

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ И ОЦЕНКА ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

О.М. Горелова, Н.Н. Горлова, К.С. Боков

*В работе представлены исследования по созданию технологии производства экологически чистого бензина на основе газового конденсата с добавлением этанола. Производство подобного топлива позволит более эффективно перерабатывать газовый конденсат, а его использование снизит содержание оксида углерода, углеводородов и взвешенных частиц в выхлопных газах автотранспорта.*

*Ключевые слова: производство, газовый конденсат, этанол, топлива, снижение, оксид углерода, углеводороды, взвешенные частицы, выхлопные газы, автотранспорт, экономическая эффективность.*

### Введение

Вред, наносимый окружающей среде выхлопами бензиновых двигателей, приобретает все более глобальный характер. В настоящее время ассортимент и качество вырабатываемых и применяемых автобензинов определяется не только техническими возможностями (нефте- и газо-) переработки, а также экологическими характеристиками. Соблюдение этих современных экологических стандартов по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу возможно при использовании биотоплива: бензина, полученного на основе газоконденсата, с добавлением биоэтанола.

Этанол нетоксичен и растворим в воде, не вызывает загрязнения грунтовых вод. При разливе биотоплива, этанол разлагается естественным образом быстрее других составляющих, не нанося при этом вреда окружающей среде. Спирт является возобновляемым ресурсом, в то время как образование ископаемых топлив (уголь, нефть) занимает миллионы лет. Этанол, обладая высоким октановым числом и энергетической ценностью, является отличным моторным топливом [1].

Несмотря на коррозионную активность биоэтанола, двигатель внутреннего сгорания может работать на нем после минимальных конструктивных изменений - фактически, можно обойтись использованием стойких к спиртам материалов. По экономическим и техническим причинам, использование биоэтанола в качестве топлива для автомобильных двигателей в своем натуральном (100%) виде нецелесообразно.

Как правило, обычно этанол использует-

ся в смеси с бензином. А использование бензинов с содержанием спирта до 10% допустимо и в стандартных ДВС. В зависимости от содержания спирта биотопливные смеси обозначаются E5, E10, E85 и т.д. (где E - от английского ethanol, а цифры - объемная доля спирта в процентах).

В настоящее время уже более половины мирового производства этанола используется в качестве добавки к топливу для двигателей внутреннего сгорания (бензина), и лишь около 15% для производства спиртных напитков. В большинстве случаев применяют не чистый биоэтанол, а в смеси с бензином для повышения его октанового числа и снижения токсичности отработанных газов.

Топливные смеси, содержащие этанол, сегодня успешно используются во всех типах автомобильных двигателей, работающих на бензине. Добавка этанола в бензин удешевляет его, а выхлопные газы становятся практически безвредными.

Самые распространенные смеси биоэтанола - E5, E7, E10. Небольшой объем биоэтанола очень полезен не только тем, что физически и химически замещает 5-10% бензина, но и подавлением метил-трет-бутилового эфира, одной из самых вредных добавок к топливу, повышающей его октановое число. Само по себе подобное замещение существенно снижает не только загрязнение окружающей среды, но и понижает канцерогенность автомобильных выхлопов.

Смесь в виде 10 объемных процентов этанола с 90 процентами неэтилированного бензина получила название «газохол» или неэтилированное топливо. Топливо E10 ши-

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ И ОЦЕНКА ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

роко применяется при эксплуатации автомобиля в течение всего гарантийного срока, его можно использовать и в двигателях малого объема: в газонокосилках, лодочных моторах, бензопилах, машинках для стрижки газонов и тому подобных устройствах. Смесь E-10, подходит для использования во всех видах автомобилей, улучшает работу двигателя путем добавления 2-3 октановых единиц к детонационной стойкости топлива, противодействует перегреву двигателя, выполняет функцию антифриза топливпровода и не вызывает загрязнения топливной форсунки.

E85 является еще одним альтернативным вариантам топлива, пригодным к использованию в двигателях с измененной специально для этого конструкцией.

Добавление биоэтанола существенно уменьшает выделение вредных примесей, сопутствующих 100 % бензиновому топливу. Содержащийся в этаноле кислород, позволяет более полно сжигать углеводороды топлива. 10 % -е содержание этанола в бензине позволяет сократить выбросы аэрозольных частиц до 50 %, выбросы CO - на 30 %. Этанол также снижает образование вторичной пыли, уменьшает количество ароматических углеводородов в бензине, снижает токсичность выхлопа на 21 %.

С энергетической точки зрения, преимущества спиртов заключаются, главным образом, в высоком коэффициенте полезного действия (КПД) рабочего процесса и высокой детонационной стойкости. Величина КПД спиртового двигателя выше бензинового во всем диапазоне рабочих смесей, благодаря чему удельный расход энергии на единицу мощности снижается [2].

Этанол имеет недостатки, из-за которых он до настоящего времени широкого распространения не получил:

1. Теплотворная способность этанола почти на 30 % меньшая, чем у бензина, а следовательно, и меньшая мощность, развиваемая двигателем. Однако, как показал опыт США, данный недостаток в значительной степени компенсируется большей полнотой сгорания "спиртованного" бензина: увеличения расхода топлива при переходе от бензина к газохолу E10 практически не обнаружено.

2. Биотопливо характеризуется фазовой нестабильностью при обводнении, т. е. происходит расслоение смесей. Но решение проблемы уже найдено: это - введение в этанол-содержащее топливо определенных добавок,

а также обеспечение условий, препятствующих попаданию воды в топливо.

3. Наличие в спиртах полярной гидроксильной группы, которая делает их химически более активными, чем традиционные виды топлив. Спирт является сильнейшим органическим растворителем и активно разъедает резиновые и пластиковые детали топливной системы. Чтобы этого избежать, в состав биотоплива нужно вводить специальную присадку, повышающую значение кислотного параметра pH [3].

Производство биоэтанола во многих странах мира позволяет им уменьшать свою энергетическую зависимость от поставщиков нефтяных и газовых ресурсов.

Газовый конденсат, получаемый как попутный продукт добычи природного газа, является альтернативным сырьем и позволяет сохранять традиционные исчерпаемые природные ресурсы, такие как нефть и каменный уголь. В ближайшем будущем темпы его добычи возрастут в основном за счет эксплуатации месторождений Западной Сибири.

На сегодняшний день нет технологии, позволяющей эффективно перерабатывать газовые конденсаты и производить на их основе востребованные продукты высокого качества. Бензины, производимые из газа, отличаются низкими октановыми числами и не могут конкурировать с нефтяными бензинами.

Добавка абсолютированного этанола в бензин из газового конденсата улучшит его эксплуатационные свойства и создаст продукт, соответствующий современным требованиям экологии.

Производство биотоплива - смеси бензина и абсолютированного этанола на основе газовых конденсатов является примером рационального природопользования. Оно способно в значительной степени стимулировать сельскохозяйственное производство, экономику и улучшать состояние окружающей среды [4].

### Экспериментальная часть

Целью работы было создание технологии производства биотоплива E10 на основе газовых конденсатов Уренгойского месторождения и с использованием абсолютированного этанола. Обезвоживание ректифицированного этанола до остаточного содержания воды не более 0,05 % масс. также станет частью данной технологии.

Объектом исследований послужили об-

разцы светлого и темного газового конденсата Уренгойского месторождения.

Газолин - это природное углеводородное сырье, он состоит из множества компонентов, и при изучении его состава реализуются те же подходы, что и при изучении состава нефтей. Поскольку определение покомпонентного состава является трудоемким процессом, чаще всего определяют фракционный состав смесей. Соединения, испаряющиеся в заданном промежутке температуры, называются фракциями, а температуры начала и конца кипения - границами кипения фракции или пределами выкипания. Таким образом, фракционирование - это разделение сложной смеси компонентов на более простые смеси или даже отдельные составляющие[5].

Оценить фракционный состав смеси возможно с помощью ректификационного анализа или, так называемой разгонки по истинным температурам кипения (ИТК).

Ректификационный анализ осуществлялся на стандартной лабораторной колонне периодического действия «КТР» Клинского завода «Химлаборприбор» при атмосферном давлении. Высота ректифицирующей части колонны 1100 мм, диаметр - 20 мм. Ректифицирующая часть заполнена стеклянной насадкой, которая представляет собой одновитковые спирали диаметром около 2,5 мм с толщиной нити 0,4 мм. Общая эффективность колонны определялась по смеси бензол-дихлорэтан и составила 40 т.т. Определение массы фракций проводилось на аналитических весах с точностью 0,001 г.

Последовательный отбор проб проводился при флегмовых числах порядка  $R=30-35$ . В ходе разгонки контролировались температура паров в верхней части колонны и температура в кубе термометрами с ценой деления  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

При достижении температуры паров  $25^{\circ}\text{C}$  устанавливали флегмовое число и начинали отбор дистиллята. Разгонку завешали после прекращения орошения в колонне.

Температуры кипения определяли с учетом поправки на давление (отличие атмосферного давления от стандартного - 760 мм рт. ст.), которую определяли по формуле [6]:

$$t_p = 0,00016 \cdot (760 - P) \cdot (273,15 + T_{\text{кип}}),$$

$$T_{\text{ист}} = T_{\text{кип}} + t_p,$$

где  $T_{\text{кип}}$  - температура кипения смеси,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$P$  - атмосферное давление по барометру, мм рт. ст.;

$T_{\text{ист}}$  - истинная температура кипения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_p$  - поправка температуры кипения, учитывающая отличие атмосферного давления

от стандартного,  $^{\circ}\text{C}$ .

Технические возможности лабораторной ректификационной установки позволили выделить из смеси фракции с температурой кипения до  $180^{\circ}\text{C}$ .

При выходе колонны на рабочий режим происходит удаление растворенных газов из газолина, а также легкокипящих углеводов

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графической зависимости на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1 - Материальный баланс фракционирования газового конденсата Уренгойского месторождения

| Фракция |                      | Пределы температур кипения, $^{\circ}\text{C}$ | Доля фракции от загрузки, % масс. |
|---------|----------------------|--|-----------------------------------|
| 1.      | Нестабильная головка | 25- 62   | 20,67                             |
| 2.      | Бензиновая           | 62-150   | 57,59                             |
| 3.      | Керосиновая          | 150-180  | 7,30                              |
| 4.      | Кубовый остаток      | свыше 180                                      | 10,00                             |
| 5.      | Потери               | до 25  | 4,44                              |

По результатам ректификационного анализа можно сделать следующие выводы:

- содержание прямогонной бензиновой фракции, если при промышленной переработке предполагается отбор керосиновой фракции составляет 59,57 % масс.;

- если при промышленной переработке отбор керосина не предусмотрен, то содержание прямогонного бензина в изучаемом конденсате составит 64,89 % масс.

Бензины на основе газового конденсата характеризуются низкими октановыми числами, поэтому прямогонные бензиновые фракции целесообразно подвергать каталитическому риформингу.

Повышение октанового числа и улучшение экологических характеристик моторного топлива можно достичь добавлением абсолютного этилового спирта. Причем добавка биоэтанола в бензин, не превышающая 10 % масс. Не потребует изменения конструкции ДВС.

Таким образом, на основании исследований, была предложена технология производства топлива типа Е10 («газохол»).

Технологическая схема производства биотоплива состоит из одной ректификационной колонны периодического действия, узла обезвоживания и установки компаундирования.

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ И ОЦЕНКА ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

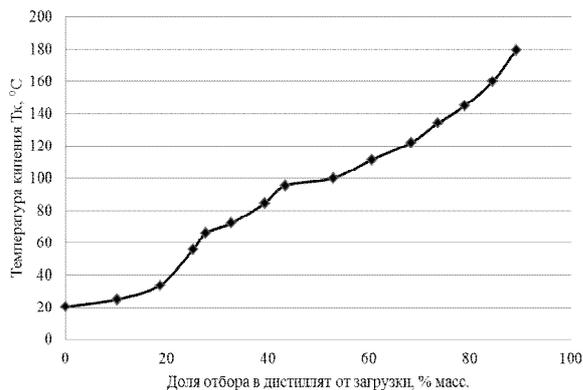


Рисунок 1 - Зависимость температуры кипения фракции от доли отбора в дистиллят

Таблица 2 - Сводные показатели бизнес-плана

| Наименование                               | Единицы измерения | Значение |
|--|-------------------|----------|
| 1.Производственная мощность                | т/год             | 19930,13 |
| 2.Объем производства продукции             | т/год             | 2768,35  |
| 3.Выручка от реализации продукции          | тыс. руб.         | 61146,52 |
| 4.Себестоимость годового выпуска продукции | тыс. руб.         | 54745,08 |
| 5.Себестоимость единицы продукции          | тыс. руб.         | 19,77    |
| 6.Цена за единицу продукции                | тыс. руб.         | 22,08    |
| 7.Прибыль от реализации                    | тыс.руб.          | 6401,43  |
| 8.Чистая прибыль                           | тыс. руб.         | 4865,09  |
| 9.Рентабельность продукции                 | %                 | 8,87     |
| 10.Рентабельность продаж                   | %                 | 7,96     |
| 11.Инвестиции в проект                     | тыс.руб.          | 3187,65  |
| 12.Рентабельность инвестиций               | %                 | 44,33    |
| 13.Индекс доходности                       | -                 | 2,21     |
| 14.Срок окупаемости инвестиций             | год               | 2,26     |

На колонне будет производиться разделение газового конденсата с получением «нестабильной головки» и прямогонного бензина.

Оценка целесообразности внедрения разработанной технологии проводится на основании экономической оценки затрат и получаемых результатов. Для этого были проведены расчеты основных технико-экономических результатов. Основными показателями, характеризующими предлагаемую деятельность являются: себестоимость единицы и годового выпуска продукции, цена, прибыль, рентабельность продукции, продаж, инвестиций, а так же период окупаемости инвестиций.

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/1 2012

В результате проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

- при вложении инвестиций в размере 3187,65 тыс.руб. прибыль от реализации составляет 6401,43 тыс.руб.;

- срок окупаемости инвестиций составляет 2,26 года, что в пределах нормативного значения для предприятий химической промышленности.

### Заключение

В результате проведенных исследований была предложена технология производства экологичного топлива на основе газового конденсата Уренгойского месторождения и с использованием возобновляемого энергетического ресурса - биоэтанола. Предлагаемое решение позволит повысить эффективность использования газа и снизить загрязнение атмосферы автотранспортом

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследовано в России [Электронный ресурс]: Топливные смеси этанола - Режим доступа: <http://www.bioethanol.ru/bioethanol/technology/Mini/>
2. Международные автомобильные перевозки [Электронный ресурс]: Технология получения биоэтанола - Режим доступа: <http://autom.boom.ru/spirtus.htm>
- 3 Исследовано в России [Электронный ресурс]: Электронный журнал. - Спирт на службе энергетики. - Режим доступа: [http://www.map.asmap.ru/4\(68\)\\_06/toplivo.htm](http://www.map.asmap.ru/4(68)_06/toplivo.htm)
4. Исследовано в России [Электронный ресурс]: - текст статьи «Газовые конденсаты»/ Химическая энциклопедия. - Режим доступа: <http://www.sergey-osetrov.narod.ru/>
5. Певнева, И.А. Создание ресурсосберегающей технологии переработки каменноугольного сырья бензола/И.А. Певнева, О.М. Горелова, Л.Ф. Комарова//Ползуновский вестник, № 6, 2006, С. 43-47
6. Вайсбергер, А. Органические растворители/А. Вайсбергер, Э. Проскауэр, Дж. Риддик // Физические и химические методы очистки.- М.:ил., 1958, - 518 с.

**Горелова О.М.**, к.т.н., доц. кафедры Химической техники и инженерной экологии,  
e-mail: [htie@mail.ru](mailto:htie@mail.ru),  
тел. (83852) 245519

**Горлова Н.Н.**, к.т.н., доц. кафедры Экономики и организации производства, докторант  
e-mail: [at-05@list.ru](mailto:at-05@list.ru),  
тел. (83852) 290815

**Боков К.С.**, аспирант кафедры Автомобили и тракторы  
e-mail: [at-05@list.ru](mailto:at-05@list.ru),  
тел. (83852) 290815

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,  
656038, Барнаул, просп. Ленина, 46