

разомкнутые пневмосистемы получили благодаря устранению запыленности рабочего помещения, что свойственно некоторым пневмосистемам замкнутого типа.

### Заключение

Представленная классификация пневмосепарирующих систем современных технических средств для очистки зерна не является исчерпывающей, а лишь отражает основные тенденции развития пневмосистем средств для очистки зерна, использующих равномерный воздушный поток, в которых разделение зернового материала происходит по аэродинамическим свойствам. Выбор оптимальной схемы пневмосепарирующей системы средства для очистки зерна зависит как от вида обрабатываемой культуры, так и от назначения данного средства.

### Литература

1. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. - 261 с.
2. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация. – М: Машгиз, 1961. - 368 с.
3. Малис А.Я. и Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. – М: Машгиз, 1962. - 176 с.
4. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин. – М.: «Машиностроение», 1977. - 192 с.

УДК 631.17:633/635

### ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА БИОТОПЛИВЕ

<sup>1</sup>Колос В.А., к.т.н., Сапьян Ю.Н., <sup>2</sup>Ловкис В.Б., к.т.н., доцент

<sup>1</sup>ГНУ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь

В статье представлены расчетные зависимости сравнительных топливно-энергетических показателей стационарных установок, предназначенных для производства электрической и (или) тепловой энергии путем преобразования энергии биологического топлива.

### Введение

Наряду с экономическими показателями эффективности получения энергии для сельхозпотребителей велика роль энергетических показателей и критериев, в особенности при изучении проблем перевода энергогенерирующих установок с нефтяных топлив и газа на биологические топлива (БТ) из местных источников. Вместе с тем, номенклатура и методы определения энергетических показателей разработаны недостаточно, что может привести к некорректным заключениям и, как следствие, к разработке и реализации проектов, неэффективных с позиции энергосбережения.

### Основная часть

Для оценки энергоэффективности процесса энергогенерации различными установками применяется показатель соотношения полученной и затраченной энергии

$$R_{Э} = \frac{E_{ЭП}}{E_{ЭТ}}$$

В научной литературе он имеет несколько названий: коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ), технологическое топливное число (ТТЧ), энергетический баланс (output/input), чистый энергетический выигрыш (ЧЭВ), Energy Returned on Energy Invested (EROEI), энергетический КПД.

Для непосредственного выявления уровня энергоэффективности новой установки (на БТ) по сравнению с базовой, на традиционном топливе (ТТ) может служить комплексный критерий (индекс), выражаемый в процентах:

$$I_r = 100 \frac{R_3^{BT} - R_3^{TT}}{R_3^{TT}} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $R_3^{BT}$  и  $R_3^{TT}$  – энергетические КПД процесса соответственно на ТТ и БТ.

На основании [1] для процесса, выполняемого новой установкой:

$$R_3^{BT} = \frac{3,6 (Q_3^{BT} - Q_{3c}^{BT}) T_{ca}^{BT}}{E_{BT} + E_{TT}^{BT} + E_{C3}^{BT} + E_Y^{BT}}, \quad (2)$$

где  $Q_3^{BT}$  и  $Q_{3c}^{BT}$  – годовое производство энергии и расход на собственные нужды, кВт·ч;  $T_{ca}^{BT}$  – срок службы, лет;  $E_{BT}$  и  $E_{TT}^{BT}$  – энергозатраты соответственно БТ и ТТ за срок службы установки, МДж;  $E_{C3}^{BT}$  – на создание и эксплуатацию установки (изготовление, монтаж, пуско-наладочные работы, техобслуживание и ремонт), МДж;  $E_Y^{BT}$  – на утилизацию установки по истечении срока службы, МДж.

Составляющая энергозатрат  $E_{TT}^{BT}$ , учитывает возможное переключение установки на ТТ для вспомогательных нужд: при запуске холодного двигателя, холостом ходе, пониженных нагрузках, для самопроизвольной очистки от нагара форсунок и поршней, а также в нештатных ситуациях (отсутствие БТ, низкое его качество и т.п.).

Разделив числитель и знаменатель формулы (2) на  $(Q_3^{BT} \cdot T_{ca}^{BT})$ , получим:

$$R_3^{BT} = \frac{3,6 (1 - \delta_{3c}^{BT})}{\mathcal{E}_3^{BT}} = \frac{3,6 (1 - \delta_{3c}^{BT})}{\mathcal{E}_{BT} + \mathcal{E}_{TT}^{BT} + \mathcal{E}_{C3}^{BT} + \mathcal{E}_Y^{BT}}, \quad (3)$$

где  $\delta_{3c}^{BT}$  – доля затрат энергии на собственные нужды установки;  $\mathcal{E}_3^{BT}$  – полная энергоемкость производства энергии, МДж/кВт·ч;  $\mathcal{E}_{BT}$ ,  $\mathcal{E}_{TT}^{BT}$ ,  $\mathcal{E}_{C3}^{BT}$ ,  $\mathcal{E}_Y^{BT}$  – ее составляющие, МДж/кВт·ч.

Аналогично, для базовой установки:

$$R_3^{TT} = \frac{3,6 (1 - \delta_{3c})}{\mathcal{E}_3} = \frac{3,6 (1 - \delta_{3c})}{\mathcal{E}_{TT} + \mathcal{E}_{C3} + \mathcal{E}_Y}, \quad (4)$$

Подставив (3) и (4) в (1), перепишем индекс энергоэффективности процесса энергогенерации следующим образом:

$$I_r = 100 \left[ \frac{(1 - \delta_{3c}^{BT}) \mathcal{E}_3}{(1 - \delta_{3c}) \mathcal{E}_3^{BT}} - 1 \right] = 100 \left[ \frac{(1 - \delta_{3c}^{BT}) (\mathcal{E}_{TT} + \mathcal{E}_{C3} + \mathcal{E}_Y)}{(1 - \delta_{3c}) (\mathcal{E}_{BT} + \mathcal{E}_{TT}^{BT} + \mathcal{E}_{C3}^{BT} + \mathcal{E}_Y^{BT})} - 1 \right]. \quad (5)$$

Для практических расчетов можно принять, что  $\delta_{3c}^{BT} = \delta_{3c}$ ,  $\mathcal{E}_{C3} = \mathcal{E}_{C3}^{BT}$ ,  $\mathcal{E}_Y = \mathcal{E}_Y^{BT}$ . Тогда из (5) будем иметь:

$$I_r = 100 \frac{\mathcal{E}_{TT} - \mathcal{E}_{BT} - \mathcal{E}_{TT}^{BT}}{\mathcal{E}_{BT} + \mathcal{E}_{TT}^{BT} + \mathcal{E}_{C3} + \mathcal{E}_Y}. \quad (6)$$

Составляющая энергоемкости процесса энергогенерации, обусловленная расходом ТТ базовой установкой ( $\mathcal{E}_{TT}$ ), рассчитывается по формуле [2]:

$$\mathcal{E}_{TT} = g_{TT} (e_{TT} + \alpha_{TT} + \delta_{CM}^{TT} \alpha_{CM}), \quad (7)$$

где  $g_{TT}$  – расход ТТ, кг/кВт·ч ( $\text{м}^3/\text{кВт·ч}$ );  $e_{TT}$  и  $\alpha_{TT}$  – энергосодержание и энергоэквивалент ТТ, МДж/кг (МДж/м<sup>3</sup>);  $\delta_{CM}^{TT}$  – коэффициент, учитывающий расход смазочного масла силовой установкой;  $\alpha_{CM}$  – энергоэквивалент масла, МДж/кг.

Составляющие от расхода ТТ ( $\mathcal{E}_{TT}^{BT}$ ) и БТ ( $\mathcal{E}_{BT}$ ) новой установкой также определяются по формуле (7) путем подстановки соответственно значений  $g_{TT}^{BT}$ ,  $e_{TT}$ ,  $\alpha_{TT}$ ,  $\delta_{CM}^{TT}$ ,  $\alpha_{CM}$  и  $g_{BT}$ ,  $e_{BT}$ ,  $\alpha_{BT}$ ,  $\delta_{CM}^{BT}$ ,  $\alpha_{CM}$ .

Энергосодержание (низшую теплоту сгорания) твердых и жидких топлив с определенным химическим составом можно рассчитать по известной формуле Менделеева, а газообразных – по методике, изложенной в [3]. При отсутствии данных о химическом составе БТ низшую теплоту сгорания нефте-

продуктов определяют калориметрами по ГОСТ 21261 – 91, твердых топлив - по ГОСТ 147-95, жидких – по ГОСТ 21216-91, газообразных – по ГОСТ 10062-75.

Энергоэквивалент БТ (показатель полной энергоёмкости производства) в общем случае может быть вычислен по формуле:

$$\alpha_{BT} = \frac{1}{B_{BT}} (E_{ЭЭ} + E_{ТЭ} + \sum_j E_{Cj} \sum_j E_{Tj} + \sum_j E_{Mj} + \sum_j E_{Эj} + \sum_j E_{Хj} + \sum_j E_{Прj}), \quad (8)$$

где  $E_{ЭЭ}$ ,  $E_{ТЭ}$ ,  $E_{Cj}$ ,  $E_{Mj}$ ,  $E_{Эj}$ ,  $E_{Хj}$ ,  $E_{Прj}$  – энергозатраты от использования электроэнергии, тепловой энергии, сырья, топлива, машин (оборудования), зданий (сооружений), химических веществ и прочих ресурсов  $j$ -го вида, МДж;

$B_{BT}$  – количество произведенного БТ, кг.

Составляющую энергоёмкости от создания и эксплуатации установки ( $E_{ЭЭ}$ ) в формуле (6) также можно рассчитать, исходя из расходов, энергосодержания и энергоэквивалентов соответствующих ресурсов. Однако в связи с неоднозначностью методических подходов и большой сложностью подобных вычислений (как следует, например, из [4] в отношении энергоёмкости изготовления, ТО и ТР трактора), на этапах предпроектных исследований, разработки конструкции и изготовления образца новой установки достаточно определять приближенное значение данной составляющей по формуле:

$$E_{ЭЭ} = \frac{M\alpha}{Q(1-\delta_3)\gamma_{\text{ст}}},$$

где  $M$  – конструктивная масса установки, кг;  $\alpha$  – энергетический эквивалент (в данном случае можно принять  $\alpha = 144$  МДж/кг [5]).

Составляющая энергоёмкости процесса от утилизации установки ( $E_{У}$ ) должна учитывать энергозатраты на ее разборку, вывозку и захоронение неиспользуемых и вредных отходов, извлечение ценных металлов, отправку годных узлов и деталей на восстановление для рециклирования. В связи с тем, что утилизацией техники занимаются специализированные организации с использованием особых технологий, получить данные для расчета искомой составляющей представляется весьма сложным, поэтому на данном этапе исследований предлагается исключить ее из формул (3)-(6).

Практические расчеты по энергетической оценке работы установки на БТ нужно начинать с определения коэффициентов полной и прямой энергоёмкости процесса энергогенерации соответственно по формулам:

$$K_{ЭЭ} = \frac{E_{ЭЭ}}{E_{Э}}; \quad K_{ЭЭпр} = \frac{E_{ЭЭпр}}{E_{Эпр}},$$

где  $E_{Эпр} = g_{BT} e_{BT} + g_{TT} e_{TT}$ ;  $E_{Э} = g_{TT} e_{TT}$ .

Очевидно, что значения этих показателей должны быть меньше единицы. В противном случае вычисления энергетических КПД и индекса энергоэффективности процесса не имеют смысла.

Показатель экономии ТТ (кг/кВтч или м<sup>3</sup>/кВтч) при использовании новой установки вместо базовой необходимо оценивать с учетом его затрат на производство БТ:

$$\Delta_{TT} = g_{TT} - g_{TT}^{BT} - 10^{-3} g_{BT} g_{TTBT},$$

где  $g_{TTBT}$  – расход ТТ на производство БТ, кг/т (м<sup>3</sup>/т).

## Заключение

Показатели энергоэффективности функционирования биотопливных энергогенерирующих установок применимы для оценки целесообразности их создания и использования в соответствующих природно-производственных условиях взамен установок, работающих на традиционных нефтяных или газовых топливах, а также для оптимизации параметров и режимов работы по данным испытаний или энергоаудита.

## Литература

1. П.П. Безруких. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики // «Электрика», № 9, 2008, с. 3–10.
2. Колос В.А., Сапьян Ю.Н., Ловкис В.Б., Дашков В.Н. Методика расчета и минимизации энергоёмкости продукции растениеводства / «Агропанорама», №4, 2007, с. 10–15.
3. Малин Н.И. Справочник по сушке зерна. – М.: Агропромиздат, 1986.

4. Хафизов К.А. Пути снижения энергетических затрат на производственных процессах в сельском хозяйстве. – Казань, КГУ, с. 97-101.

5. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства. – М.: «Издательство ВИМ», 2005. – 186 с.

УДК 628.1.033

## О ПРОБЛЕМЕ ОЧИСТКИ КОЛОДЦЕВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Дашков В.Н., д.т.н., профессор, Ловкис В.Б., к.т.н., доцент,  
Воробьев Н.А. к.т.н., доцент, Лисай Н.К. к.т.н., доцент

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

Одним из условий улучшения обеспечения сельских жителей качественной водой является повышение уровня эксплуатации колодцев, проведение систематических их промывок и очистки специализированными бригадами. В настоящее время это трудноосуществимо, поскольку нет технологий, механизмов и оборудования для выполнения этих работ в различных условиях и регионах. Аналогичная ситуация складывается и с поддержанием в работоспособном состоянии колодцев имеющих мелиоративных объектов.

### Введение

В современных экономических условиях личные подсобные хозяйства (ЛПХ) граждан имеют важное значение в решении продовольственной проблемы. Они производят около 40 процентов валовой продукции сельского хозяйства республики, в том числе 6-8 процентов зерна, 85-90 процентов картофеля и овощей, 30-35 процентов молока, 40-45 процентов яиц и реализуют 20-23 процента мяса скота и птицы (в живом весе). За последние 10 лет из-за сокращения численности сельского населения, а также в результате стабилизации экономической обстановки, роста доходов населения страны и ряда других факторов наметилась тенденция сокращения производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции населением. Объем производства молока к прогнозируемому уровню выполнен на 78,6 процента, мяса скота и птицы в живом весе - на 75,2 процента, а реализация для государственных нужд этих видов продукции - на 97 и 81 процент соответственно [1]. Одной из причин сложившейся ситуации является значительная трудоемкость содержания сельскохозяйственных животных при недостатке средств механизации, а так же отсутствие во многих населенных пунктах централизованного водоснабжения в ЛПХ. Негативную роль играет также низкое качество воды в шахтных колодцах открытого типа.

### Основная часть

Республика Беларусь располагает значительными запасами пресных подземных вод хорошего качества, однако это не означает, что все население потребляет безопасную для здоровья воду, хотя качество питьевой воды является одним из важнейших факторов, определяющих уровень здоровья населения. Особенно это относится к сельскому населению, где более 3 миллионов человек пользуется водой из шахтных колодцев, количество которых превышает 400 тысяч. Следует отметить, что во многих развитых странах (Германия, Дания, Швеция) для водоснабжения индивидуальных домов сельского населения широко используются шахтные колодцы, оснащенные очистными установками. В сравнении с водами открытых источников, подземные воды более чистые, но в колодцах почти в 70 % случаев, вода не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям. Во многом это зависит от технического состояния колодца, его эксплуатации, месторасположения на участке, улице.

Например, во время паводка никакой воды из шахтных колодцев не рекомендуется употреблять без кипячения - отмечает главный санитарный врач Беларуси В. Качан. Вода должна обязательно подвергаться кипячению. Санитарная службы распространила памятки, что нужно делать, чтобы воду из колодца можно было употреблять в последующие дни. После того как вода уйдет, в обязательном порядке требуется очистка колодца, хлорирование и в последующем - при необходимости - лабораторные исследования [2].

Из обследованных в 2008 году на содержание нитратов 17393 общественных колодцев, в каждой третьей пробе зафиксировано превышение допустимой концентрации. При этом выявлен 321 колодец, где фактическое содержание нитратов в пять и более раз превысило ПДК.