

3. Рунов, Б.А. Применение робототехнических средств в АПК / Б.А. Рунов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 2. – С. 44-47.

4. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы. – Минск, 2016. – 54 с.

**УДК 621.436:662.63**

**В.А.Колос, к.т.н., Ю.Н.Сапьян., Е.Н. Кабакова**

*Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ФГБНУ ВИМ), г. Москва, Россия*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

### **Введение**

В настоящее время более 40 стран в соответствии со своими государственными программами и законодательными актами используют в сельском хозяйстве биотоплива (БТ) промышленного производства. В России, в связи с непрерывным удорожанием нефтепродуктов, медленным развитием газификации и нетрадиционной энергетики, на территориях, проблемных по энергообеспечению, применяются первичные местные БТ в виде отходов производства продукции сельского хозяйства, лесозаготовки, лесопиления и деревообработки. На них работают печи, паровые и водогрейные котлы, сушильные и другие установки, сокращая расход централизованно поставляемых топлив. Установлено, что при использовании в зерносушилках топочных агрегатов типа АТ-1,0 (ОАО «Мозырьсельмаш») или комбинированных универсальных ВУ-Т-1,5 (ОАО «Амкадор-Можа») 4 т дров или соломы могут сэкономить около 1 т нефтяного дизельного топлива (ДТ) [1].

Однако в целом эффективность местных БТ, зависящая от их типа, влажности, затрат на перевозку и подготовку к сжиганию, а также производительности и КПД потребляющего оборудования, невелика. Одним из путей ее повышения является автономное (внутрихозяйственное) производство гомогенизированных БТ с

высокой концентрацией энергии [2, 3], обеспечивающих сельским товаропроизводителям ряд преимуществ:

- снижение зависимости от нефтяных топлив и электроэнергии;
- удовлетворение потребностей животноводства в высокобелковых кормовых добавках из продуктов переработки в БТ исходной биомассы;
- создание новых рабочих мест, сокращение транспортных издержек;
- защита окружающей среды от загрязнения отходами различных производств и продуктами сгорания традиционных углеводородных топлив;
- более эффективное использование земельных и других ресурсов;
- превращение хозяйств в конкурентоспособных поставщиков БТ и ценных побочных продуктов;
- увеличение доходов и финансовой стабильности.

#### **Основная часть**

Научные исследования возобновляемых БТ, заменяющих невозобновляемые нефтяные и газовые топлива, привели к созданию технологий их производства из растительной биомассы различного типа и состояния. Известно, что, например, отработанная технология прессования растительной биомассы в топливные гранулы (пеллеты) позволяет стабилизировать их физико-химические показатели, более чем в 1,5-2,0 раза повысить теплоту сгорания по сравнению с исходным сырьем, оптимизировать топочные процессы, увеличить КПД энергогенерирующего оборудования до 85-93%. Прессуемой биомассе *требуется, как правило, лишь* небольшая предварительная обработка. Например, солому измельчают молотковой дробилкой, а сушат при влажности более 14-15% в простых камерных установках для древесины.

В ВИМ разработана комплексная технология автономного производства БТ из рапсового масла (РМ) для замещения ДТ в двигателях тракторов МТЗ. Она эффективна при комбинированной переработке рапсовой биомассы с выходом различных продуктов: РМ (технического и пищевого рафинированного), смесового БТ из РМ и ДТ, биодизеля, глицерина, жмыха и (или) шрота, агропеллет, кормовых добавок. Усовершенствованы ресурсосберегающие тех-

нологии возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения маслосемян рапса, а также средства их механизации, например, рапсовая жатка к зерноуборочному комбайну «Акрос-530». Испытания показали, что она обеспечивает надежность технологического процесса, повышение производительности и снижение потерь. Показатели качества продукции выращивания и переработки рапса, в т.ч. содержание в жмыхе, добавляемом в корм животным, глюкозинолатов и эруковой кислоты, контролируют в лаборатории, оборудованной современными газовыми хроматографами [2, 4, 5].

Наиболее простым и надежным БТ на основе РМ, как для производства во внутрхозяйственных цехах, так и использования энергосредствами, является смесевое БТ, рекомендуемое, прежде всего, для рапсосоющих хозяйств и районов с децентрализованным энергоснабжением или повышенными требованиями к экологии (густонаселенных, курортных, туристических и т.п.). Для адаптации к нему двигателей тракторов МТЗ в ВИМ создан комплект оборудования, в который входят: дополнительный бак для ДТ, теплообменник для подогрева РМ, фильтр тонкой очистки, трехходовой кран-переключатель потоков ДТ и БТ, арматура и крепеж. Производственная проверка и испытания на МИС показали, что двигатель на смесевом БТ развивает практически такую же мощность, как на ДТ, причем отрицательных последствий от длительной эксплуатации в двухтопливном режиме не отмечено [2].

Тракторы, адаптированные к смесевому БТ, расходуют ДТ при запуске холодного двигателя до достижения рабочей температуры, холостом ходе, периодической самопроизвольной очистке от нагара форсунок и поршней под нагрузкой. Экономия ДТ в технологии вычисляется по формуле (%):

$$\Delta_{ДТ_A} = 100 \frac{G_{ДТ} - G_{ДТ_A} - G_{БТ_A} (1 - 0,01\lambda_{РМ})}{G_{ДТ}}, \quad (1)$$

где  $G_{ДТ}$  и  $G_{ДТ_A}$  – фактический расход ДТ двухтопливными и штатными тракторами за сезон работ выполненных по технологической карте, кг;

$\lambda_{РМ}$  – доля РМ в смесевом БТ, %.

Сравнительная оценка составляющих энергозатрат технологии от расхода топлива осуществляется с помощью коэффициентов, характеризующих их уровень относительно базовых значений:

$$K_{ПЭТ_A} = \frac{E_{ПТ_A}}{E_{ПТ}} = \frac{G_{БТ_A} e_{БТ}}{G_{ДТ} e_{ДТ}} + \frac{G_{ДТ_A}}{G_{ДТ}} ;$$
$$K_{ЭТ_A} = \frac{E_{Т_A}}{E_T} = \frac{G_{БТ_A} (e_{БТ} + \alpha_{БТ})}{G_{ДТ} (e_{ДТ} + \alpha_{ДТ})} + \frac{G_{ДТ_A}}{G_{ДТ}} , \quad (2a, б)$$

где  $E_{ПТ_A}$ ,  $E_{Т_A}$  и  $E_{ПТ}$ ,  $E_T$  – составляющие прямых и полных топливных энергозатрат соответственно двухтопливными тракторами рассматриваемой технологии и штатными базовой технологии, МДж;

$G_{БТ_A}$  – фактический расход БТ в технологии, кг;

$e_{БТ}$  и  $e_{ДТ}$  – низшая теплота сгорания соответственно БТ и ДТ, МДж/кг;

$\alpha_{БТ}$  и  $\alpha_{ДТ}$  – энергоэквиваленты (энергоёмкости производства), МДж/кг.

Расчеты выполняются при следующих данных: теплота сгорания БТ с долей РМ 5... 75% составляет 42,4...38,6 МДж/кг; энергоэквивалент – 10,9...18,8 и 10,8...16,5 МДж/кг для урожайности рапса соответственно 1,5 и 3,5 т/га [5, 6]. Следует учитывать, что доля РМ в БТ не должна превышать 40% для сохранения долговечности двигателя трактора [7]. Для обеспечения принципа энергосбережения коэффициенты, вычисленные по формулам (2а, б), должны быть меньше единицы [8]. Эффективность применения БТ в технологии зависит не только от его свойств и эксплуатационных показателей, но и замещаемого топлива, а также природно-производственных факторов, включая климат, номенклатуру и урожайность возделываемых культур и т.д. Поэтому при удовлетворительных значениях ожидаемой экономии ДТ и топливных составляющих энергозатрат проводится поэлементный энергетический анализ технологии с определением прямой и полной энергоёмкости, оценкой и минимизацией коэффициентов их уровня коэффициентами:

$$K_{ПЭ_A} = \left[ \frac{\mathcal{E}_{П_A}}{\mathcal{E}_{П}} \leq 1 \right] \rightarrow \min ; \quad K_{Э_A} = \left[ \frac{\mathcal{E}_A}{\mathcal{E}} \leq 1 \right] \rightarrow \min , \quad (3a, б)$$

где  $\mathcal{E}_{ПА}$ ,  $\mathcal{E}_A$  и  $\mathcal{E}_П$ ,  $\mathcal{E}$  – прямая и полная энергоёмкость производства продукции соответственно по рассматриваемой и базовой технологии, МДж/т.

Затем определяются и анализируются интегральные критерии эффективности и потенциал энергосбережения технологии [8] для принятия решения о разработке плана мероприятий по эффективному применению в ней тракторов, переведенных на БТ.

На основании результатов исследований и аналитического обзора соответствующих материалов и стандартов сформирована и зарегистрирована в Роспатенте база данных «Биотоплива из биомассы растений для автотракторной и сельскохозяйственной техники. Нормативная документация, регламентирующая требования к показателям качества» (свид. № 2015620719 от 06 мая 2015 г.). Разработана система допуска к производству и применению моторных БТ с информационным обеспечением, в том числе для проведения его эксплуатационных испытаний [9].

#### **Заключение**

Гомогенизированные БТ с высокой концентрацией энергии открывают дополнительные возможности для ресурсо- и энергосбережения, решения экологических проблем, модернизации технологий растениеводства. Эффективность автономного производства БТ обеспечивается рациональным оборотом и комплексной переработкой исходной биомассы с максимальным использованием побочных продуктов, а замещения ими нефтяных аналогов – энергоэкономическим анализом технологий, в которых применяются энергосредства, адаптированные к БТ.

#### **Список использованной литературы**

1. Чеботарев В.П. Низкотемпературная сушка и режимное хранение зерна. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. с.-х.», 2011. – 202 с.
2. Артющин А.А., Савельев Г.С. Будущее за биоэнергетикой // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 6. – С. 34-39.
3. Колос В.А., Сапьян Ю.Н. Алгоритмы оценки энергоэффективности производства биотоплива из растительной биомассы / Сб. науч. докл. Междунар. н-т конф. «Инновационные технологии и

техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства». Ч.2. – М.: ВИМ, 2011. – С. 90-94.

4. Кочетков М.Н., Савельев Г. С. Оценка энергоавтономности сельскохозяйственного предприятия при замене дизельного топлива на рапсовое масло // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 4 (16). – С. 18-21.

5. Колос В.А., Сапьян Ю.Н., Пугачев П.М. Анализ энергоэффективности внутрихозяйственного биотопливного цеха (на примере производства моторного топлива из маслосемян рапса) // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 4. – С. 16-20.

6. Колос В.А., Сапьян Ю.Н. Ловкис В.Б. Энергетическая эффективность использования смесового топлива в технологиях растениеводства (на примере производства семян рапса) // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. - М.: РИГ ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С. 60-65.

7. Карташевич А.Н., Товстыка В.С., Плотников С.А. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле // Тракторы и сельхозмашины. . – 2011. – № 3. – С. 13-15.

8. Ловкис В.Б., Колос В.А. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. тематич. сб. Т. 1. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех с.-х.», 2008. – С. 13-19.

9. Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Воробьев М.А. Эксплуатационные испытания биотоплив в системе допуска их к производству и применению // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Сб. докл. VIII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 4. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. – С. 232-240.

## **УДК 631.12**

**В. Издебский<sup>1</sup>, д. э. н., Я. Скудларски<sup>2</sup>, к.т.н., М. Колтун<sup>2</sup>,  
М. Новаковски<sup>2</sup>, студенты, С. Заяц<sup>3</sup>, к.э.н.**

*<sup>1</sup>Варшавский Политехнический Университет, <sup>2</sup>Варшавский Университет Естественных Наук - SGGW, <sup>3</sup>Государственная высшая профессиональная школа в г. Кросно, Польша*