



ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В. А. Дубровин, *д. т. н., профессор,*
С. В. Драгнев, *асп., Национальный аграрный университет*

Энергетическая безопасность большинства стран мира существенно зависит от импорта невозобновляемых ископаемых энергоносителей, цены на которые постоянно растут. Сжигание такого топлива приводит к эмиссии парниковых газов в атмосферу. В 2007 году глобальное потепление было признано ООН самой насущной проблемой современности. Использование биологических видов топлива является одним из путей решения энергетической и экологической проблем.

Биодизельное топливо, по данным Министерства сельского хозяйства США, дает выигрыш 220% от разницы потребленной при производстве биодизеля энергии ископаемых топлив и энергии, полученной от его использования. Почти все существующие дизельные двигатели могут эффективно работать как на чистом биодизельном топливе, так и на его смесях с традиционным дизельным топливом. Производство биодизеля в мире и особенно в Европе стремительно растет. Лидером в данной отрасли является Германия с объемами производства 2,662 млн т данного вида топлива в 2006 году. А это намного превышает годовую потребность АПК Украины в дизельном топливе.

Согласно Программе развития производства дизельного биотоплива, которую Кабинет Министров утвердил постановлением №1774 от 22 декабря 2006 года, в Украине до 2010 года будет вырабатываться около 623 тыс. тонн биодизельного топлива в год, что уменьшит импорт нефти на 1,9 млн тонн.

Но в настоящий момент в Украине производство биодизельного топлива только зарождается. Работают несколько небольших линий по изготовлению биодизеля малой продуктивности. Хотя в СМИ регулярно встречается информация о строительстве мощных биодизельных заводов. Некоторые сельскохозяйственные предприятия развивают кустарное для собственных нужд производство дизельного биотоплива.

На рынке Украины представлено разнообразное оборудование для получения биодизеля как отечественного, так и зарубежного производства. Это новый вид технических средств механизации сельского хозяйства. Довольно часто покупателям предлагается оборудование недостаточного технического уровня, на котором получают биодизельное топливо низкого качества. А это приводит к преждевременному выходу из строя дизельных двигателей и вызывает отрицательное отношение общества к новому виду топлива.

Таблиця 1. Требования к качеству рапсового масла и метилового эфира

Наименование показателя	Единица измерения	Рапсовое масло	Метилловый эфир
Плотность, 15°C	кг/м ³	900-930	860-900
Цетановое число			> 51
Содержание серы	мг/г	< 20	< 10
Температура вспышки	оС	220	101
Коксуемость 10% остатка	% (м/м)	< 0,4	< 0,3
Энергетическая ценность	МДж/кг	35	35
Содержание пепла (SO ₄)	% (м/м)	< 0,01	< 0,02
Содержание воды	мг/кг	750	500
Механические примеси	мг/кг	25	24
Вязкость, 40°C	мм ² /с	< 38	3,5-5,0
Кислотное число	мг КОН/г	< 2	< 0,5
Йодное число	г/100г	100-120	< 120
Содержание эфиров	% (м/м)		> 96,6
Содержание метилового эфира линоленовой кислоты	% (м/м)		< 12
Содержание метанола	% (м/м)		< 0,2
Содержание моноглицеридов	% (м/м)		< 0,8
Содержание свободного глицерина	% (м/м)		< 0,25
Содержание фосфора	мг/кг	< 15	< 10
Предельная температура фильтруемости	°С		- 10

* - %(м/м) – процентное содержание массы вещества в массе исходного продукта

Также одним из важнейших условий получения качественного биодизельного топлива является суровое соблюдение технологии и регламента производства.

Полный технологический процесс переработки масличных семян в биодизель можно разбить на три этапа:

- 1) прием масличного сырья, хранение и операции по подготовке семян к извлечению масла;
- 2) извлечение масла, его очистка, нейтрализация, вымораживание, другие подготовительные к

этерификации операции, хранение и подача к участку производства метиловых эфиров жирных кислот;

3) производство биодизельного топлива из масла на линии этерификации, добавление присадок, его хранение, смешивание и отправка.

Первый и второй этап являются традиционными для линий производства растительного масла – как пищевого, так и технического целевого назначения.

Подогревание масличных семян выше температуры 60°C отрицательно влияет на качество сы-

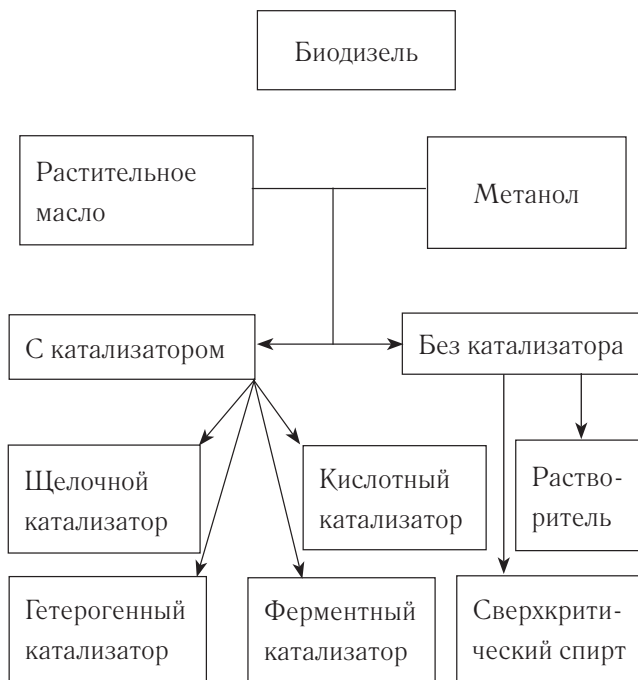


Рис. 1. Классификация технологий производства биодизеля из растительных масел

ря для производства биодизеля. При «холодном» методе отжима температура масла не превышает 50-60°C. Данный метод, в отличие от экстракции,

полностью нейтральный для окружающей среды, а жмых после холодного прессования является ценным кормом для всех видов животных (при соответствующих пропорциях в кормовых смесях). Добычу масла шнековыми прессами «холодным» методом возможно и целесообразно внедрять как на малых фермерских, так и на больших сельскохозяйственных предприятиях.

С химической точки зрения растительное масло состоит из смеси триглицеридов высших жирных кислот (94-96%), сопутствующих жирорастворимых веществ, свободных жирных кислот, воды и нерастворимых в жирах примесей. Из этих веществ лишь триглицериды жирных кислот и свободные жирные кислоты в процессе производства биодизеля можно превратить в метиловые эфиры жирных кислот. Другие ухудшают качество конечного продукта, а в худшем случае еще и отрицательно влияют на процесс получения и выход биодизельного топлива. Поэтому растительное масло следует подвергнуть операции очистки триглицеридов, при наличии восков необходимо вымораживание.



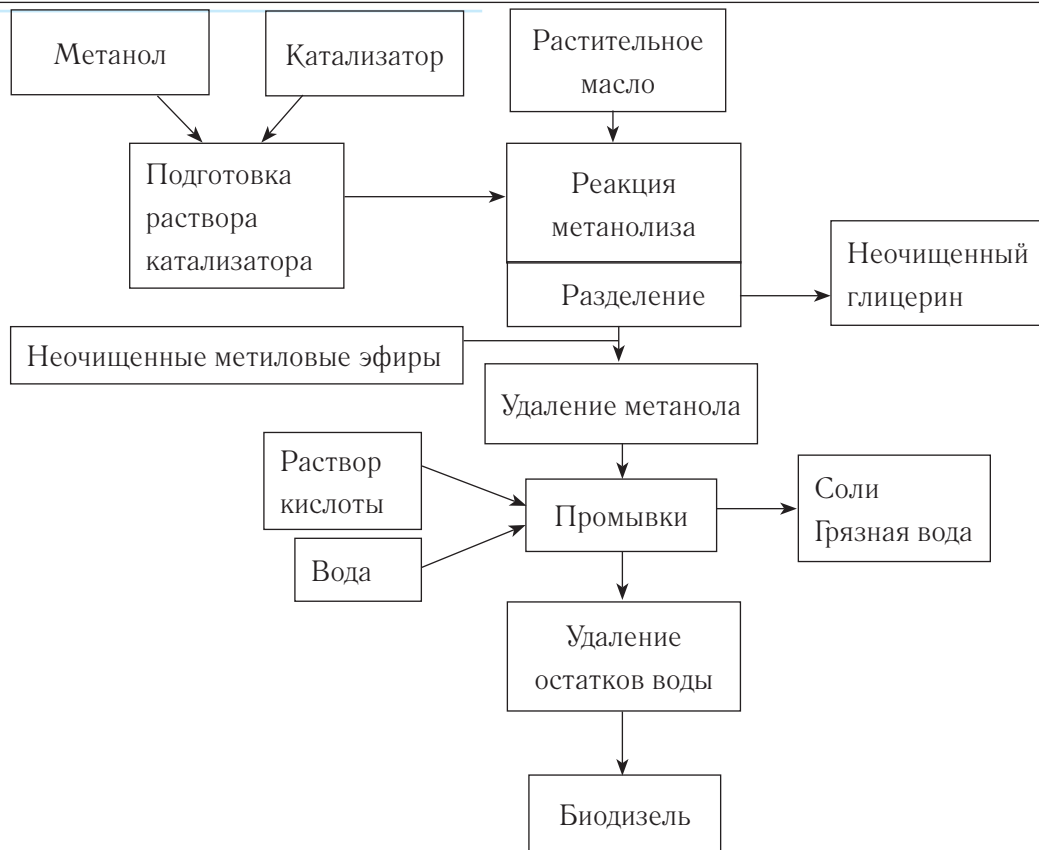


Рис. 2. Структурная схема технологического процесса производства биодизеля

Требования к качеству рапсового масла, которое следует использовать в процессе производства метиловых эфиров жирных кислот для дизельных двигателей, приведены в таблице 1.

На третьем этапе производства биодизеля, в зависимости от принципа организации процесса производства, выделяют две технологии получения биотоплива:

- периодическую, при которой процесс получения биодизеля проходит в разное время последовательно в несколько отдельных стадий, имеет широкую гамму относительно простого и дешевого оборудования для разных масштабов производства;

- непрерывную, когда все отдельные стадии производства биодизеля происходят одновременно и параллельно (в потоке). Преимущество данной технологии в меньших размерах оборудования, но она сложнее. Контролировать качество биодизеля труднее, чем при периодическом процессе.

Метиловые эфиры жирных кислот для дизель-

ных двигателей получают из триглицеридов масел реакцией алкоголиза (ее еще называют трансэстерификацией), а из свободных жирных кислот – этерификацией. Если кислотное число растительного масла меньше 2 (табл. 1), технологический процесс производства биодизельного топлива упрощается, необходима только реакция трансэстерификации. В другом случае, чтобы не усложнять производственный процесс дополнительной операцией, масло нейтрализуют. Поэтому алкоголиз является ключевой операцией производства биодизельного топлива.

Алкоголиз – это химическая реакция взаимодействия триглицеридов с низкомолекулярными спиртами с образованием эфиров соответствующих кислот и глицерина. Этот процесс широко используется для промышленного и лабораторного получения сложных эфиров жирных кислот. Если в этом процессе используется метанол, то реакция называется метанолиз. Наличие катализатора

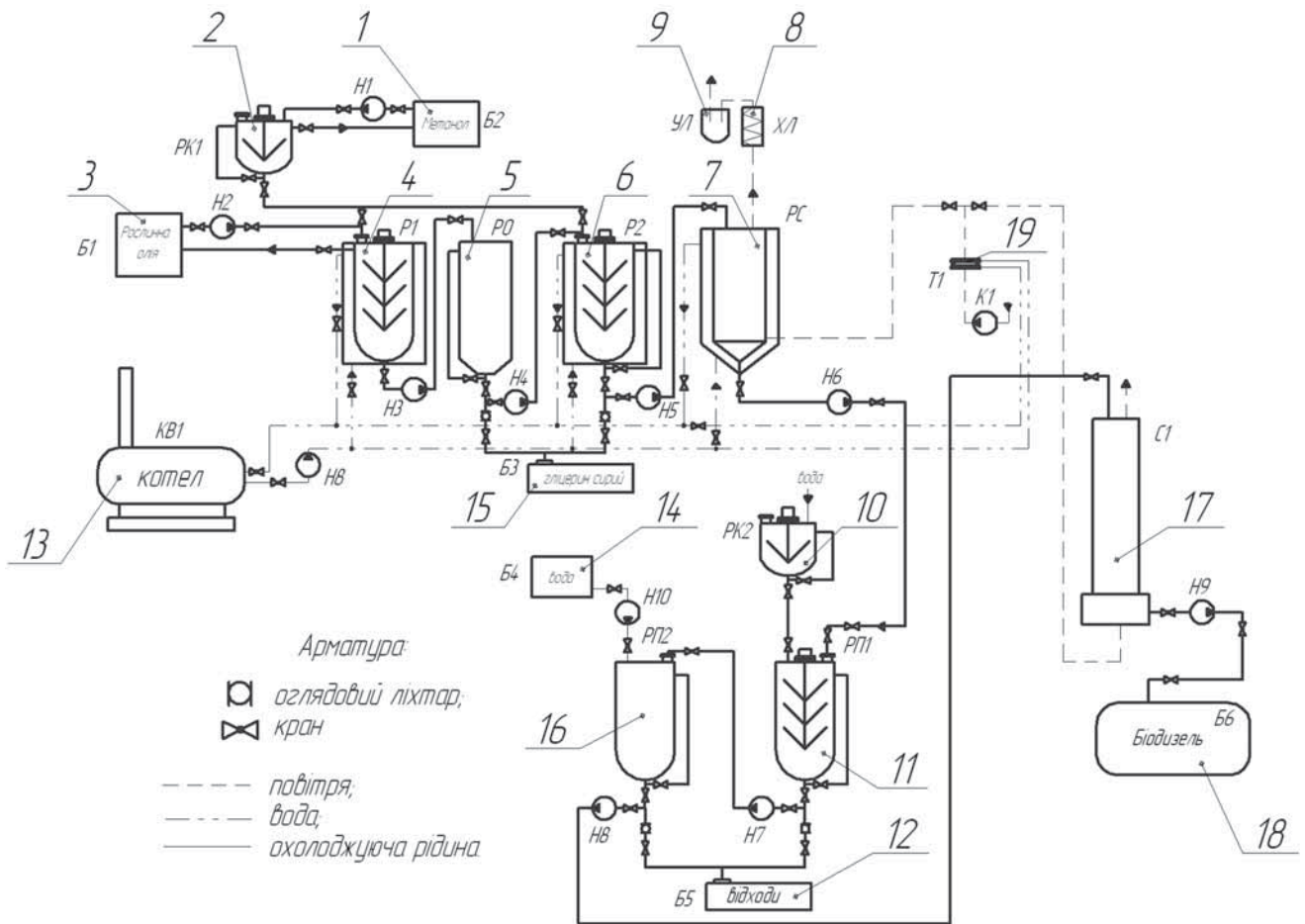


Рис. 3. Технологическая схема линии производства метиловых эфиров жирных кислот: Н1-Н10 – насос; К1 – компрессор; Б1-Б6 – емкость; PK1-PK2 – реактор-смеситель; P1-P2 – реактор; P0 – реактор-отстойник; PC – реактор отбора метанола; C1 – сушка; PП1-PП2 – реактор промывки; KB1 – котел водогрейный; T1 – теплообменник; ХЛ – холодильник; УЛ – улавливатель

и нагрев реактора ускоряют процесс и повышают полноту преобразования триглицеридов в метиловые эфиры жирных кислот. На рис. 1 приведена классификация технологий производства биодизеля в зависимости от способа катализа реакции трансэтерификации растительных масел.

Среди названных технологий на сегодняшний день в промышленности используются лишь три технологии производства биодизельного топлива: с использованием щелочного, кислотного и гетерогенного катализатора. Первый и второй варианты можно использовать на биодизельных линиях любой производительности. Третий вариант более сложный, разработанный на основе технологических процессов нефтехимии, а потому его целесообразно внедрять на заводах про-





Рис. 4. Оборудование компании «ТАН»

мышленного типа.

Периодический процесс метанолиза со щелочным катализатором в реакторах с перемешивающим и нагревающим устройствами — простейший и наиболее распространенный вариант производства биодизеля. Он дает высокий выход метиловых эфиров жирных кислот (до 95%), а если проводить трансэстерификацию в два этапа, то можно достичь выхода 98% при относительно небольших затратах времени. После проведения очистки качество биодизеля, полученного по данной технологии, отвечает требованиям европейского стандарта EN14214 и отраслевого — СОУ24.14-37-561:2007. Структурная схема производства биодизельного топлива со щелочным катализатором приведена на рис. 2.

После реакции трансэстерификации проводят операцию разделения глицериновой и эфирной фаз. Простейший способ — гравитационное разделение, которое основано на осаждении неочищенного глицерина под действием силы тяжести. Однако оно требует больших затрат времени — от

2 до 12 часов. Альтернативным данному способу является разделение глицериновой и эфирной фаз под действием центробежной силы в центрифуге. При этом затраты времени существенно уменьшаются, но увеличиваются энергозатраты. Данный метод в основном используется при непрерывной технологии производства биодизеля.

С целью получения высокого выхода метиловых эфиров жирных кислот и ускорения производственного процесса в реакции трансэстерификации используют излишек метанола. Остаток метанола распределяется между фазами эфиров и глицерина. Поэтому операция удаления метанола является обязательной. Один из возможных вариантов ее реализации — использование выпарных аппаратов.

После трансэстерификации в эфирной фазе остаются такие нежелательные компоненты биодизельного топлива, как мыла, глицериды, свободный глицерин и другие неполные продукты реакции. Для их удаления используют операцию промывки фазы метиловых эфиров жирных кислот раствором кислоты.



Кислота нейтрализует остатки щелочного катализатора. Для удаления остатков солей и мыла проводят дополнительную операцию промывки водой.

После каждой операции промывки необходимо провести разделение эфиров и воды. Однако вследствие растворимости воды в метиловых эфирах жирных кислот ее количество в эфирной фазе не соответствует требованиям стандартов на биодизель. Возникает необходимость в проведении операции удаления воды. Для этого можно использовать вакуумную сушку. Также иногда применяют методы с силикагелем, но при этом возникает необходимость в регенерации рабочего вещества.

Нежелательные компоненты биодизеля можно удалять и другими способами, в частности, с использованием сорбентов (например, магнезол), но обязательно нужно учесть, какие показатели метиловых эфиров не отвечают требованиям действующих стандартов, и характеристику сорбента. Операция удаления воды при этом все равно необходима.

Нефтяное дизельное топливо используется с широким спектром присадок, которые улучшают его антиокислительные, антикоррозийные, моющие и другие свойства. Присадок к биодизелю пока значительно меньше, но они существенно расширяют воз-

можности применения данного вида биотоплива.

На рис. 3 приведена схема производства метиловых эфиров жирных кислот по периодической технологии с применением щелочного катализатора.

В данной линии производства биодизеля реакторы являются типовым оборудованием. Для разных технологических операций они отличаются лишь рабочими органами и наличием или отсутствием системы нагрева. Данное оборудование выпускают ответственные машиностроительные заводы (рис. 4).

При выборе оборудования, как для периодической, так и для непрерывной технологий, прежде всего, необходимо обратить внимание на технологические аспекты производства. Метиловые эфиры жирных кислот должны соответствовать требованиям стандарта СОУ24.14-37-561:2007. Также следует хорошо продумать вопросы утилизации отходов производства и безопасности работы с метанолом.

Кроме цены, важными параметрами являются производительность, материал оборудования, удельные энергозатраты на единицу конечного продукта, металлоемкость, габаритные размеры, безопасность эксплуатации, численность обслуживающего персонала и гарантия завода-изготовителя.