3. Tehnologii i kompleks mashin dlja proizvodstva zernovyh kul'tur i soi v Amurskoj oblasti: Kollektivnaja nauchnaja monografija (Technologies and Machine Complex for Grain Crops and Soy Produce in the Amur Region: Collective Scientific Monograph), V.A. Til'ba, V.T. Sinegovskaja, A.N. Panasjuk, M.M. Prisjazhnyj [i dr.], Blagoveshhensk, Izd-vo: OOO «Agromaks-Inform», 2011,134 p., il.

УДК 631.3+631.5
ГРНТИ 68.29; 68.33
Кислов А.А., канд. техн. наук; Кислов А.Ф., канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск,
E-mail: alekkislov@mail.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

В статье предложена методика энергетической оценки технологических процессов в растениеводстве, предполагающая оценивать биологическую энергию всего урожая, произведенного на единице площади, с учетом потерь основной продукции, урожая пожнивных остатков, урожая сопутствующей и побочной продукции. Определение прямых затрат энергии предлагается осуществлять по энергосодержаниям используемых материалов, а косвенных – по энергоемкостям. Определение овеществленных энергозатрат предлагается осуществлять по фактическим срокам службы и фактическим наработкам. При этом предлагается учитывать синтезированную выросшими растениями солнечную и биологическую энергию, поступающую в почву с биологической массой растений.Предложенная методика повысит точность энергетической оценки в растениеводстве, позволит количественно оценивать энергетический баланс почв и даст объективную энергетическую оценку использования и содержания средств механизации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭНЕРГОЁМКОСТЬ, ЭНЕРГОСОДЕРЖАНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

UDC 631.3+631.5
Kislov A.A., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Kislov A.F., Cand. Tech. Sci.
Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk
E-mail: alekkislov@mail.ru

ENERGY ASSESSMENT PROCESSES IN PLANT GROWING

The article suggests energy evaluation methodology of technological processes in crop production, which assumes estimating the bioenergy of the harvest, gathered on each unit of area with taking into account the losses of major produce, harvest of stubble remains, harvest of accompanying and sideline products. The authors go on suggesting that determining of direct energy expenditure is to be done according to the energy content of the materials used in the production, and indirect ones – according to power intensity. Determining of materialized power inputs is to be done according to actual service life and groundwork. At the same time, the authors suggest taking into consideration solar and biological energy, synthesized by grown plants and entering soil with biological mass of plants.The suggested methodology will increase the precision of energy evaluation in crop production. It will also allow quantitatively evaluate the energy balance of soil and give a fair energy estimation of mechanization means and tools usage and maintenance.

KEY WORDS: POWER INTENSITY, ENERGY CONTENT, BIOENERGY, ENERGY EFFICIENCY

В современном растениеводстве наиболее перспективными и приоритетными направлениями развития являются энерго- и ресурсосбережение, экологизация и биологизация технологических процессов. Вся без исключения механическая энергия обеспечивается средствами механизации. Большая часть электрической энергии перед использованием преобразуется в механическую. Исходя из этого, проблему энергосбережения необходимо решать в сфере механизации.

Снижение тягового сопротивления рабочих органов всегда было и остается одной из приоритетных задач и направлений в механизации. В.П. Горячкин в [1] при создании теории всякого орудия на второе место ставил задачу: «Как должно добиться выполнения работы при возможно малой затрате усилия». Таким образом, основоположник классической земледельческой механики в свое время поставил задачу энергосбережения. Однако необходимо заметить, что никакая проблема, задача или мероприятие не могут быть успешно решены без объективной количественной оценки.

Сельскохозяйственное производство имеет ряд специфических особенностей существенно влияющих на количественную оценку энергетической эффективности:

1. Сельское хозяйство производит энергосодержащую продукцию, без учета которой оценка утрачивает всякую объективность.

2. Произрастающие растения в процессе синтеза органических веществ используют кинетическую (световую и тепловую) энергию солнца, которую тоже необходимо учитывать.

3. Основным средством производства в растениеводстве является почва, воспроизводимый энергетический ресурс. Поэтому энергию, поступающую в почву, необходимо считать полезной.

В подавляющем большинстве литературных источников энергетическая эффективность производства продукции растениеводства оценивается отношением количества энергии, содержащейся в конечном продукте, к количеству энергии, затраченной на ее производство, и определяется по формуле

$$К_Э = \frac{Э}{Е} \qquad (1)$$

где Э – энергосодержание произведенной продукции, Дж; Е – энергоемкость (затраты энергии) на производство полученной продукции, Дж.

Очевидно, что энергетическая эффективность имеет место при $К_Э>1$.

Наиболее объективной, точной и корректной следует признать оценку, изложенную в [2], разработанную ВИМ и ВАСХНИЛ. Но методика [2] имеет ряд недостатков, снижающих ее объективность:

1. Учитывает только энергоемкость основной продукции;

2. При определении прямых затрат энергии на использованные технологические материалы относит к ним и косвенные затраты на их производство, переработку, доставку, хранение и использование;

3. При исчислении косвенных (овеществленных) затрат используются нормативные отчисления, автоматически превращающие оценку в эквивалент экономической (дублируют существующие цены на средства механизации);

4. При расчетах затрат энергии на эксплуатацию и ремонт средств механизации используются нормативные и зональные годовые загрузки и сроки службы, тем самым делая их одинаковыми для всех хозяйств зоны или региона;

5. Не дает оценки энергии, поступающей в почву и окружающую среду в целом.

6. Не учитывает поглощённой растениями солнечной энергии.

Для устранения первого отмеченного недостатка энергосодержание произведенной продукции достаточно определять следующим образом

$$Э = Э_О + Э_{п.п.} + Э_{п.ж.} + Э_С + Э_П, Дж/га \qquad (2)$$

где $Э_О$ – энергосодержание основной продукции (зерна, корнеплодов и т.п.),

Дж/га; $Э_{п.п.}$ – энергосодержание потерь основной продукции, Дж/га; $Э_{п.ж.}$ – энергосодержание пожнивных остатков, Дж/га; $Э_С$ – энергосодержание сопутствующей продукции, Дж/га; $Э_П$ – энергосодержание побочной продукции, Дж/га.

Величину составляющих энергосодержаний, входящих в формулу (2), следует определять, используя соответствующие урожайности и удельные энергосодержания

$$Э_i = э_i \cdot У_i, Дж/га \quad (3)$$

где $э_i$ – удельные энергосодержания i-х видов продукции, Дж/т; $У_i$ – урожайность соответствующих i-х видов продукции, т/га.

К сопутствующим видам продукции относятся сорняки и уплотняющие растения. К побочной продукции относятся поукосные и повторно выращенные растения. При возделывании зерновых мятликовых для получения побочной продукции достаточно провести лущение стерни.

Для устранения второго указанного недостатка необходимо к прямым затратам относить только энергию, непосредственно использованную в технологических процессах и производстве в целом. То есть исчислять прямые затраты энергии энергосодержанием технологических материалов. Энергоемкости технологических материалов необходимо относить к косвенным затратам. Энергоемкости эксплуатационных материалов необходимо учитывать в тех случаях, где они используются (техническое обслуживание, ремонт и хранение МТП).

Энергосодержание эксплуатационных материалов, кроме топлива, на энергоемкость технологических процессов влияния не оказывает.

Исходя из изложенного, прямые затраты энергии необходимо определять следующим образом

$$Э_{ПР} = Э_Т + Э_{ТМ} + Э_Ж \quad (4)$$

где $Э_Т$ – энергетические затраты, обусловленные расходом топлива, Дж/га; $Э_{ТМ}$ – энергетические затраты, обусловленные использованием технологических материалов (семян, удобрений и т.п.), Дж/га; $Э_Ж$ – энергетические затраты живого труда, Дж/га.

Энергетические затраты на топливо можно определить по формуле

$$Э_Т = э_Т \cdot g_{га} \quad (5)$$

где $э_Т$ – энергосодержание топлива, Дж/л; $g_{га}$ – удельный расход топлива, л/га.

Расход топлива следует определять по формуле

$$g_{га} = \frac{G_{СМ}}{W_{СМ}} \quad (6)$$

где $G_{СМ}$ – фактический расход топлива за смену с учетом всех холостых переездов, заездов и стоянок, л; $W_{СМ}$ – сменная производительность агрегата, га.

Энергозатраты на технологические материалы определяются по формуле

$$Э_i = э_i \cdot Н_{гаi} \quad (7)$$

где $э_i$ – удельное энергосодержание i-го технологического материала, Дж/кг; $Н_{гаi}$ – фактический расход i-го технологического материала на единицу площади, кг/га.

Энергозатраты живого труда

$$Э_Ж = \frac{(n_М \cdot Э_М + n_В \cdot Э_В) \cdot Т_{СМ}}{W_{СМ}}, Дж/га \quad (8)$$

где $Э_М$ и $Э_В$ – удельные энергозатраты соответственно механизатора и вспомогательного рабочего, Дж/(чел.·ч); $n_М$ и $n_В$ – число механизаторов и вспомогательных рабочих обслуживающих агрегат, чел.; $Т_{СМ}$ – продолжительность смены, ч.

Косвенные затраты

$$Е_К = Е_{ТР} + Е_{СХМ} + Е_{СЦ} + Е_{ГСМ} + Е_{ТМ} + Е_{ТОР}, Дж/га \quad (9)$$

где $E_{ТР}$, $E_{СХМ}$, $E_{СЦ}$ – энергозатраты, обуславливаемые использованием МТП, соответственно тракторов, сельскохозяйственных машин и сцепок, Дж/га; $E_{ГСМ}$ – энергозатраты, обуславливаемые использованием эксплуатационных материалов (топлива, смазочных материалов, охлаждающих жидкостей и т.п.), Дж/га; $E_{ТМ}$–энергозатраты, обуславливаемые использованием технологических материалов (семян, удобрений, пестицидов и т.п.), Дж/га; $E_{ТОР}$ – затраты энергии на технологическое обслуживание, ремонт и хранение МТП, Дж/га.

Затраты энергии,связанные с использованием МТП

$$E_i = \frac{e_i \cdot M_i}{T_{Hi} \cdot W_Ч}, Дж/га \qquad (10)$$

где e_i – удельная энергоемкость единицы массы i-й составной части МТА (трактора, с.-х. машины, сцепки), Дж/кг; M_i – масса i-й части МТА, кг; T_{Hi} – фактическая наработка за срок службы i-й составной части МТА, ч; $W_Ч$ – часовая производительность агрегата, га/ч.

Затраты энергии на использование технологических и эксплуатационных материалов ($E_{ГСМ}$+$E_{ТМ}$)

$$E_i = e_{Mi} \cdot H_i \qquad (11)$$

где e_{Mi} – энергоемкость i-го материала, Дж/кг; H_i – расход i-го материала на единицу площади, кг/га.

Затраты энергии на техническое обслуживание, хранение и ремонт машин

$$E_{ТОР} = E_{ТО} + E_Р + E_{ХР} = \sum_{i=1}^{n} E_i, Дж/га \qquad (12)$$

где $E_{ТО}$–энергозатраты на техническое обслуживание, Дж/га; $E_Р$ – энергозатраты на ремонт, Дж/га; $E_{ХР}$ – затраты на хранение, Дж/га.

Составляющие энергозатрат необходимо определять следующим образом

$$E_i = \frac{E_{МТБi}}{T_С \cdot W_Ч} + \frac{e_{ПР} \cdot n_{ПРi}}{W_{Hi}}, га/ч \qquad (13)$$

где $E_{МТБi}$ – энергоемкость материально-технической базы (здания, сооружения, оборудование, а также их содержание, МТБ), Дж; $T_С$ – фактический срок службы составных частей МТБ, ч; $W_Ч$ – часовая производительность элементов МТА, га/ч; $e_{ПР}$ – энергоемкость проведения i-й операции (по ТО, ремонту, хранению), Дж; $n_{ПРi}$ – число i-х мероприятий за период наработки W_{Hi}; W_{Hi} – наработка i-й составной части МТА, ч.

Энергоемкость материальной технической базы при ремонте и хранении определяется с учетом занимаемой площади или объема.

Определение количества энергии, поступающей в почву, производим по зависимости

$$Э_{поч} = Э_{ПЖ} + Э_{ПУ} + Э_{ТМ}, Дж/га \qquad (14)$$

где $Э_{ПЖ}$ – энергосодержание пожнивных остатков основной продукции, Дж/га; $Э_{ПУ}$ – энергосодержание растений, выросших после уборки основной продукции, Дж/га; $Э_{ТМ}$ – энергосодержание внесенных технологических материалов, Дж/га.

Энергосодержания $Э_{ПЖ}$ и $Э_{ПУ}$ можно определять по формуле (3). При этом количество пожнивных остатков можно достаточно точно определять по валовому сбору с учетом потерь, соотношения между зерновой и незерновой частями урожая, а также соотношением между надземными и внутрипочвенными частями. Количество сорняков и растений, выросших после уборки основного урожая, проще всего определить по биологической урожайности с учетом всех частей растений.

Энергию, поступающую в почву с технологическими материалами, можно определить по формуле (6). При этом учету подлежат только те материалы, которые обладают энергосодержанием и вовлекаются в почвенный круговорот. Энергия се-

мян расходуется на рост и развитие растений, взаимодействует с почвой, извлекает из нее питательные вещества и синтезирует органическое вещество, преобразуя солнечную кинетическую энергию в биологическую энергию растений. В почвенный круговорот вовлекаются только непроросшие семена. Величина энергии не проросших семян слишком мала, поэтому ее можно не учитывать.

Следует отметить, что минеральные удобрения (кроме азотных) и все без исключения пестициды не содержат энергии и почву не обогащают. Энергия пестицидов используется на уничтожение части почвенной фауны и флоры.

Используемая растениями энергия солнца не входит в энергозатраты и тем самым не влияет на величину энергоемкости продукции, однако на весь биологический урожай она влияет самым существенным образом из всех известных факторов. Оценивается синтезированная растениями солнечная энергия величиной КПД физиологически активной радиации, определяемой отношением энергии, аккумулированной растениями, к величине всей поступившей. Если принять во внимание тот факт, что растения питаются минеральными веществами, а также учитывая закон превращения энергии, то получается, что вся биологическая энергия растений и есть преобразованная солнечная.

Выводы:

1. Учет всей биоэнергии, получаемой с единицы площади, позволит не только повысить точность энергетической оценки производства, но и дать количественную оценку баланса биологической энергии почвы в части обогащения.

2. Исчисление прямых затрат по энергосодержаниям, а косвенных по энергоемкостям позволит разделить составные части затрат на зависящие и независящие от хозяйств.

3. Определение овеществленных затрат энергии через фактические сроки службы и фактические наработки не позволит планировать их наперед, но при завершении эксплуатации будут получены объективные количественные показатели эффективности использования различных марок техники в конкретных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т.: [к 100-летию со дня рождения] / В. П. Горячкин; [под ред. Н. Д. Лучинского]. - 2-е издание. - Москва: Колос, 1968. - Т. 1. - 719, [1] с.: ил.

2.Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / Севернев М.М., Токарев В.А., Братушков В.Н. и др. // ВИМ. ВАСХНИЛ. ЦНИИМЭСХ. – М., 1989. - 59 с.

REFERENCE

1. Gorjachkin, V.P. Sobranie sochinenij: v 3 t.: [k 100-letiju so dnja rozhdenija](Collection of the Works, in 3 Volumes [to hundredth birthday anniversary]), V. P. Gorjachkin; [pod red. N. D. Luchinskogo], 2-e izdanie, Moskva: Kolos, 1968, T. 1, 719, [1] p.: il.

2.Metodicheskie rekomendacii po toplivno-jenergeticheskoj ocenke sel'skohozjajstvennoj tehniki, tehnologicheskih processov i tehnologij v rastenievodstve (Methodical Recommendations on Fuel and Energy Assessment of Agricultural Machinery, Technological Processes and Technologies in Crop Sector), Severnev M.M., Tokarev V.A., Bratushkov V.N. i dr., VIM. VASHNIL. CNIIMJeSH, M., 1989, 59 p.