УДК 631.372: 621.436.1

**Оценка эффективности использования биодизельного топлива
в качестве моторного**

Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Апхудов Т.М., Ашабоков Х.Х.

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова

Аннотация

В статье проанализирована проблема замены традиционных топлив ископаемого происхождения альтернативными возобновляемыми видами топлива. Приведены показатели, характеризующие работу дизельного двигателя при его переводе на биодизельное топливо. Рассмотрены основные критерии, которые рекомендуются для оценки эффективности использования биодизельного топлива в качестве моторного.

Ключевые слова: ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ТОПЛИВО, СМЕСЬ, ЭКОЛОГИЯ, ПОКАЗАТЕЛЬ, КРИТЕРИЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Одним из крупнейших потребителей жидких нефтяных топлив являются двигатели внутреннего сгорания автомобилей. Их массовое использование также стало причиной значительного ухудшения экологического состояния окружающей среды. Как известно, выбросы вредных веществ от двигателей внутреннего сгорания в год в среднем составляют 39% от всего объема вредных выбросов, а в городах достигают 70...90 %. Поэтому в настоящее время ведется активный поиск альтернативных топлив для двигателей внутреннего сгорания, которые можно использовать без внесения изменений в конструкцию технического средства для улучшения его технико-экономических и экологических показателей [1-5].

В этой связи весьма перспективно использование биодизельного топлива (БДТ). Его источник – растительные масла, полученные из семян масличных (соя, подсолнечник, рапс) или других культур. БДТ, полученное из растительных масел, вполне пригодно для стандартных двигателей – в чистом виде или в смеси с обычным дизельным топливом.

Анализ основных характеристик биомассы как топлива показывает основное ее отличие от традиционно сжигаемого угля. Биомасса, как правило, дает больший выход летучих веществ, чем уголь, и содержит больше кислорода. Низкое содержание золы в биомассе (около 1%) способствует уменьшению выбросов твердых частиц, а больший размер зольных частиц и их склонность к агломерации обеспечивают повышение эффективности фильтров.

Опыт совместного сжигания угля и биомассы показал сокращение эмиссии NO_x , что связано с более низким содержанием азота в биомассе, а также более ранним выходом и воспалением летучих веществ в начальной зоне факела. При сжигании высококачественного угля даже в топках с твердым шлакоудалением при добавлении биомассы происходит снижение максимальной температуры факела и, соответственно, уменьшение эмиссии термических NO_x . Кроме того, биотопливо содержит меньше серы, чем большинство используемых в энергетике углей. К тому же оно отличается высоким содержанием щелочных элементов. В результате от 5 до 10 % образующихся оксидов серы улавливается щелочными элементами, способствуют дополнительному снижению выбросов SO_2 . Таким образом, для любой угольной теплоэлектростанции отмеченные свойства биотоплива способствуют значительному улучшению экологических характеристик по сравнению с традиционным сжиганием угля [1-3].

Производство и использование БДТ получило наибольшее развитие в европейских странах. Более двух третей мощностей по производству БДТ приходится на Германию, Италию и Францию. Объемы его производства растут с темпом нескольких десятков процентов в год.

Таким образом, использование БДТ позволит не только уменьшить количество вредных выбросов отработанных газов дизеля, но и уменьшить финансовые расходы на топливо и зависимость от традиционных нефтяных топлив.

Вместе с тем физико-химические свойства БДТ отличаются от дизельного, поэтому имеют место отдельные особенности протекания рабочих процессов двигателя, что, в свою очередь, влияет на технико-экономические и экологические показатели технического средства [6-11].

К техническим показателям технического средства и двигателя относятся: эффективная мощность, эффективный крутящий момент, эффективный коэффициент

полезного действия и механический коэффициент полезного действия. Использование БДТ для питания дизелей обуславливает выделение меньшего количества теплоты при сгорании рабочей смеси в цилиндрах двигателя с одинаковой цикловой подачей, что, в свою очередь, ведет к уменьшению мощности двигателя.

Эффективная мощность двигателя N_e рассчитывается по формуле (кВт):

$$N_e = p_e \frac{nV_h}{30\tau}, \quad (1)$$

где: p_e – среднее эффективное давление, Па; n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ; V_h – рабочий объем двигателя, м^3 ; τ – показатель тактности двигателя (2 или 4).

Из перечисленных параметров на мощность двигателя при использовании БДТ влияет только среднее эффективное давление p_e , которое рассчитывается по формуле (Па):

$$p_e = \frac{Q_H \eta_i}{\ell_0 \alpha} \eta_v \rho_B \eta_M, \quad (2)$$

где: Q_H – низшая теплота сгорания топлива, кДж/м^3 ; ℓ_0 – количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг; η_i – индикаторный КПД; α – коэффициент избытка воздуха; η_v – коэффициент наполнения; ρ_B – плотность воздуха, кг/м^3 ; η_M – механический КПД.

При использовании БДТ низшая теплота сгорания воздуха уменьшается, а коэффициент избытка воздуха увеличивается, что приводит к снижению среднего эффективного давления и, соответственно, эффективной мощности двигателя.

Эффективная мощность двигателя N_e и эффективный крутящий момент M_e (Н·м) связаны зависимостью:

$$M_e = \frac{\pi N_e}{3 \cdot 10^4}. \quad (3)$$

Поэтому при изменении эффективного крутящего момента пропорционально изменяется и эффективная мощность двигателя.

Использование БДТ влияет на эффективный КПД η_e , который определяется по формуле:

$$\eta_e = \frac{p_e V_{\text{ц}}}{q_{\text{цп}} \rho_T Q_H}, \quad (4)$$

где: $V_{\text{ц}}$ – рабочий объем одного цилиндра, м³; $q_{\text{цп}}$ – объемная цикловая подача, кг/цикл;
 ρ_T – плотность топлива, кг/м³.

При использовании БДТ уменьшаются среднее эффективное давление и низшая теплота сгорания, что приводит к падению эффективного КПД.

Использование смеси топлив в качестве топлива для дизеля влияет на механический КПД η_M , определяемый по формуле:

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_e + N_M}, \quad (5)$$

где N_M – мощность механических потерь, кВт.

Механический КПД двигателя, в основном, зависит от мощности механических потерь, однако с использованием БДТ эффективная мощность двигателя уменьшается, что приводит к ухудшению механического КПД.

Таким образом, приведенные выше технические показатели дают возможность в полной мере оценить влияние на дизель при переводе его на работу на БДТ, который с увеличением процентного содержания БДТ в смеси возрастает.

К экономическим показателям дизеля относятся удельный эффективный расход топлива, часовой расход топлива и суммарный часовой расход топлива.

Удельный эффективный расход топлива g_e определяется по формуле (кг/(кВт·ч)):

$$g_e = \frac{3600}{Q_H \eta_e}. \quad (6)$$

Учитывая, что низшая теплота сгорания БДТ меньше, чем в ДТ, то это также приведет к росту часового расхода смеси топлив G_T (кг/ч):

$$G_T = N_e g_e. \quad (7)$$

Часовой расход топлива зависит от удельного эффективного расхода, который, в свою очередь, зависит от низшей теплоты сгорания топлива. При работе двигателя на смесях с различным процентным содержанием топлив ее низшая теплота сгорания будет меняться, и, соответственно, расход топлива тоже будет меняться. Поэтому для оценки топливной экономичности технического средства, двигатель которого работает на БДТ, принято переводить расход топлива в тепловые единицы.

Часовой расход теплоты БДТ $Q_{БДТ}$ при подаче смеси топлива в двигатель (кВт):

$$Q_{БДТ} = Q_{Н_{БДТ}} G_{БДТ}, \quad (8)$$

где: $Q_{Н_{БДТ}}$ – низшая теплота сгорания БДТ, кДж/м³; $G_{БДТ}$ – часовой расход БДТ, кг/ч.

Приведенный (эквивалентный) часовой расход:

$$G_{T_{БДТ}} = \frac{Q_{БДТ}}{Q_{Н_{ДТ}}}, \quad (9)$$

где $Q_{Н_{ДТ}}$ – низшая теплота сгорания ДТ, кДж/м³.

Суммарный часовой расход $G_{n\Sigma}$:

$$G_{T\Sigma} = G_{T_{БДТ}} + G_{T_{ДТ}}, \quad (10)$$

где $G_{T_{ДТ}}$ – часовой расход ДТ, кг/ч.

Путем сравнения суммарного часового расхода БДТ и суммарного часового расхода ДТ при идентичных режимах работы технического средства оценивается топливная экономичность дизеля.

Таким образом, указанные экономические показатели дают возможность в полной мере оценить влияние перевода автомобиля с дизелем на работу на БДТ.

Наиболее показательным критерием для оценки экологических показателей технических средств является дымность отработанных газов, которая обусловлена наличием дисперсных частиц (сажи, оксидов, несгоревших углеводородов), образующихся при сгорании топлива и масла. Как правило, дымность определяется зависимостями, полученными экспериментальным путем. Аналитическое выражение в явном виде, характеризующее дымность отработанных газов дизеля, может быть получено аппроксимированием экспериментальных данных.

Для оценки эффективности протекания рабочих процессов в цилиндре дизеля можно использовать такие показатели, как количество теплоты, подаваемое в цилиндр, длительность протекания рабочих процессов и все приведенные выше критерии.

В цилиндр дизеля за один цикл впрыскивается топливо, при сгорании которого выделяется количество теплоты Q (кВт):

$$Q = Q_H q_{ц}, \quad (11)$$

где $q_{ц}$ – цикловая подача топлива, кг/цикл.

Низшая теплота сгорания БДТ меньше, чем ДТ, поэтому количество теплоты, которое выделится в цилиндре дизеля при неизменной цикловой подаче смеси топлива, уменьшится.

Продолжительность протекания рабочих процессов в цилиндре дизеля оценивается по продолжительности процессов впрыска, испарения и сгорания топлива. Поскольку допустимое значение продолжительности этих процессов будет меняться в зависимости от угла опережения впрыска смеси топлив, то для удобства целесообразно оценивать эффективность протекания рабочих процессов в цилиндре дизеля по значению угла п.к.в. дизеля при окончании горения смеси топлив $\varphi_{огс}$ (град):

$$\varphi_{огс} = 360^\circ - \theta_{впр} + \varphi_{впр} + \varphi_{пгс}, \quad (12)$$

где: $\theta_{впр}$ – угол опережения впрыска топлива, град; $\varphi_{впр}$ – продолжительность впрыска, с; $\varphi_{пгс}$ – продолжительность горения смеси топлива, с.

Выводы

В качестве основных критериев оценки показателей технического средства с дизельным двигателем при переводе его на работу на БДТ рекомендуются эффективный крутящий момент, часовой и суммарный часовой расход топлива, дымность отработавших газов. Для оценки эффективности протекания рабочих процессов в цилиндре дизеля рекомендуется значение угла п.к.в. дизеля при окончании горения БДТ.

Список использованных источников

1. Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Шекихачева Л.З., Болотоков А.Л. Экологические требования к автотранспортным средствам // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. - 2019. - № 4 (26). - С. 75-80.
2. Батыров В.И., Шекихачев Ю.А. Особенности перевода дизеля на работу на смеси дизельного и биодизельного топлива // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. - 2020. - № 4 (30). - С. 65-69.
3. Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Шекихачева Л.З. Использование биотоплива в качестве альтернативного источника энергии в сельском хозяйстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. - 2019. - № 2 (24). - С. 100-105.
4. Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Шекихачева Л.З., Болотоков А.Л. Экспериментальное исследование влияния состава композиционного биотоплива на мощностные и экологические показатели дизеля [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо. - Электронный научно-производственный журнал. - 2019. - № 1. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2019/1/st_120.doc.
5. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Gubzhokov Kh.L., Bolotokov A.L. Vegetal fuel as environmentally safe alternative energy source for Diesel engines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - 663(1). - 012049. - DOI [10.1088/1757-899X/663/1/012049](https://doi.org/10.1088/1757-899X/663/1/012049). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/663/1/012049>.
6. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Chechenov M.M., Kardanov H.B., Shekikhacheva L.Z. Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - 1515(4). - 042029. - DOI: [10.1088/1742-6596/1515/4/042029](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042029). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1515/4/042029/pdf>.
7. Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z., Bolotokov A.L., Gubzhokov H.L. Prediction of service life of auto-tractor engine parts // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - 862(3). - 032001. - DOI: [10.1088/1757-899X/862/3/032001](https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/3/032001). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/3/032001/pdf>.

8. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). - 1679. - 2020. - 042063. - DOI: [10.1088/1742-6596/1679/4/042063](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/4/042063). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1679/4/042063/pdf>.

9. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Bolotokov A.L., Shekikhacheva L.Z. Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 677. - 2021. - 042084. - DOI: [10.1088/1755-1315/677/4/042084](https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042084). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/677/4/042084/pdf>.

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Bolotokov A.L., Shekikhacheva L.Z. Influence of fractional composition of fuel on engine performance // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 677. - 2021. - 042086. - DOI: [10.1088/1755-1315/677/4/042086](https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042086). - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/677/4/042086/pdf>.

11. Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Болотоков А.Л., Шекихачева Л.З. Оптимизация состава биотопливной смеси // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. - 2019. - № 3 (25). - С. 90-96.

Цитирование:

Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Апхудов Т.М., Ашабоков Х.Х. Оценка эффективности использования биодизельного топлива в качестве моторного [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/5/st_529.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20215529>