

кретных условиях сельскохозяйственного предприятия. Разработанная методика определения оптимального распределения объема работ при использовании машинно-тракторных агрегатов с учетом минимальных приведенных затрат может быть использована при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала, организации и управлении работ в сельскохозяйственном предприятии.

#### **Литература**

1. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учеб. пособие/ Под общ. ред. Р.Ш. Хабатова. – М.: ИНФРА – М, 1999.
2. Гометрическое программирование и техническое проектирование: К. Зенер. – М.: Мир, 1973.
3. Элементарное введение в геометрическое программирование. Г.А. Бекишев, М.И. Кратко. – М.: Наука, 1980.

**УДК 631.17:635.21**

### **ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

**Колос В.А., к.т.н.**

*Всероссийский научно-исследовательский институт механизации  
Россельхозакадемии,  
г. Москва, Российская Федерация*

#### **Введение**

Основным продуктом первой стадии является биомасса, полученная путем выращивания (или сбора) и хранения: отходы сельского хозяйства, лесозаготовки, лесопиления, деревообработки и торфодобычи; крахмалосодержащие клубне- или корнеплоды, семена масличных культур, быстрорастущих наземных и водных энергетических растений. Побочные продукты с высоким энергосодержанием, пригодные к переработке в БТ другого вида (назовем его технологическим), например, топливных гранул для энергогенерирующих установок, могут направляться на дополнительную автономную стадию [1].

В общем случае энергоемкость производства БТ определяется на основе ресурсно-энергетических моделей перехода природной и техногенной энергии ресурсов в энергию продуктов – природную, аккумулированную в процессе фотосинтеза, и техногенную, затраченную на их получение, обуславливающих соответственно, их энергосодержание и энергоемкость [2].

### **Основная часть**

Анализ ресурсно-энергетической модели первой стадии БТ-технологии показывает, что энергоёмкость и энергосодержание урожая биомассы зависят от затрат техногенных ресурсов, находящихся в сложном взаимодействии с природными (биологическими и климатическими).

К биологическим ресурсам относят живой труд, почву с микрофлорой и микрофауной, органические удобрения, растения и получаемые из них побочные продукты, в т.ч. отходы. Климатические ресурсы обеспечивают растениям световой, тепловой и водный режимы, необходимые для фотосинтеза. Энергию климатических и биологических ресурсов, на несколько порядков превышающую энергию техногенных, из расчетов энергоёмкости стадии исключают, предполагая, что агротехнические приемы технологических операций во всех рассматриваемых вариантах обеспечивают поступление оптимальных ее потоков к растениям в период вегетации.

Энергозатраты живого труда работников при определении энергоёмкости биомассы не учитываются [3].

Что касается энергии химических удобрений и средств защиты растений, то применяемые их системы рассчитываются на получение требуемой урожайности биомассы, поэтому во внимание принимаются только техногенные энергозатраты, связанные с их производством, хранением, транспортировкой и внесением. Потери ресурсов и биомассы учитываются на этапе разработки технологических карт стадии при определении расходов топлива, электроэнергии, теплоты, химического веществ, материалов, урожайности основного и побочных продуктов.

Энергия всех видов ТЭР, непосредственно затраченная на производство соответствующего продукта стадии, характеризует его прямую энергоёмкость, энергия, овеществленная в ТЭР и других использованных ресурсах за пределами агроэкосистемы, – косвенную энергоёмкость, а их сумма – полную энергоёмкость продукта. Энергоёмкость стадии (полная и прямая) в общем случае определяется путём суммирования по продуктам, в расчете на единицу урожая основного продукта:

$$\mathcal{E} = \sum_s \mathcal{E}_s ; \quad \mathcal{E}_П = \sum_s \mathcal{E}_{Пs} , \quad (1 \text{ а, б})$$

где  $\mathcal{E}_s$  и  $\mathcal{E}_{Пs}$  – полная и прямая энергоёмкость  $s$ -го по счету продукта, МДж/т<sub>1</sub> (здесь и далее символ «1» обозначает принадлежность параметра или показателя к основному, 1-му из  $s$ -х, продукту стадии).

Для расчетов по формуле (1 а, б) принято [3], что энергоёмкость технологических операций, относящихся ко всем продуктам (почвообработка, подготовка и внесение удобрений, посев, обработка растений пестицидами, уборка основного и побочных продуктов прямым комбайнированием)

распределяется по ним пропорционально накопленному энергопотенциалу. Следовательно, полная и прямая энергоёмкость  $s$ -го продукта может быть выражена через энергоёмкость операций следующим образом:

$$\mathcal{E}_s = \frac{E_s}{E_{\max}} \sum_{i=1}^{p_o} \mathcal{E}_{ios} + \sum_{i=1}^{p_s} \mathcal{E}_{is} ; \quad \mathcal{E}_{IIs} = \frac{E_s}{E_{\max}} \sum_{i=1}^{p_o} \mathcal{E}_{IIios} + \sum_{i=1}^{p_s} \mathcal{E}_{IIis} , \quad (2a,б)$$

где  $E_s$  – энергопотенциал продукта, МДж;  $E_{\max} = \sum_s E_s$  – максимальный

энергопотенциал стадии, МДж;  $\mathcal{E}_{ios}$ ,  $\mathcal{E}_{IIios}$  и  $\mathcal{E}_{is}$ ,  $\mathcal{E}_{IIis}$  – энергоёмкости (полные и прямые)  $i$ -ой операции, относящейся соответственно ко всем  $s$ -м продуктам и к конкретному  $s$ -му продукту, МДж/т<sub>1</sub>;  $p_o$  и  $p_s$  – число тех и других операций в стадии.

Энергопотенциал  $s$ -го продукта

$$E_s = 10^3 e_s G_s , \quad (3)$$

где  $e_s$  – энергосодержание (низшая теплота сгорания), определяемая для твердых, жидких и газообразных продуктов по соответствующему стандарту, МДж/т;  $G_s = U_s V$  – количество, т;  $U_s$  – урожайность  $s$ -го продукта стадии, т/га;  $V$  – площадь посева энергетической культуры, га.

Полная и прямая энергоёмкость  $i$ -й операции под знаками «суммы» в (2а,б) вычисляется соответственно по формулам:

$$\mathcal{E}_i = \sum_n \mathcal{E}_{in} + \sum_j \mathcal{E}_{ij} + \sum_z \mathcal{E}_{iz} + \sum_l \mathcal{E}_{il} ; \quad \mathcal{E}_{IIn} = \sum_n \mathcal{E}_{IIn} , \quad (4a,б)$$

где  $\mathcal{E}_{in}$  и  $\mathcal{E}_{IIn}$ ,  $\mathcal{E}_{ij}$ ,  $\mathcal{E}_{iz}$ ,  $\mathcal{E}_{il}$  – составляющие от расхода соответственно ТЭР  $n$ -го вида (топлива, электроэнергии), прочих ресурсов  $j$ -го вида (посевного материала, удобрений, пестицидов и т.п.), от металлоёмкости технических средств  $z$ -го вида, материалоемкости строений  $l$ -го вида, МДж/т<sub>1</sub>.

Если побочные продукты стадии не являются энергетическими или не используются для производства ТЭР, то

$$\begin{aligned} E_s &= E_1 = E_{\max} && \text{для } s=1; \\ E_s &= 0 && \text{для } s>1. \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда из (2а) будем иметь:

$$\Theta_s = \begin{cases} \sum_{i=1}^{p_o} \Theta_{iox} + \sum_{i=1}^{p_1} \Theta_{i1} & \text{для } s = 1; \\ \sum_{i=1}^{p_s} \Theta_{is} & \text{для } s > 1. \end{cases} \quad (6)$$

Энергоемкость производства неиспользуемых побочных продуктов переходит на основной продукт, поэтому, в соответствии с (6), его полная энергоемкость будет равна энергоемкости стадии.

Аналогично:

$$\Theta_{IIs} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{p_o} \Theta_{Iios} + \sum_{i=1}^{p_1} \Theta_{Ii1} & \text{для } s = 1; \\ \sum_{i=1}^{p_s} \Theta_{Iis} & \text{для } s > 1. \end{cases} \quad (7)$$

Отсюда  $\Theta_{I1} = \sum_s \Theta_{IIs} = \sum_{i=1}^p \Theta_{Ii}$ , следовательно,  $\Theta_{I1} = \Theta_{I}$ , т.е. значения

прямой энергоемкости основного продукта и стадии идентичны.

Технологические карты стадии в этом случае отличаются от первоначальных операциями уборки побочных продуктов (например, запашкой соломы вместо рулонирования, транспортировки и закладки на хранение при использовании для производства технологического БТ), что следует учитывать в расчетах.

При замещении традиционного топлива на соответствующих операциях первой стадии каким-либо БТ с известными значениями энергоемкости, энергосодержания и расхода энергоемкость продуктов в формулах (2а,б) рассчитывается по выражениям (4а,б) путём добавления новых составляющих  $\Theta_{in}$  и  $\Theta_{Pin}$  от этого БТ, вычисленных в соответствии с [4]. В случае использования на первой стадии технологического БТ, производимого из побочных продуктов на дополнительной стадии БТ-технологии, расчеты их энергоемкости выполняются в несколько этапов. Первоначально определяются их теплота сгорания и энергоемкость для варианта стадии на традиционном топливе, затем – энергосодержание и энергоемкость технологического БТ.

Исходя из полученных значений, расчеты повторяются для варианта с замещением традиционного топлива технологическим БТ, и уточняется его энергоемкость для последующего окончательного расчета энергоемкости продуктов стадии.

Аналогичным образом определяют их энергоемкость при замещении традиционного топлива на соответствующих операциях первой стадии БТ, производимым на заключительной стадии БТ-технологии.

### **Заключение**

Предложенная методика позволяет рассчитать энергоемкость биомассы по составляющим ее основному и побочным продуктам (отходам) для различных вариантов их использования.

### **Литература**

1. Колос В.А., Сапьян Ю.Н. Алгоритмы оценки энергоэффективности производства биотоплива из растительной биомассы / Сб. науч. докладов Междун. н-т конф. «Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации с.-х.» (5-6 октября 2011, ГНУ ВИМ, г. Москва). Ч.2. – М.: ВИМ, 2011, с. 90-94.

2. Ловкис В.Б., Сапьян Ю.Н. О методологии повышения ресурсно-энергетической эффективности сельскохозяйственных объектов / «Агропанорама» (Минск), 2009, с. 40-43.

3. Колос В.А., Сапьян Ю.Н., Ловкис В.Б. К оценке энергетической эффективности использования биомассы / «Агропанорама» (Минск), 2010, №1, с. 31-34.

4. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства. – М.: ВИМ, 2012. – 84 с.

**УДК 629.366.032**

## **ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПРОХОДОВ КОЛЕСА И ДАВЛЕНИЯ В ПЯТНЕ КОНТАКТА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

**Гедроить Г.И., к.т.н., доцент, Чететкин А.Д., к.т.н., доцент,  
Варфоломеева Т.А., ст. преподаватель**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

Интенсификация земледелия, повышение производительности труда, сокращение трудовых ресурсов приводят к повышению массы сельскохозяйственной техники, увеличению количества колес, идущих по одному следу. У машинно-тракторных агрегатов по одному следу проходит 2–5 колес. В составе тракторных поездов количество колес одного борта может быть увеличено до семи. Колеса сельскохозяйственных машин могут двигаться также и вне следа трактора. По обобщенным данным из-за воздействия на почву ходовых систем сельскохозяйственных тракторов и машин теряется 5–20 % урожайности сельскохозяйственных культур [1]. При решении задач оптимизации параметров ходовых систем необходимо учитывать изложенные обстоятельства. Ниже приведены результаты экспериментальных исследований влияния количества проходов колеса и