

И. И. Пиуновский

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь*

**НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА М. Е. МАЦЕПУРО
ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
(к 110-летию со дня рождения)**

Современное сельскохозяйственное производство является высокотехнологизированным, обеспечивающим выполнение основных технологических процессов производства продукции растениеводства и животноводства техническими средствами, при работе которых используются различные уровни энергетических ресурсов. Поскольку жидкие и газообразные виды энергетических ресурсов являются природными материалами и их наличие не беспредельно, то широкое использование для промышленных и бытовых нужд обуславливает необходимость их экономии. В последнее время многие специалисты называют энергосбережение залогом экономической безопасности страны. Только в 80-х годах прошлого века получил распространение энергетический анализ в сельскохозяйственном производстве, который ставил своей целью разработку ресурсо- и энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции. Эффективность потребления энергоресурсов в процессе сельскохозяйственного производства при таком энергетическом анализе обычно характеризуют показателем энергетической эффективности, представляющим собой отношение энергии, аккумулированной за счет фотосинтеза и биоконверсии, к полным затратам энергии, получаемой главным образом из невозобновляемых источников, на производство сельскохозяйственной продукции. В статье рассмотрена методология энергетического анализа технологических процессов и средств механизации сельскохозяйственного производства, предложенная академиком М. Е. Мацепуро и получившая название «принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации». Она включает показатели полезной энергоемкости при производстве продукции и коэффициент полезного действия рабочего органа или машинно-тракторного агрегата. Оптимальное сочетание этих показателей позволяет минимизировать расход энергии на выполнение технологического процесса, что является основой энергосбережения в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, энергоемкость, средства механизации, энергосбережение.

I. I. Piunovsky

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus*

**SCIENTIFIC HERITAGE OF ACADEMICIAN M. E. MATSEPURO
ON ENERGY CONSERVATION IN AGRICULTURE
(to the 110th birthday)**

Modern farming is highly mechanized, ensuring the fulfillment of basic technological processes of crop and livestock production by technical means, using their work with different levels of energy. Given that liquid and gaseous forms of energy are natural materials and their presence is not unlimited, it is necessary in every way to save them in connection with the extensive use of them for industrial and domestic use. Therefore, in recent years, many experts call energy saving the country's economic security. Only in the 1980s they began to conduct energy analysis in agricultural production, which was aimed at developing resource- and energy-saving technologies in agricultural production. The efficiency of energy consumption in the process of agricultural production in this energy analysis is typically characterized by the «energy efficiency», which is the ratio of energy stored by photosynthesis and bioconversion to the total energy costs for the production of agricultural produce, obtained mainly from non-renewable sources. The article describes the methodology of the energy analysis of technological processes and means of mechanization of agricultural production, proposed by Academician M. E. Matsepuro and dubbed «The principle of optimal energy consumption of technological processes and means of mechanization»,

including indicators of useful energy consumption in the production process and the efficiency of the working organ or machine-tractor unit. The optimum combination of these parameters helps to minimize the energy required to perform the technological process, which is the basis of energy conservation in agricultural production.

Keywords: agricultural production, energy consumption, means of mechanization, energy saving.

Введение

Современное сельскохозяйственное производство является высокомеханизированным, обеспечивающим выполнение основных технологических процессов производства продукции растениеводства и животноводства техническими средствами, при работе которых используются различные уровни энергетических ресурсов. Поскольку жидкие и газообразные виды энергетических ресурсов являются природными материалами и их наличие неограниченно, то широкое использование для промышленных и бытовых нужд обуславливает необходимость их экономии.

Использование энергетических ресурсов, источниками которых являются различные виды топлива: твердого, жидкого, газообразного, электричество, атомная энергия, возобновляемые виды энергии, химические реакции, природные явления и т. д., началось после того, как человечество научилось добывать огонь.

Наибольшее значение энергетические ресурсы приобрели в XX в., когда быстрыми темпами начали развиваться промышленность, сельское хозяйство, а также стали создавать новейшее вооружение для армии (самолеты, танки, автомобили, ракетные устройства и т. п.).

В сельском хозяйстве повсеместное применение получили тракторы, комбайны и автотранспортные средства, которые потребляют в основном твердое, жидкое и газообразное топливо, кроме стационарных машин в животноводстве, на привод которых используется электрическая энергия.

В 1970–1980 гг. прошлого столетия в мировой практике наметился топливный кризис. Это не могло не сказаться на резком сокращении энергоемких производств, особенно в сельском хозяйстве, например, по приготовлению травяной муки и искусственной сушки.

Научный подход должен быть преобладающим в сбережении энергетических ресурсов. В качестве одного из научных направлений в сбережении энергетических ресурсов в сельскохозяйственном производстве впервые академиком М. Е. Мацепуро было предложено оценивать работу тракторов, сельскохозяйственных машин или тракторных агрегатов по энергетическим параметрам, энергоемкости и коэффициенту полезного действия тракторного агрегата. Научная основа энергосбережения в сельскохозяйственном производстве была изложена в 1964 г. в постановочной статье «Принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации» [1, 2].

В эти же годы энергетический метод в исследовании комплексно-механизированных процессов в строительстве был предложен Д. М. Ярошевым [3].

В данных работах рассматриваются производственные процессы, в основе которых лежит переход энергии из одного вида в другой при взаимодействии различных видов энергии с материалами, меняющими в ходе процессов свои физические свойства и свое положение в пространстве.

Как в сельскохозяйственном производстве, так и в других отраслях для понимания существа производственных процессов необходим исследующий их физику и механику энергетический анализ, что позволит выявить скрытые в них закономерности и законы.

Современное развитие общества невозможно без значительных затрат энергетических ресурсов, основу которых составляют различные виды топлива: твердое, жидкое, газообразное и альтернативные источники энергии: солнечная радиация, ветер, вода рек, морские приливы и т. д. Если в начале прошлого века основными видами топлива были каменный уголь, дрова, торф, то уже в середине XX века основным видом топлива становятся продукты переработки нефти. В этот период проходит бурное развитие механизации в производстве продукции сельского хозяйства. Потребность в жидком топливе настолько возросла, что уже в начале второй половины двадцатого века в мире наступил топливный кризис. В сельскохозяйственном произ-

водстве приступили к сокращению технологических процессов, при выполнении которых использовалось большое количество жидкого топлива.

Необходимость экономии топлива стала возникать еще в начале 60-х гг. Тогда впервые в сельскохозяйственном производстве возникла научная проблема энергосбережения при производстве сельскохозяйственной продукции. По мнению академика М. Е. Мацепуро, в основе решения вопросов, связанных с разработкой и обоснованием теорий, технологий и сельскохозяйственной техники, применения машин, механизацией сельского хозяйства, должен лежать принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации – научно обоснованной энергоемкости технологических операций и процессов, агрегатов и машин.

Топливный кризис наступил в мировой экономике в 1973 г., когда стоимость жидкого топлива увеличилась в 400 раз и почти во всех странах был принят режим экономии. Однако академиком М. Е. Мацепуро почти за 10 лет до этого было принято решение создать для экономии топлива научное направление по энергосбережению в сельском хозяйстве. В его основу был положен принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации, сущность которого заключается в минимальных затратах энергии на получение требуемой продукции при максимальных условиях передачи энергии от двигателя к рабочему органу машины, выполняющему полезную работу. При этом количество энергии, затрачиваемой на получение полезной продукции, названо «энергоемкостью», а отношение энергии, используемой для получения полезного продукта, к полной энергии, затрачиваемой агрегатом, названо «коэффициентом полезного действия». В эти же годы математическая база энергетического метода оценки производственных процессов в строительстве была предложена Д. М. Ярошевым, который ввел понятие технического уровня средств механизации как отношение коэффициента полезного действия машины к энергоемкости. Таким образом, чем выше коэффициент полезного действия и чем меньше энергоемкость для получения полезной продукции, тем выше технический уровень средств механизации. Только в 80-х гг. прошлого века получил распространение энергетический анализ в сельскохозяйственном производстве, который ставил своей целью разработку ресурсо- и энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции. В качестве основного показателя, характеризующего энергоемкость процесса, технологии, комплекса или системы машин, сорта растений или породы животных, принималась «полная энергоемкость», представляющая собой сумму прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к объему производственной продукции или выполненной работы [4–8]. Эффективность потребления энергоресурсов в процессе сельскохозяйственного производства при таком энергетическом анализе обычно характеризуют показателем «энергетической эффективности», представляющим собой отношение энергии, аккумулированной за счет фотосинтеза и биоконверсии, к полным затратам энергии, получаемой главным образом от невозобновляемых источников, на производство сельскохозяйственной продукции [4].

Основным значением принципа оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации, предложенного академиком М. Е. Мацепуро, является вскрытие энергетической сущности производственных процессов в сельском хозяйстве, что дает возможность делать выводы о дальнейшем совершенствовании технологического процесса и конструкций средств механизации. В области научно-исследовательских работ этот метод позволяет вскрывать неправильный выбор показателей, односторонность выбранных исследований, недоучет взаимосвязей между исследуемыми показателями, а главное, использовать математический аппарат при изучении взаимодействия рабочих органов машин с обрабатываемой сельскохозяйственной средой.

Однако с усовершенствованием средств производства величина овеществленных затрат энергии изменяется, поэтому необходимы специальные исследования для их систематической корректировки.

Основная часть

При изучении взаимодействия рабочих органов машин и агрегатов с сельскохозяйственной средой при производстве продукции используются законы физики и механики.

Физическое учение об энергии основывается на открытом М. Ю. Ломоносовым законе сохранения энергии. Этот показатель Д. М. Ярошев назвал «энергопоглощаемостью» материала [3].

По мнению М. Е. Мацепуро, в сельскохозяйственном производстве энергоемкость является основным критерием технологичности и конструктивности машин и агрегатов. Большое значение энергетической оценке работы агрегатов придавал академик В. П. Горячкин [1, 2].

М. Е. Мацепуро отмечал, что коэффициент полезного действия тракторного агрегата зависит от конструктивных элементов и эксплуатационных условий, влияющих на его работу, и подразделяется на коэффициенты полезного действия, характеризующие как конструктивные, так и эксплуатационные параметры агрегата [1].

Когда академик М. Е. Мацепуро предложил методологию экономии энергоресурсов, одновременно с теоретическими исследованиями показателей машинно-тракторного агрегата, влияющих на энергозатраты при производстве технологических процессов, были проведены экспериментальные определения этих показателей в полевых условиях с использованием машин прежних лет выпуска. Для проверки высказанных теоретических положений проводились испытания машинно-тракторных агрегатов в совхозе «Заречье» Смолевичского района Минской области. Составляющие мощностного баланса агрегатов определялись с помощью самоходной тензометрической лаборатории на базе автомобиля ГАЗ-63. Кроме того, электрическими методами измерялись сопротивление рабочих органов, глубина обработки и скорость движения агрегатов. По результатам испытаний определялись показатели производительности $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$ агрегатов [9].

На примере выполнения технологического процесса почвообработки для навесного пахотного агрегата по результатам испытаний показатель $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$ был максимален в пределах $v_p = 1,35-1,45$ м/с. Это значение скорости соответствует и минимальным эффективным затратам энергии. С уменьшением глубины пахоты вследствие более медленного снижения КПД по сравнению с уменьшением энергоемкости \mathcal{E} отношение $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$ несколько увеличивается, причем его максимум смещается в сторону большей скорости.

Для прицепного агрегата с пятикорпусным плугом скорость, соответствующая максимальному значению $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$, ниже. При одной и той же глубине пахоты показатель $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$ прицепного агрегата выше, чем навесного. Это объясняется не только более высокой производительностью при одинаковой скорости движения прицепного агрегата с пятикорпусным плугом, но и меньшим удельным тяговым сопротивлением прицепного плуга. При этом пятикорпусной плуг, хотя и в прицепном исполнении, имея повышенную производительность по сравнению с навесным, но при незначительном повышении энергозатрат, становится эффективнее, что подтверждается показателем $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$. В этом и заключается объективность предложенного М. Е. Мацепуро принципа оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации.

Рассматривая исторический процесс развития средств сельскохозяйственного производства, можно представить, что технический прогресс связан с уменьшением КПД механизмов передачи энергии посредством их усложнения и уменьшения \mathcal{E} за счет улучшения рабочих органов и увеличения объема одновременно перерабатываемого материала (имеется в виду уменьшение энергозатрат на обработку единицы объема или веса материала). Аналогично происходит процесс совершенствования землеройных машин, для которых отношение $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$ непрерывно повышается. Снижение энергоемкости рабочих органов является закономерностью, отражающей один из важнейших процессов совершенствования сельскохозяйственной техники. Снижение энергоемкости должно приводить к более интенсивному росту производительности по сравнению с интенсивностью роста мощности привода. В то же время технологические процессы, осуществляемые рабочими органами, неразрывно связаны с механикой агрегатов. Поэтому при анализе эти две стороны производственного процесса неотделимы, и важно найти их рациональное соотношение, которое может наиболее полно характеризоваться показателями производительности $\frac{\eta_a}{\mathcal{E}}$. Эти исследования подтверждают мнение академика М. Е. Мацепуро о том, что при повышении коэффициента полезного действия агрегата и снижении затрат на полезную работу повышается эффективность машинно-тракторных агрегатов, экономно используются

энергоресурсы. При этом эффективное использование энергоресурсов в сельском хозяйстве может явиться эталоном при создании и постановке на производство механических средств, необходимых при производстве продукции растениеводства и животноводства. В этом случае коэффициент полезного действия показывает, насколько без потерь энергия передается от двигателя к рабочему органу машины, а энергоемкость свидетельствует о том, с какими затратами энергии происходит обработка сельскохозяйственного материала при производстве полезной продукции. В этом и есть суть эффективного использования энергоресурсов.

Заключение

Энергосбережение как научное направление в развитии сельского хозяйства было впервые предложено академиком М. Е. Мацепуро, в его основе должен лежать принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации, включающий не только энергозатраты на выполнение производственного процесса, но и конструктивность средств механизации. Лишь через два десятка лет был предложен другой метод энергетического анализа сельскохозяйственного производства, включающий прямые и овеществленные энергозатраты, связанные с затратами на непосредственное выполнение работ, а также с затратами энергоресурсов на всех дополнительных работах, вплоть до добычи ископаемых для приготовления сырьевых ресурсов: металлов, удобрений, ядохимикатов и т. п., с учетом их хранения. Однако каждая из методик энергетического анализа не исключает друг друга, а дополняет, причем первая больше относится к непосредственно выполненной технологической операции, а вторая – к суммарным затратам на весь технологический процесс производства сельскохозяйственной продукции. В настоящее время термин «энергосбережение» можно сформулировать как реализацию правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов и внедрение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Литература

1. Мацепуро, М. Е. Принцип оптимальной энергоемкости технологических процессов и средств механизации / М. Е. Мацепуро // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск, 1964. – Т. XII. – С. 276–290.
2. Горячкин, В. П. Собрание сочинений в трех томах / В. П. Горячкин. – М., 1965. – Т. I. – 720 с.
3. Ярошев, Д. М. Проблемы комплексной механизации и энергетический метод / Д. М. Ярошев. – М., 1964. – 186 с.
4. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. – Минск, 1994. – 221 с.
5. Жученко, А. А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. / А. А. Жученко, В. Н. Афанасьев. – Кишинев, 1988. – 130 с.
6. Кубышев, В. А. Основные направления разработки энергосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве: сб. тр. ВИЭСХ / В. А. Кубышев, В. И. Сыроватко. – М., 1985. – Т. 64. – С. 145–155.
7. Лихоцкий, Л. Экономия энергии при механизации сельского хозяйства / Л. Лихотский // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1981. – № 4. – С. 134–145.
8. Марочкин, В. К. Экономия топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве / В. К. Марочкин, Н. Д. Байлук. – Минск, 1987. – С. 76–84.
9. Дмитриев, А. М. К вопросу энергетической оценки машинно-тракторных агрегатов: Тр. ЦНИИМЭСХ / А. М. Дмитриев, И. И. Пиуновский, Н. И. Бохан. – Минск, 1969. – Т. VI. – С. 3–13.