Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.171

Обоснование экономико-математической модели эффективности применения биогазового топлива для агропромышленного комплекса труднодоступных районов Якутии

Петров Н.В., Татарникова П.А.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Аннотация

В работе рассматриваются актуальные вопросы обеспечения автотракторной техники необходимым количеством топлива в труднодоступных населенных пунктах для возделывания сельскохозяйственных культур. Учитывается, что в труднодоступных населенных пунктах завоз топлива производится только в зимний период времени, при официальном открытии ледовых переправ и зимников. Из-за дефицита топлива нефтяного происхождения может возникнуть риск срыва основных сельскохозяйственных работ, выполняемых автотракторной техникой. Для решения данной проблемы в аграрном секторе предлагается использовать биогазовое моторное топливо, которое можно производить на месте из возобновляемого сырья с минимальными затратами. Биогаз получают путем переработки сельскохозяйственных отходов. Для прогнозирования предлагается использовать экономико-математическую модель для оценки эффективности использования моторного биогаза. При расчете учитываются энергозатраты на производство сельскохозяйственной продукции, включая энергозатраты на производство моторного биогаза. В проведенных расчетах предполагается, что энергозатраты на производство моторного биогаза должны быть меньше, чем энергозатраты заключенные в полученном продукте. Поэтому коэффициент эффективности от использования моторного биогаза должен быть больше единицы. Предложена формула для определения объема работ техники, выполняемых с использованием моторного биогазового топлива, выраженная через производительность. При этом дополнительно учитываются объем заправляемого топлива, коэффициент сжимаемости и расход биогаза. Для более обоснованного

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

анализа и выбора подходящего топлива для применения ДВС автотракторной техники предложен алгоритм оценки эффективности.

Ключевые слова: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, БИОГАЗ, АВТОТРАКТОРНАЯ ТЕХНИКА, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, ЭНЕРГОСОДЕРЖАНИЕ, СЕБЕСТОИМОСТЬ

Введение

Выход сельскохозяйственной продукции напрямую зависит от оптимально выбранной технологии ведения всех видов работ – начиная от семенного материала, подготовки полей, своевременности ухода и уборки урожая, технической исправности МТП и наличия достаточного объема топлива и горюче-смазочных материалов (ГСМ). Проведённый анализ показал, что возделывание сельскохозяйственных культур в труднодоступных районах Республики Саха (Якутия) напрямую зависит от многих факторов и, в частности, от наличия энергетических ресурсов в виде ГСМ. Это объясняется тем, что не всегда возможно обеспечить автотракторную технику достаточным количеством ГСМ из-за короткого времени, отведенного для их доставки природно-климатическими условиями. Предварительными исследованиями установлено, что решать данную проблему в таких регионах необходимо за счёт возможного использования местных энергетических ресурсов путём их переработки. При этом при оценке эффективности таких работ за основу должны быть взяты производственно-технологические или энергетические затраты.

Целью работы является разработка экономико-математической модели для оценки эффективности использования биогазового топлива в автотракторной технике в сельском хозяйстве.

Материалы и методы исследования

Исходя из выше сказанного, эффективность использования местных энергоресурсов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в данных условиях можно считать приемлемой при условии:

$$ПТЗ = \sum\left(C_э + E \cdot K\right) \to \min, \quad (1)$$

где: $C_э$ – эксплуатационные затраты на производство моторного биогаза, получен-

ного на основе использование местных энергоресурсов, руб.;

E – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

K_i – капитальные затраты на использование местных энергоресурсов, руб.

В то же время установлено, что существующие технические средства по переработке местных сырьевых ресурсов в альтернативное топливо (моторный биогаз) не всегда приемлемы по ряду причин, главной из которых является их универсальность.

В качестве критерия оценки работы данных технических средств по переработке местных ресурсов в альтернативное топливо [1] необходимо принять следующие показатели, способные дать оценку их работы:

- температурный режим – T_p, при котором возможна работа автотракторной техники на моторном биогазе.

$$T_p = f\left(ПТФ, КТФ\right) \geq \left[T_o\right], \tag{2}$$

где: $ПТФ$ – совокупность производственно-технологических факторов;

$КТФ$ – совокупность конструктивно-технологических факторов;

- необходимый состав (смесь) – $M_{см}$ моторного биогаза, требуемого для работы двигателя автотракторной техники [2, 3]:

$$M_{см} = f\left(ПТФ, КТФ\right) \geq \left[M_{см}\right], \tag{3}$$

где: $[M_{см}]$ – допустимый состав моторного биогаза, необходимый для нормальной работы двигателя внутреннего сгорания автотракторной техники;

- необходимый объём – V_a альтернативного топлива для выполнения сельскохозяйственной операции МТА:

$$V_a = f\left(ПТФ, КТФ\right) \geq \left[V_a\right], \tag{4}$$

где: $[V_a]$ – допустимый необходимый запас альтернативного топлива на автотракторной технике.

На данном этапе, на основе априорной информации известно, что в зависимости от изменения температуры окружающей среды наполняемость баллонов газовым моторным топливом не одинакова – при заполненных полностью баллонах автотракторные техники выполняют различный объём работ. Исходя из этого необходимо учитывать и рассмотреть степень сжатия – Z [4].

Необходимый объем моторного биогаза для заполнения баллона, установленного

на автотракторной технике, напрямую зависит от совокупности производственно-технологических и конструктивно-технологических факторов:

$$\left.\begin{aligned} W &= f\left(t_{p,}N_e\right) \to \max; \\ V_a &= f\left(KT\Phi, Z\right) \to \max; \\ M_{см} &= f\left(KT\Phi, x\right) \to opt. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

где: W – производительность автотракторной техники, га/ч;

N_e – эффективная мощность ДВС автотракторной техники;

x – доля выгоревшего топлива в процессе сгорания [5].

Результаты исследований

Проведённый анализ показал, что наиболее полную и объективную оценку использования биогаза, полученного за счёт использования внутренних источников энергии, можно провести с помощью энергетического эквивалента и энергосодержания в полученном дополнительном продукте. В соответствии с нашими исследованиями энергетический эффект от полученный дополнительной продукции напрямую зависит от времени работы МТА, объёма альтернативного топлива, степени сжатия и эффективной мощности двигателя.

Главным критерием оценки эффективности получения и использования моторного биогаза является себестоимость полученной дополнительной продукции и при этом должно выполняться условие:

$$C = \frac{ПТЗ}{Q} = \frac{\sum(C_э + EK)}{Q} \to \min, \quad (6)$$

где: Q – объём полученной продукции, га.

С учетом колебания цен выразим себестоимость полученной продукции от использования моторного биогаза через энергозатраты:

$$C = \frac{ПТЗ}{Q} = \frac{\sum E_{зi} \cdot B}{Q} \to \min, \quad (7)$$

где: $E_{зi}$ – энергозатраты на производство продукции [6], включая энергозатраты на производство моторного биогаза, кДж;

B – стоимостной эквивалент единицы энергозатрат, руб./кДж.

В нашем случае процесс получения моторного биогаза будет эффективен только тогда, когда энергозатраты на его производство будут меньше, чем энергозатраты заключённые в полученном продукте. При этом весь объём работ будет исполнен:

$$\Delta E = E_к - E_э \to \max, \tag{8}$$

соответственно, объём работ полностью выполнится и коэффициент эффективности от использования моторного биогаза составит:

$$k_э = \frac{E_к}{E_э} > 1, \tag{9}$$

где: $E_э$ – полные удельные энергозатраты на производство моторного биогаза, кДж для получения 1м^3 биогаза;

$E_к$ – энергетический эквивалент и энергосодержание в полученном дополнительном продукте, кДж при сгорании 1м^3 биогаза.

Энергетический эквивалент, заключённый в полученной дополнительной продукции от объема выполненных работ, Q, соответственно напрямую зависит от производительности автотракторной техники, W.

$$E_к = E_п \cdot Q = E_п \cdot W \cdot t_p, \tag{10}$$

где: $E_п$ – энергозатраты на производство продукции (например, для вспашки 1га земли);

t_p –затраченное время при сгорании биогаза, ч.

Производительность автотракторной техники, соответствующее текущему значению КПД ($\eta_т$) за час работы техники, определяется по формуле 11 [7-10]:

$$W = \frac{0{,}36 \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot N_e}{K_a}, \tag{11}$$

где: η_m – соответствующее текущему значению КПД трактора;

τ – коэффициент использования времени смены;

N_e – оптимальное значение эффективной мощности двигателя;

K_a – удельное сопротивление автотракторной техники, кН/м.

$E_э$ – полные удельные энергозатраты на производство моторного биогаза, кДж, зависят от следующих затрат: на изготовление метантенков, уборку и подготовку навоза к переработке, стоимостей компрессорной станции и баллонов высокого давления.

$$E_э = \int\left(C_м, C_у, C_к, C_б\right) \tag{12}$$

Объём работ, выполняемый с использованием моторного биогазового топлива, выразим через производительность автотракторной техники:

$$Q_p = t_p \cdot W = W \cdot \frac{V_{зб}}{V_p}, \tag{13}$$

где: $V_{зб}$ – объем заправляемого биогаза, м^3;

V_p – расход биогаза за час, м^3/ч.

В общем случае объём заправляемого биогаза будет зависеть от температуры окружающей среды и коэффициента сжимаемости:

$$V_{зб} = f(P, T, Z) \tag{14}$$

Тогда, в общем виде экономико-математическая модель оценки эффективности использования альтернативного топлива может быть представлена в следующем виде:

$$C = \frac{ПТЗ}{Q_p} = \frac{\sum E_{зi} \cdot B}{Q_p} \to \min \tag{15}$$

На основании вышеизложенного себестоимость произведённой продукции будет зависеть от x – доли выгоревшего топлива в процессе сгорания, N_e – эффективной мощности, $\eta_т$ – соответствующее текущему значению КПД трактора, t_p – затраченное время при сгорании биогаза, ч, W – производительности автотракторной техники, $V_{зб}$ – объема заправляемого биогаза, V_p – расхода биогаза за смену, Q_p – объёма работ.

$$C = f\left(x, N_e, \eta_e, t_p, W, V_{зб}, Z, V_p, Q_p\right) \tag{16}$$

Теоретические исследования позволили предложить обоснованный алгоритм оценки эффективности применения биогаза в автотракторной технике, представляющий собой схему для анализа и выбора наиболее подходящего топлива для применения ДВС автотракторной техники (рис. 1).

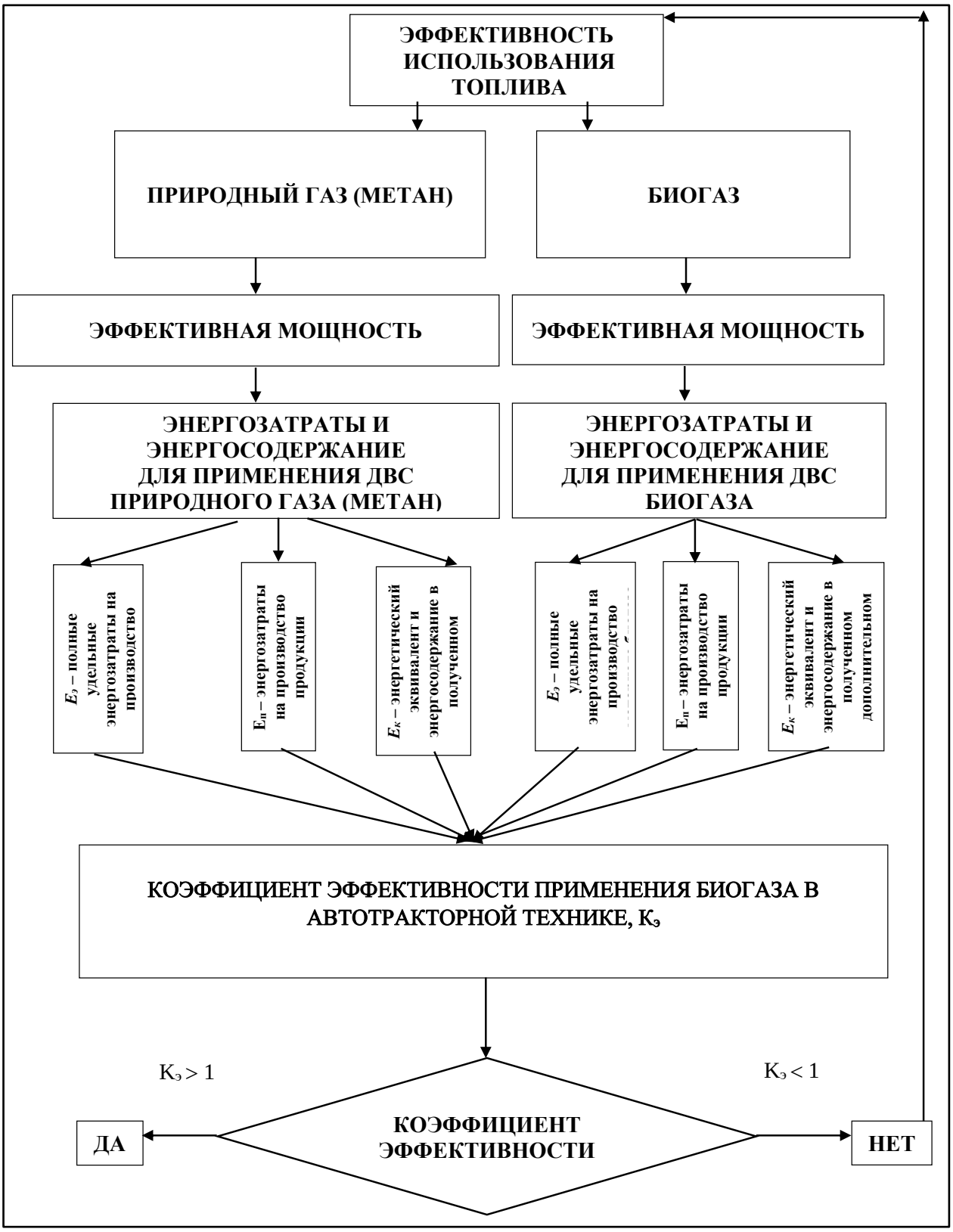

Рис. 1. Алгоритм оценки эффективности применения биогаза в автотракторной технике

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Выводы

Предложенная нами экономико-математическая модель дает научно обоснованную и объективную оценку уровня использования биогазового топлива в ДВС автотракторной техники для выполнения сельскохозяйственных работ.

При использовании биогаза в качестве моторного топлива в автотракторной технике существуют реальные пути повышения энергетической эффективности сельскохозяйственных предприятий, находящихся в удаленных и труднодоступных населенных пунктах.

Список использованных источников:

1. Елькин И.Р., Дуняшева А.Д. Биогаз как перспективный источник альтернативного моторного топлива // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: Сборник статей / Отв. за выпуск Н.М. Итешина. – Т. 1 (14). – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. - 2022. – С. 2174–2179.

2. Григорьев С.И., Старостин К.В., Петров Н.В. Результаты расчёта эксплуатации автомобильного биогазового ДВС // Автомобильная промышленность. – 2017. – № 12. – С. 4–5. – EDN VVWRPV.

3. Семенова О.П. Обоснование применения биогаза в качестве моторного топлива в фермерских хозяйствах // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2016. – № 4(12). – С. 10. – EDN XHTTTR.

4. Петров Н.В. Определение коэффициента сжимаемости биогазового топлива для заправки сельскохозяйственной техники // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 5. – С. 351–356. – DOI 10.17816/0321-4443–109289. – EDN SGAAMC.

5. Петров Н.В. Методика расчета процесса сгорания в двигателе внутреннего сгорания при применении биогазового топлива // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2013. – Т. 10, № 5. – С. 53–57. – EDN RXMNSV.

6. Киреева Н.В., Бабанова Ю.В. Оперативное планирование производственного процесса как основа повышения эффективности управления энергозатратами на производство продукции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. – Т. 7, № 2. – С. 116–122. – EDN QBVRDL.

7. Джабборов Н.И. Научные основы энерго-технологической оценки и прогнозирования эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов. – Душанбе: Дониш, 1995. – 287 с. – ISBN 5-8366-0483-5. – EDN SHXXSF.

8. Джабборов Н.И., Эвиев В.А., Федькин Д.С. Методика оценки энергетической эффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве. –

Элиста: Издательство Калмыцкого университета, 2016. – 96 с. – ISBN 978-5-91458-186-9. – EDN VTNOYD.

9. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. – 200 с. – EDN XONHXY.

10. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Поликутина Е.С. Влияние перераспределения сцепного веса между мостами трактора на ширину захвата, буксование и производительность машинотракторного агрегата [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/1/st_106.doc.

Цитирование:

Петров Н.В., Татарникова П.А. Обоснование экономико-математической модели эффективности применения биогазового топлива для агропромышленного комплекса труднодоступных районов Якутии [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_321.pdf.