

12. Систер В.Г., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М., Луговой Ю.В. Апробация методик пиролиза на экспериментальном стенде // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2011, №4, стр. 37-40,
13. Косивцов Ю.Ю., Систер В.Г., Майков К.М., Петров А.А. Опытнo-промышленная установка для каталитического пиролиза органических материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2011, №6, стр. 6-9,
14. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Сульман Э.М., Чалов К.В., Луговой Ю.В., Косивцов Ю.Ю. Совместный каталитический пиролиз торфа и нефтесодержащих отходов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2011, №9, стр. 26-27,
15. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков В.Г., Холманский А.С., Сорокина Е.Ю. Анализ зависимости выхода и состава газообразных продуктов пиролиза от химической структуры органического сырья // Химическая технология, № 4, 2011. с. 222 - 226
16. Систер В.Г., Молчанов В.П., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М., Иванникова Е.М., Ямчук А.И. Анализ и оптимизация процессов биокаталитической конверсии органогенных отходов с получением кормовых добавок заданного состава // Экология и промышленность России, №10, 2011. С.36-39
17. Систер В.Г., Ямчук А.И., Молчанов В.П., Додуда В.Ю., Сульман Э.М. Кинетическое моделирование и анализ механизмов образования аминокислот в процессе биоконверсии растительного сырья и органических отходов // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2012, №4, стр. 43-48
18. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Молчанов В.П., Гавриленко А.В., Сульман Э.М., Бочкова М.А. Некоторые аспекты биокаталитического синтеза незаменимых аминокислот в процессе биоконверсии органических отходов // Химическая технология, № 8, т.13, 2012. с. 474-481

Технологии получения биодизельного топлива

Чл-корр. РАН д.т.н. проф. Систер В.Г.¹, Иванникова Е.М.^{1,2}, Ямчук А.И.^{1,2}
1 Университет машиностроения
2ООО «Национальная инновационная компания
iegh510@yandex.ru

Аннотация. Представлены разработки кафедры «Инженерная экология городского хозяйства» Университета машиностроения в части получения биодизельного топлива из сырья растительного происхождения: гетерогенный катализ растительных масел (рапсового и др.), переэтерификация растительных масел сверхкритическим метанолом, безотходные циклы производства биотоплив и энергии из биомассы микроводорослей.

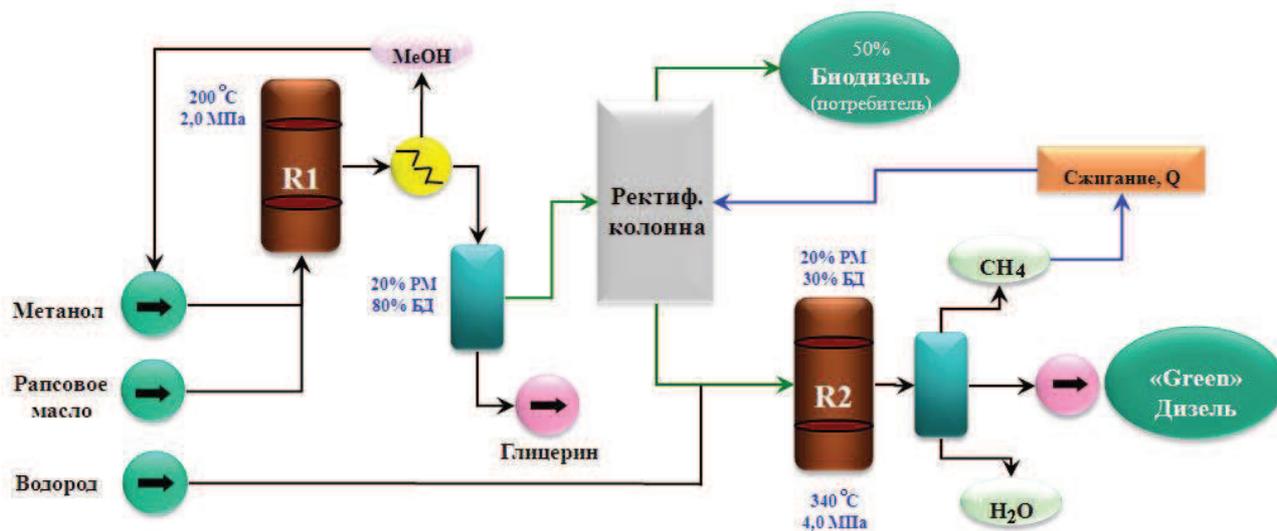
Ключевые слова: биодизельное топливо, биотопливо 3-го поколения, переэтерификация, рапс, микроводоросли, среда сверхкритического метанола, мини-ТЭС

Сотрудниками кафедры ИЭГХ много лет ведутся работы по созданию конкурентоспособных импортозамещающих технологий получения биодизельного топлива из сырья растительного происхождения.

Как известно, традиционный процесс получения биодизеля предусматривает использование гомогенных щелочных или кислотных катализаторов и включает 8 стадий: переэтерификация, две стадии сепарации от глицерина и свободных жирных кислот, промывка, нейтрализация, очистка биодизеля и две стадии отгонки спирта. Т.е. требуется многократная очистка получаемых продуктов и нейтрализация катализатора, что приводит к образованию

большого количества стоков, и сам биодизель не отличается высоким качеством. Побочный продукт – глицерин, также содержит значительные количества NaCl и в таком виде не имеет коммерческого применения.

Одной из основных разработок кафедры, осуществленной совместно с рядом российских научных организаций (Института катализа СО РАН, ФГУП «НАМИ», ООО «НИК» и др.), является новая технология получения биотоплива последовательным осуществлением стадий переэтерификации и гидрооблагораживания на специально разработанных для этих процессов гетерогенных катализаторах (см. рисунок 1).



**Рисунок 1. Схема процесса получения биодизеля из растительных масел:
R1 – реактор переэтерификации, R2 – реактор гидрооблагораживания**

Предлагаемый нами двухстадийный процесс переработки растительных масел имеет ряд преимуществ, которые заключаются в возможности получения двух типов биотоплива (биодизеля и высокоцетанового green-дизеля), отсутствии вредных стоков, а также в получении товарного глицерина и возможности организации теплосопряженной схемы с учетом сжигания побочного продукта – метана, которое полностью покрывает энергозатраты на эндотермические стадии двухстадийного процесса. Данная разработка готова к промышленной апробации, были разработаны исходные данные на проектирование, предназначенные для разработки проектной документации опытно-промышленной установки получения биодизельного топлива из сельскохозяйственного сырья мощностью 12000 тонн/год. Более подробно технология представлена в публикациях [1-7].

Также нами проведены работы по созданию технологии получения биодизельного топлива переэтерификацией растительных масел (рапсового и др.), жиров и их отходов сверхкритическим метанолом (см. рисунок.2).

Данный способ позволяет проводить переэтерификацию рапсового масла в среде сверхкритического метанола без катализатора за относительно невысокое время контакта от 0.5 до 10 минут при снижении на порядок избытка спирта, при этом достигать удовлетворительных показателей часового съема продукта. Отсутствие катализатора и низкие требования к качеству реагентов для реакции в сверхкритическом метаноле открывают перспективы использования в качестве сырья для производства метиловых эфиров жирных кислот из отходов кулинарных жиров, масел и других источников жирных кислот, количество которых оценивается в 3 000 тыс.т/год. Более подробно технология представлена в публикациях [8-9].

В настоящее время нами продолжаются исследования технологии получения биотоплива в части расширения исходного сырья с упором на использование микроводорослей, что позволяет избежать вовлечения площадей сельскохозяйственного назначения для выращи-

ния непивных культур (рапса и др.) Разработанная и предлагаемая нами научная концепция полных безотходных циклов производства биотоплив и энергии из биомассы микроводорослей при ее последовательной практической реализации позволит вернуть в сельскохозяйственный оборот для производства традиционных культур продовольственного назначения земельные угодья, которые в настоящее время все больше вовлекаются в производство сырья для топливного биоэтанола и биодизельного топлива. Практическая реализация таких циклов в промышленных масштабах позволит существенно повысить энергетическую и экологическую эффективность и обеспечит надежность теплоэлектроснабжения аграрных территорий, удаленных и обособленных производственных и муниципальных объектов с использованием мини-ТЭС, работающих на биотопливе 3-го поколения, произведенном из биомассы микроводорослей, культивируемой на отходах сельхозпроизводства. Более подробно данная концепция представлена в публикациях [10-18].

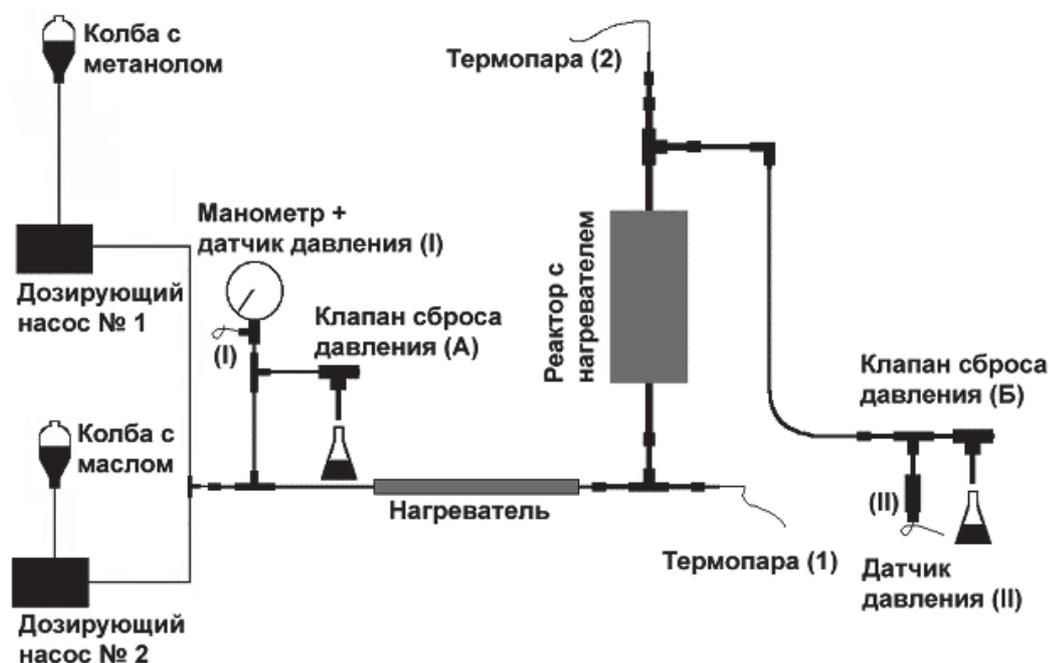


Рисунок 2. Схема модернизированной проточной сверхкритической экспериментальной лабораторной установки для получения биодизеля из триглицеридов жирных кислот

В настоящее время сотрудниками кафедры продолжают работы по развитию вышеуказанных направлений получения биотоплива. Результаты представленных работ были продемонстрированы на многих российских и международных выставках и конференциях, на полученные результаты имеются патенты.

Литература

1. Систер В.Г., Соколов В.В., Лукшо В.А., Теренченко А.С., Извеков Д.В., Иванникова Е.М. Анализ физико-химических и химмотологических свойств образцов биодизельных топлив // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2008, №11, стр. 42-44
2. Козлов А.В., Теренченко А.С., Систер В.Г., Елисеева О.А. Математическая модель полного жизненного цикла биодизельного топлива // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2009, №5, стр. 34-36
3. Козлов А.В., Теренченко А.С., Систер В.Г., Ямчук А.И. Анализ эффективности использования биодизельного топлива в полном жизненном цикле // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2009, №7, стр. 45-47

4. Лукшо В.А., Соколов В.В., Систер В.Г., Теренченко А.С., Извеков Д.В., Иванникова Е.М., Ямчук А.И., Елисеева О.А. Технические требования к смесевым биодизельным топливам В10, В20, В50 // Альтернативная энергетика и экология М., 2009, № 9 (77), с.117 – 122.
5. Заварухин С.Г., Яковлев В.А., Пармон В.Н., Систер В.Г., Иванникова Е.М., Елисеева О.А. Разработка процесса переработки рапсового масла в биодизель и высокоцетановые компоненты дизельного топлива // Химия и технология топлив и масел. М., 2010. - №1(557). - с. 3-7
6. Дундич В.О., Хромова С.А., Ермаков Д.Ю., Лебедев М.Ю., Новопашина В.М., Систер В.Г., Ямчук А.И., Яковлев В.А. Исследование никелевых катализаторов реакции гидродеоксигенации биодизеля // Кинетика и катализ, 2010, том 51, №5, с. 728-734
7. Нагорнов С.А., Систер В.Г., Романцова С.В., Бодягина С.В. Способы стабилизации биодизельного топлива при хранении // Альтернативная энергетика и экология, №7 (87), 2010. С. 76-81
8. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Гехман А.Е., Валяшко В.М., Макаев С.В. Возможность получения биодизеля в сверхкритических условиях // Альтернативная энергетика и экология, - №11, 2011.- с.46-48
9. Систер В.Г., Иванникова Е.М. Экспериментальное исследование процесса переэтерификации рапсового масла метанолом в сверхкритических условиях // Альтернативная энергетика и экология, 2012, № 11 (115), с. 32-36.
10. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков С.В., Чирков В.Г., Кожевников Ю.А. Компьютерное проектирование мини-ТЭС с модулем приготовления биотоплив третьего поколения // Альтернативная энергетика и экология, № 10 (102), 2011. с. 84-89
11. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков В.Г., Кожевников Ю.А., Чирков С.В. Сравнительная оценка энергоэффективности технологий получения биотоплив третьего поколения термохимическим методом // Альтернативная энергетика и экология, №12 (104), 2011. с. 60-64
12. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков В.Г., Нургалиев И.С., Горностаев А.Н. Комплексная Методика дистанционного обследования водоемов по производству фитомассы микроводорослей биотопливного назначения // Альтернативная энергетика и экология, июнь 2012, № 5-6, 2012г. – с. 168-174
13. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Плотников С.П., Чирков В.Г., Росс М.Ю. Использование адаптивных свойств микроводорослей при производстве фитомассы биотопливного назначения // Экология и промышленность России, 2012, №7. с.18 - 21
14. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Ямчук А.И., Чирков В.Г., Кожевников Ю.А., Трохин И.С. Применение биотоплив третьего поколения в автономных энергогенерирующих системах на основе современных паровых поршневых двигателей // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2013, №3, стр. 41-43
15. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков В.Г., Кожевников Ю.А. Приготовление композитных котельных и моторных биотоплив из альгамассы // Альтернативная энергетика и экология. №01/2 (118), 2013. с. 103-107
16. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Киршанкова Е.В. Исследование влияния катализатора на процесс получения биодизеля сверхкритическим метанолом // Известия МГТУ «МАМИ», №1(15), т.4 2013 г. с. 112-118
17. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Кожевников Ю.А., Чирков В.Г. Модульный технологический комплекс для приготовления котельного композитного биотоплива // Альтернативная энергетика и экология, №05/2 (126), 2013. с. 59-64
18. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Чирков В.Г., Кожевников Ю.А. Использование микроводорослей в энергогенерирующих циклах, потребляющих жидкое углеводородное топливо ископаемого происхождения // Альтернативная энергетика и экология, №9(131), 2013 г. – с. 36-41