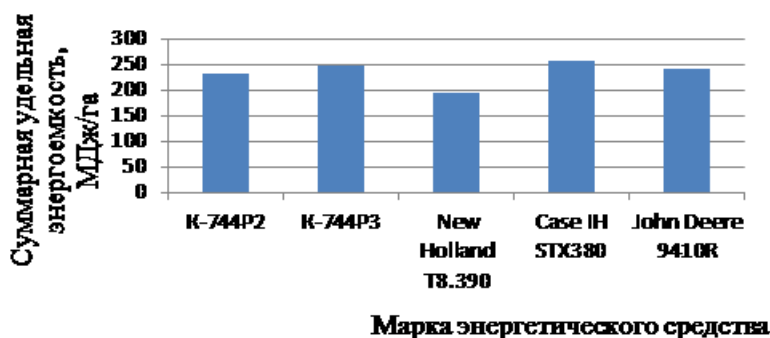


Рис. 7. Суммарная удельная энергоёмкость использования чизельного плуга ПЧ-6 (мощность трактора 350-400 л.с.)

Таблица

Сводные данные по перспективному использованию энергетических средств и технологических машин при реализации технологического процесса «вспашка»

Технологическая машина	Мощность энергетического средства, л.с.	Энергетические средства
Плуг ПЛН-3-35	До 110	AGCO MF-3640, ЮМЗ-6, МТЗ-80/82, JD-5620
Плуг ПЛН-4-35	110-145	JD-6135, JD-6130D, CASE IH Maxxum-125, New Holland -T6050 Delta
Чизельный плуг ПЧ-2,5, плуги ПЛН-5-35 и ПЛН-6-35	150-210	Deutz Fahr Agrottron-165.7, Terrion ATM-4200, МТЗ-1525 и Terrion ATM-3180
Плуг разноглубинный ПРГ-3,0Н	210-240	JD-7830, JD-7930, New Holland-7060, Deutz Fahr Agrottron-L720, Claas Axiom-850
Плуги ПРГ-5,4Н, ПЛН-8-35 и ППО-8-40	240-280	МТЗ-2522, К-700А «Славич», К-701 «Славич» и Terrion ATM-5280
Чизельный плуг ПЧ-4, плуги ПЛП-9-40 и ПП-9-35	300-350	New Holland-8040, МТЗ-3522 и JD 8310R
Чизельный плуг ПЧ-6	350-400	New Holland-T8.390, К-744P2

Выводы

1. Оценку эффективности комплектования технологических агрегатов целесообразно опре-

делять по критерию минимизации суммарных удельных энергозатрат в зависимости от мощности используемых мобильных энергетических

средств при эксплуатации соответствующих технологических машин.

2. Замена плугов для отвальной вспашки полей чизельными плугами позволяет при формировании машинно-тракторных агрегатов снизить энергетические затраты на 25-35%.

3. Предлагаемый методический подход может найти свое применение при формировании нормативно-технической документации в процессах технологического и технического обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Милаев, П. П. Системный биогеоэнергетический анализ процессов производства продукции земледелия: методические рекомендации / П. П. Милаев; РАСХН, Сиб. отд-ние, СибИМЭ. – Новосибирск, 2005. – 80 с. – Текст: непосредственный.

2. Жученко, А. А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: методологические и методические рекомендации / А. А. Жученко, В. Н. Афанасьев. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 128 с. – Текст: непосредственный.

3. Жученко, А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства / А. А. Жученко, А. Д. Урсул. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 304 с. – Текст: непосредственный.

4. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых материалов / БелНИИПА. – Минск, 1996. – 50 с. – Текст: непосредственный.

5. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1999. – 48 с. – Текст: непосредственный.

6. Яковлев, Д. А. Сравнительная энергооценка рабочих органов посевных машин для прямого посева в условиях различного увлажнения почв / Д. А. Яковлев, В. И. Беляев, Р. Е. Прокопчук. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 144-150.

7. Бачурин, Р. Н. Энергооценка машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений / Р. Н. Бачурин, В. И. Беляев, Д. Н. Пирожков. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аг-

рарного университета. – 2019. – № 11 (181). – С. 144-149.

8. Садов, В. В. Сравнительная оценка комбикормовых агрегатов на этапе концептуального проектирования / В. В. Садов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10 (156). – С. 144-150.

9. Основы теоретического обоснования продолжительности выполнения механизированных работ в растениеводстве / В. А. Завора, С. Н. Васильев, Н. С. Маликова, И. И. Бауэер. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 138-141.

10. Оценка значимости факторов, влияющих на выбор ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / Р. Ф. Курбанов, П. А. Савиных, В. Н. Нечаев, М. Л. Нечаева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 145-151.

11. Пирожков, Д. Н. Основы теоретического обоснования технического оснащения растениеводства аграрного предприятия // Д. М. Пирожков, В. И. Беляев, В. А. Завора. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137). – С. 166-169.

12. Миндрин, А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции / А. С. Миндрин; РАСХН, ВНИИТУСХ. – Москва, 1997. – 197 с. – Текст: непосредственный

13. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть. 2. Нормативно-справочный материал. – Москва, 1998. – 251 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Milaev P.P. Sistemnyi biogeenergeticheskiy analiz protsessov proizvodstva produktsii zemledeliya: metod, rekomendatsii / P.P. Milaev // RASKhN. Sib. otd-nie. SibIME. – Novosibirsk, 2005. – 80 s.

2. Zhuchenko A.A. Energeticheskiy analiz v sel'skom khoziaistve: (metodologicheskie i metodicheskie rekomendatsii) / A.A. Zhuchenko, V.N. Afanasev. – Kishinev: Shtiintsa, 1988. – 128 s.

3. Zhuchenko A.A. Strategiiia adaptivnoi intensifikatsii sel'skokhoziaistvennogo proizvodstva / A. A. Zhuchenko, A.D. Ursul. – Kishinev: Shtiintsa, 1983. – 304 s.

4. Metodika opredeleniia energeticheskoi effektivnosti primeneniia mineralnykh, organicheskikh i izvestkovykh materialov / BelNIIPA. – Minsk, 1996. – 50 s.

5. Metodika resursno-ekologicheskoi otsenki effektivnosti zemledeliia na bioenergeticheskoi osnove / VNIIZiZPE. – Kursk, 1999. – 48 s.

6. Iakovlev D.A. Sravnitelnaia energootsenka rabochikh organov posevnykh mashin dlia priamogo poseva v usloviakh razlichnogo uvlazhneniia pochv / D.A. Iakovlev, V.I. Beliaev, R.E. Prokopchuk // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 6 (188). – S. 144-150.

7. Bachurin R.N. Energootsenka mashinno-traktornogo agregata pri vnesenii zhidkikh mineralnykh udobrenii / R.N. Bachurin, V.I. Beliaev, D.N. Pirozhkov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 11 (181). – S. 144-149.

8. Sadov V.V. Sravnitelnaia otsenka kombikormovykh agregatov na etape kontseptualnogo proektirovaniia / V.V. Sadov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 10 (156). – S. 144-150.

9. Zavora V.A. Osnovy teoreticheskogo obosnovaniia prodolzhitelnosti vypolneniia mekhanizirovannykh работ v rastenievodstve / V.A. Zavora, S.N. Vasilev, N.S. Malikova, I.I. Baueer // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 2 (136). – S. 138-141.

10. Kurbanov R.F. Otsenka znachimosti faktorov, vliiaushchikh na vybor resursosberegaiushchikh tekhnologii v rastenievodstve / R.F. Kurbanov, P.A. Savinykh, V.N. Nechaev, M.L. Nechaeva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 2 (136). – S. 145-151.

11. Pirozhkov D.N. Osnovy teoreticheskogo obosnovaniia tekhnicheskogo osnashcheniia rastenievodstva agrarnogo predpriatiia // D.M. Pirozhkov, V.I. Beliaev, V.A. Zavora // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 3 (137). – S. 166-169.

12. Mindrin A.S. Ergoekonomicheskaiia otsenka selskokhoziaistvennoi produktsii / RASKhN. VNIITUSKh. – Moskva, 1997. – 197 s.

13. Metodika opredeleniia ekonomicheskoi effektivnosti tekhnologii i selskokhoziaistvennoi tekhniki. Ch. 2: normativno-spravochnyi material. – Moskva, 1998. – 251 s.



УДК 681.5.011

Ц.И. Калинин, Р.А. Куницын
Ts.I. Kalinin, R.A. Kunitsyn

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИКИ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕХОДНОЙ И ЧАСТОТНОЙ ФУНКЦИЙ

IDENTIFICATION OF AUTOMATION OBJECTS BY USING THE TRANSITION AND FREQUENCY FUNCTIONS

Ключевые слова: объект автоматике, идентификация, переходная и частотная функции, функция Лапласа, годограф.

Keywords: automation object, identification, transition and frequency functions, Laplace function, hodograph.