

УДК 620.9

Высоцкий С.П., д.т.н.¹, Вахтангишвили О.С., инж.²**1 — АДИ ДонНТУ, г. Горловка, 2 — ДонТЭП, г. Горловка****НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ ВОЗОБНОВИМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Дефицит и значительное увеличение стоимости высокорекреационных энергоресурсов вызывает необходимость поиска альтернативных источников энергии во всех областях промышленности и, в частности, на транспорте. Одним из наиболее реальных источников являются возобновимые ресурсы, получаемые за счет выращивания "энергетических" урожаев. Рассмотрены возможности получения и применения биогаза, биоэтанола и биодизеля на автомобильном транспорте и двух последних видов типов топлива в авиации.

Введение

В последние десятилетия с каждым годом острее чувствуется дефицит всех видов топлива, в особенности высокорекреационных: нефтепродуктов и природного газа. Только за последние 50 лет на территории нашей страны была начата добыча и были исчерпаны богатые месторождения природного газа дашавское и шебелинское. Происходит интенсивное увеличение стоимости топлива, что затрагивает все сферы человеческой деятельности: возрастание затрат на коммунальные услуги, продукты питания, предметы обихода и, наконец, увеличиваются затраты на транспортные услуги. Это особенно влияет на уровень жизни многих энергозависимых стран, к которым относится Украина. Мы живем в угольном регионе, и, казалось бы, о дефиците энергоресурсов говорить не приходится. Однако, наша угольная отрасль на протяжении уже нескольких десятков лет убыточна и функционирует только при высокой финансовой поддержке государства. Себестоимость тонны угля колеблется от 150 до 1500 грн. (при средней цене продажи около 220 грн/т). По данным Института экономики промышленности около 30 % шахт страны выручкой от продажи угольной продукции покрывают менее трети затрат на ее производство.

В конце прошлого века мировое сообщество начало интенсивный поиск путей выхода из сложного положения обеспечения экономики стран энергоресурсами. В транспортной отрасли промышленности, являющейся одним из наибольших потребителей высокорекреационных энергоресурсов (наряду с коммунальным хозяйством) требуется разработка инновационных подходов. Это касается применения новых видов топлива, новых типов двигателей и даже изменения концепции транспортных средств. В настоящее время в мировой практике наиболее широко применяются 4 вида транспорта: железнодорожный, трубопроводный, автомобильный и авиационный. Каждый из 4-х видов транспорта имеет свою область применения, однако наиболее гибким и удобным в обращении является автомобильный транспорт. В связи с развитием в стране малого и среднего бизнеса область применения этого вида транспорта расширяется. Не касаясь подробностей использования первых двух видов транспорта, авторы в данной работе предприняли попытку оценить возможности использования альтернативных видов топлива на автомобильном и авиационном транспорте.

Цель работы

Целью настоящей работы является анализ производства и использования наиболее перспективных альтернативных топливных ресурсов на автомобильном транспорте и в авиации, выявление их достоинств и недостатков.

Основная часть

На автомобильном транспорте в настоящее время используется 3 вида альтернативных топлив: биогаз, биодизель и топлива на основе этанола. Общие годовые объемы возобновимых ресурсов биомассы в Украине составляют 115,5 млн. тонн. Каждая тысяча киловатт-часов электроэнергии, произведенная с использованием биомассы, предотвращает, в среднем, выброс в атмосферу 4,2 кг твердых частиц, 5,65 кг оксидов, 1,76 кг оксидов азота, а каждая произведенная гигакалория тепла – более 3 кг оксида серы и около 1 кг выбросов оксида азота. [1]

Одними из самых распространенных видов биотоплива являются этанол, который производится из сахара или целлюлозы, и биодизельное топливо, получаемое из овощных масел и животных жиров. Мировое производство этанола в период с 2000 по 2005 годы увеличилось вдвое (рис. 1а), в то время как производство биодизеля за аналогичный период возросло вчетверо (рис. 1б).

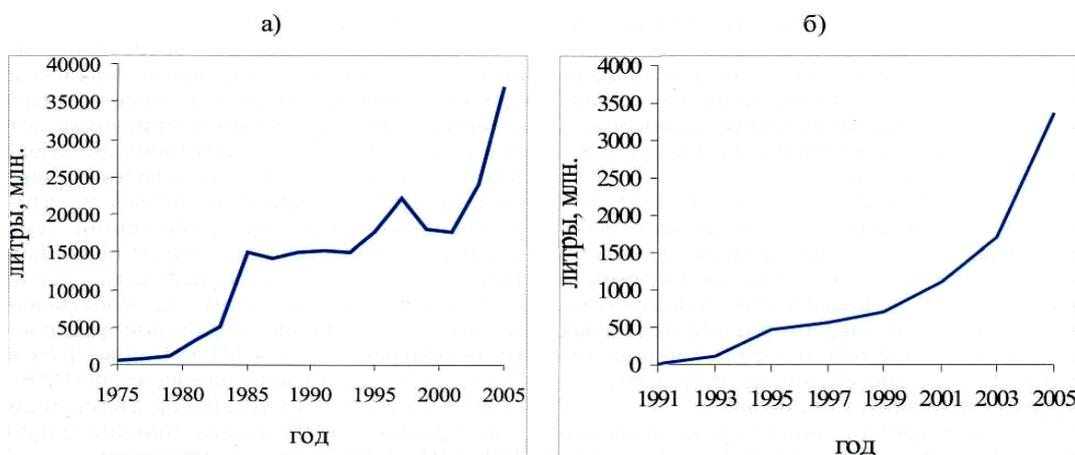


Рис. 1. Мировое производство а) этанола и б) биодизеля [2]

В условиях рыночной экономики одним из определяющих факторов при выборе энергоресурсов выступает их стоимость. Установлено [3,4], что стоимость 1 литра этанола практически в два раза меньше стоимости аналогичного количества традиционного топлива (рис. 2). При этом экологическая привлекательность такого источника энергии очевидна.

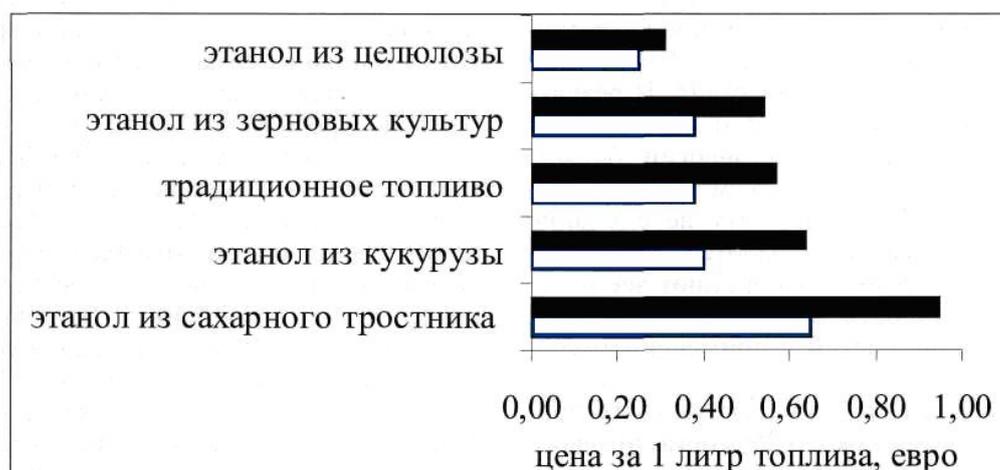


Рис. 2. Стоимость производства этанола и бензина в 2006 г [4]

Схема получения метана, которая реализована в Швеции и работает, начиная с 2005 года, дает возможность осуществить переработку энергетических культур и биологических

отходов. Завод позволяет получать ежегодно 2,3 миллиона литров топлива для грузовых и легковых автомобилей, обеспечивает генерацию тепловой и электрической энергии, а также получение удобрения для местных сельскохозяйственных ферм.

Принципиальная схема завода показана на рисунке 3.

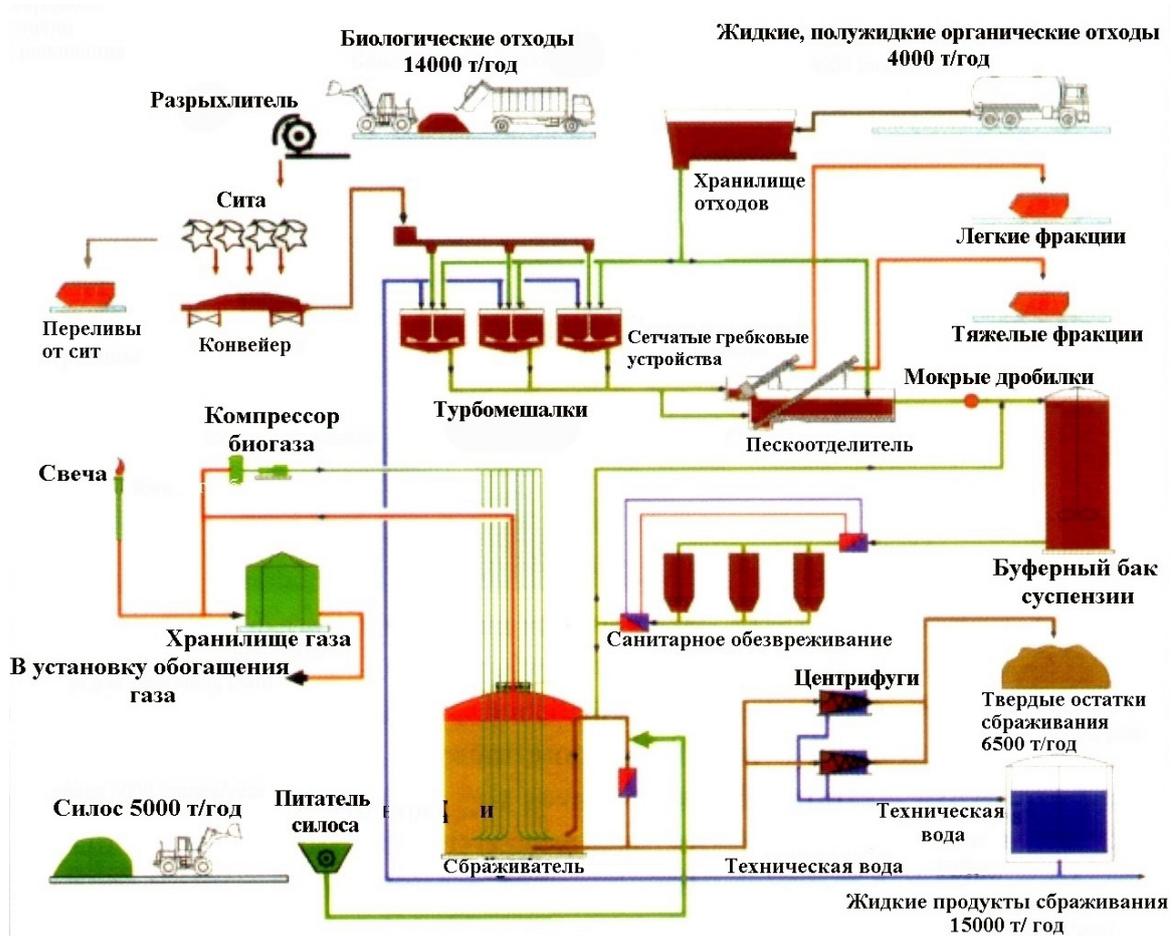


Рис. 3. Схема завода по производству биогаза [5]

Переработка биологических отходов осуществляется в такой последовательности. Грузовики, которые привозят жидкие и полужидкие отходы (4000 т/год), биологические отходы (14000 т/год) и силос (5000 т/год) разгружаются в помещении приема исходного сырья, из которого оно поступает на переработку. Твердые вещества в турбомешалках хорошо перемешиваются с технической водой (содержание твердых взвешенных частиц в суспензии $\approx 10\%$). Суспензия затем проходит через систему сит, после чего поступает на санитарное обезвреживание. Процесс обезвреживания заключается в выдержке суспензии при температуре $> 70^\circ\text{C}$ в течение 1 часа. После этого суспензия перекачивается в герметичный метантенк-сбраживатель. Последний представляет собой бак емкостью 4000 м^3 . В метантенке отсутствуют движущиеся части; перемешивание сбраживаемой суспензии осуществляется сжатым биогазом. Производительность в метантенке по газу составляет $250\text{--}350\text{ м}^3/\text{ч}$. Газ после метантенка поступает на компрессор, после чего основная часть газа поступает в газгольдер, а некоторая часть – на рециркуляцию для перемешивания сбраживаемой суспензии.

Калорийность биогаза существенно зависит от содержания в нем CO_2 . На рис. 4 показана зависимость калорийности от доли CH_4 в газе (α) по данным [2], обработанным авторами данной работы.

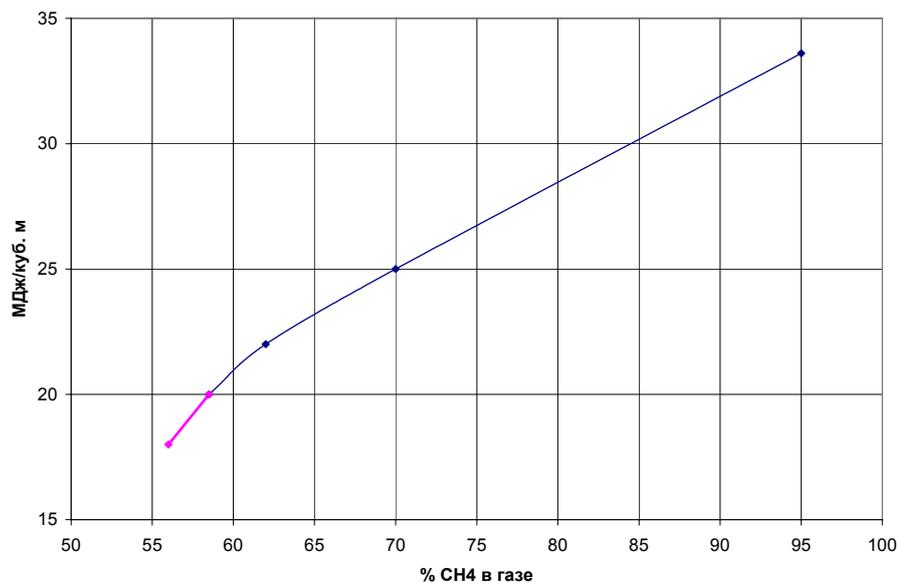


Рис. 4. Зависимость калорийности биогаза от содержания в нем метана

При $\alpha \geq 95$ % состав газа соответствует природному газу. Учитывая то, что в биогазе может содержаться определенное количество углекислого газа (CO_2), для улучшения технологических свойств газа, используемого для заправки автомобилей, осуществляют его "отмывку" от CO_2 . Процесс поглощения CO_2 проводится в абсорбционной колонне-скруббере технической водой под давлением 10-12 бар. При этом поглощаются CO_2 и другие загрязнители биогаза. После скруббера вода подается в бак, давление в котором снижается до 2-4 бар. Выделяемый из воды метан поступает на всас компрессора.

Вода после скруббера поступает в десорбционную колонну, в которой происходит удаление из воды диоксида углерода и сероводорода за счет продувки воды атмосферным воздухом.

Описанная установка (минизавод) обеспечивает заправку топливом 40 городских автобусов, 10 автомобилей – транспортировщиков силоса и отходов, и 500 грузовых и легковых автомобилей. Заправка автомобилей длится менее 5 мин.

Биогаз, содержащий 60-70 % метана, используется в качестве топлива как карбюраторных, так и дизельных двигателей. Учитывая то, что метан является высокооктановым топливом, более эффективно его использовать в карбюраторных двигателях. Абсолютный объем биогаза, необходимый для выработки энергии, эквивалентный получаемой энергии при сжигании 1 л бензина равен 1,33-1,87 м³, а 1 л дизельного топлива 1,5-2,07 м³.

В начале установки для получения биогаза были рассчитаны на переработку в основном сельскохозяйственных отходов, в первую очередь навоза. Однако, увеличение стоимости высокорекреационных топлив привело к тому, что в настоящее время на установках перерабатываются различные энергетические культуры, в первую очередь слоно́вая трава (*Miscanthus*) и др.

Использование биотоплива в авиации

В настоящее время затраты на топлива в авиации составляют около 30 % от всех эксплуатационных затрат. Стоимость топлива для реактивных двигателей увеличилась по сравнению с 2001 годом более чем в 2,5 раза с 0,20 до 0,53 дол/л. Это вызывает необходимость поисков даже в авиации новых типов топлива.

Самым большим потребителем топлива в мире является военная авиация США, которая только в 2005 году сожгла 30 млрд. литров топлива, а коммерческая авиация сожгла

51,5 млрд. литров топлива. В 2006 году военная авиация США израсходовала 5 млрд. дол. на закупку топлива. В настоящее время в США проводятся интенсивные работы по получению жидкого топлива из угля по процессу Фишера-Тропса, разработанному 80 лет назад [1]. Однако, эта технология является конкурентоспособной при низкой стоимости угля, добываемого, например, открытым способом.

В странах, подписавших Киотский протокол по ограничению выброса парниковых газов, уделяется большое внимание всем источникам выбросов. Эмиссия двуокиси углерода от авиационных двигателей в настоящее время составляет 2-3 % от всех выбросов, полученных за счет сжигания ископаемых видов топлива, и в течение ближайших шести лет превысит выбросы автомобильного транспорта. О масштабах потребления топлива в авиации можно судить по такому примеру. Два года назад на женевском саммите международной ассоциации авиационного транспорта отмечалось [6], что при экономии только одной минуты каждого полета за каждый год могло бы быть сэкономлено 3,6 млрд. долларов эксплуатационных затрат, 700 млн. долларов затрат на топливо и снижение эмиссии CO₂ 4,2 млн. тонн.

Все больше внимания уделяется получению синтетического биотоплива, в частности, синтетического керосина, полученного из биомассы.

В конце прошлого (2006) года федеральная администрация США обнародовала данные исследований по использованию этанола в авиационных двигателях. Хотя максимальная мощность двигателей выросла на 4,3 % при их работе на этаноле авиационного качества (AGE-85) по сравнению с работой двигателей на стандартном топливе, однако массовый расход топлива в типовом режиме возрастает на 50 %. При этом масса топлива увеличивается на 9 % по сравнению со стандартным 100 LL (топливом с низким содержанием свинца) для эквивалентного объема топлива. Это снижает эксплуатационные показатели авиaperевозок на 35 % [6].

Результаты серии испытаний двигателей самолетов Cessna 152 при работе на стандартном топливе и этаноле показали, что использование этанола в реактивных двигателях практически невозможно из-за его низкой плотности энергии, небольшой удельной энергоемкости. Кроме этого низкая температура вспышки (около 12 °C) создает существенную опасность при эксплуатации самолетов.

Применение этанола в поршневых двигателях внутреннего сгорания обеспечивает преимущества в результате увеличения октанового числа топлива, меньшей вибрации двигателя и увеличении в 2 раза времени между очередными ревизиями двигателя. Двигатели работают гораздо надежнее на этанольном топливе и его смесях с обычным авиационным топливом.

Содержание кислорода в воздушно-топливной смеси очень просто регулируется за счет настройки карбюратора и необходимой проверки установки инжектора. При этом полностью отсутствуют проблемы детонации двигателя.

Единственной проблемой при использовании этого топлива является коррозионное влияние топлива на некоторые элементы из пластика и резины, на элементы инжектора, топливного насоса, кольцевые уплотнения, прокладки и пр. Указанные элементы должны быть выполнены из коррозионно-стойких материалов.

При содержании в стандартном авиационном топливе до 10 % этанола любой авиационный двигатель обеспечивает устойчивое сжигание этой смеси.

Большая часть авиации, большегрузные самолеты оборудованы реактивными или турбореактивными двигателями. В этих двигателях может использоваться только биодизель. Потенциал биодизельного топлива ограничивается только сельскохозяйственными проблемами. Так, для замены потребления дизельного топлива в Германии (56,6 млн. тонн в 2005 г) на биодизель требуется увеличение площадей соответствующих сельскохозяйственных культур в 4 раза и замена выращиваемых в настоящее время культур на рапс. Некоторые культуры дают

урожайность 900 – 1000 кг биодизеля на гектар, однако требуется в 10 раз больше соответствующей культуры для производства 1 л биодизеля по сравнению с получением 1 л этанола.

По оценкам США для замены топлива для реактивных двигателей (керосина) на смесь, состоящую на 15 % из биодизеля, потребовалось бы 13,6 млн. га сельскохозяйственных земель [6].

К достоинствам биодизеля следует отнести то, что он биоразрушаем даже при наличии в нем ядовитого метанола. Опасность, возникающая при его попадании в окружающую среду (например, за счет проливов), существенно меньше по сравнению с традиционным топливом. Эмиссия диоксида углерода по сравнению с традиционным дизельным топливом и керосином меньше, однако, эмиссия NO_x также высокая, как и при использовании обычного топлива. Топливо должно быть использовано в течение шести месяцев после его изготовления и содержание биодизеля в смеси не должно быть больше 20 %, так как компоненты биодизеля имеют тенденцию к разложению.

По оценкам центра экологической политики и технологии США, выполненным в 2003 году, стоимость производства биодизеля существенно больше по сравнению с приведенными значениями. Основные затраты приходятся на выращивание биодизеля, они составляют 75 % от суммы затрат. В 2003 году стоимость керосина была 4,6 дол/ГДж.

До 2006 года в военной авиации США предполагали половину потребляемого топлива получать за счет процесса Фишера-Тропша. В этом процессе двуокись углерода и водород превращаются в жидкие углеводороды при использовании катализатора, также при умеренных давлениях и температурах. По этой технологии могут быть получены смазочные масла, бензины, дизтопливо, топливо для реактивных двигателей и почти все производные нефти.

Выводы

1. Опыт использования возобновимых энергоресурсов на транспорте: биогаза, биодизеля и биоэтанола, получаемых из растительного сырья и отходов, показывает, что в таких энергозависимых странах, как Украина, необходимо интенсифицировать выращивание "энергетических" культур.

2. Учитывая относительную простоту технологии производства биогаза, перспективной представляется организация его производства в сельскохозяйственных районах, расположенных возле городов.

3. Необходима организация рекламы и совершенствование налогового законодательства для обеспечения заинтересованности сельскохозяйственных производителей в выращивании "энергетических" культур.

Список литературы

1. Jackie Jones. Biogas gets moving / Renewable energy World. — November-December, 2006. — Volume 9. — Number 6. — P.p. 36-43.
2. Семененко И.В. Экология. Энергосбережение. Проектирование биогазовых установок. — Сумы: 1996. — 347 с.
3. Высоцкий С.П., Дариенко О.Л. Применение возобновимых источников и накопителей энергии на батареях / Энергосбережение. — 2006. — № 12. — С. 19-22.
4. Biofuels for transportation / Power Engineering International. — July-August, 2006. — P.p. 94-103.
5. David Appleyard. Biomass on the boil. A new wood fuelled combined heat and power plant in Simmering, Austria / Renewable energy World. — March-April, 2007. — Volume 10. — Number 2. — P.p. 76-80.
6. Jeffrey Decker. Flying green. The use of biofuels for aviation / Renewable energy World. — March-April, 2007. — Volume 10. — Number 2. — P.p. 118-124.

Стаття надійшла до редакції 25.04.07
© Висоцький С.П., Вахтангішвілі О.С., 2007