

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЭТАНОЛА
В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Valeriy Havrysh, Vladimir Pilip

Mykolayiv State Agrarian University

Krylova Street 17, Mykolayiv 54040, Ukraine
e-mail: vladimirplp@rambler.ru

Аннотация. В работе приведен анализ экономической эффективности использования биоэтанола в качестве добавки к традиционному моторному топливу автомобильных двигателей. Показана мировая динамика производства биоэтанола. Приведен экономический анализ условий его эффективного применения в Украине.

Ключевые слова: топливо, расход, биоэтанол, альтернативное топливо

ВСТУПЛЕНИЕ

Продукты сгорания нефтяных топлив оказывают негативное влияние на окружающую среду. Стоит лишь вспомнить о парниковом эффекте, который возникает в результате увеличения содержания CO_2 в атмосфере. Его концентрация в атмосфере увеличивается ежегодно на $1,5 \cdot 10^{-3}$ %. По заключениям аналитиков к 2050 году выброс углекислого газа автомобильными двигателями превысит вдвое выбросы промышленных предприятий. Сера, которая содержится в дизельном топливе, приводит к образованию оксидов, которые вызывают кислотные дожди.

Сегодня в мире производится 190 млрд литров биоэтанола (рис. 1). Ежегодное производство этанола в США оценивается приблизительно в 2/3 мирового с явной тенденцией к росту. Около 7 % зерна кукурузы выращивают для энергетических целей. Это существенно стабилизирует топливную независимость страны [Дубровін В.О., Корченский М.О. 2004]. «Энергетический Билль», подписанный президентом Бушем в августе 2005 года предусматривает производство к 2012 году ежегодно 30 миллиардов литров этанола из зерна и 3,8 миллиард литров из целлюлозы (стебли кукурузы, рисовая солома, отходов лесной промышленности).

Кроме США, биоэтанол используют в больших масштабах в Бразилии (из сахарного тростника), Франции (из сахарной свеклы), Италии, Голландии и Швеции. Во Франции и Италии преобладает использование переработанного биоэтанола в виде смеси эфира ЕТВЕ и изобутана. Потенциальные возможности производства этанола в мире, по существующим технологиям ($0,42 \text{ м}^3$ из тонны биомассы), оцениваются в 2 миллиарда тонн.

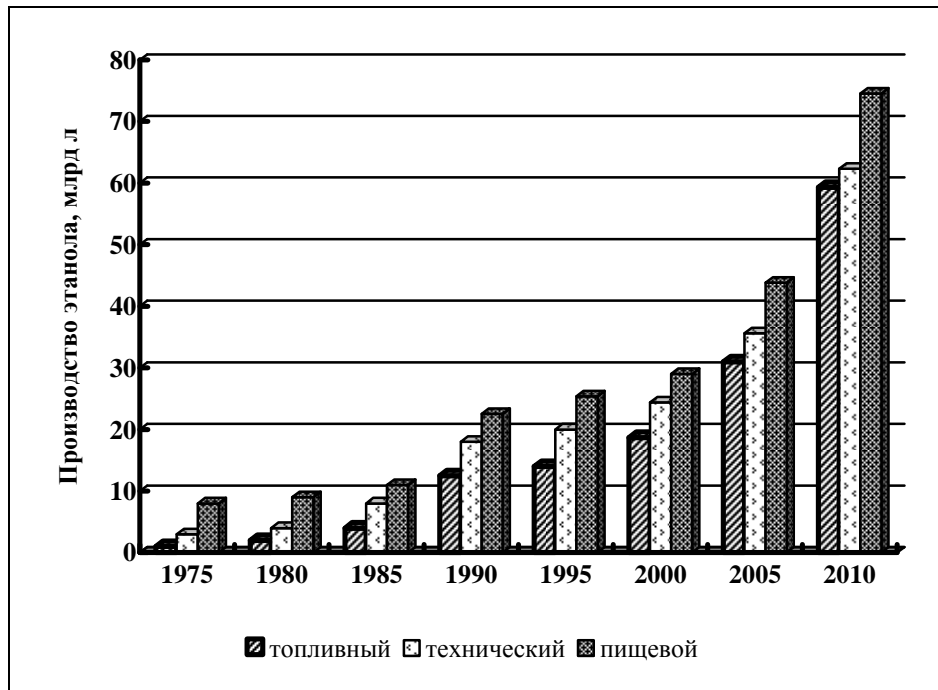


Рис. 1. Динамика роста мирового производства биоэтанола
Fig. 1. Bioethanol production history

Ведутся работы над технологиями которые позволяют производить этанол из лигнины биомассы, что позволит увеличить его производство в 2,5...3 раза [Дубровін В.О., Корченский М.О. 2004, Gradziuk P., Grzybek A. 2003].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применение спиртов в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания является актуальной темой исследований всех мировых научных центров уже несколько десятков лет. Топливные смеси, содержащие этанол, сегодня успешно используются в автомобильных бензиновых двигателях. Применение биоэтанола позволяет повысить степень сжатия и как следствие увеличить мощность двигателя, снизить удельный расход топлива и увеличить экологические показатели двигателя. Производство биоэтанола во многих странах мира позволяет им уменьшать свою энергетическую зависимость от поставщиков углеводородных ископаемых топлив [Щокін А.Р., Колесник Ю.В. 2001].

Биоэтанол использовался в качестве топлива еще в первых двигателях внутреннего сгорания. В 1850-х годах этанол был перспективным топливом, которое могло использоваться в двигателях внутреннего сгорания. В период Гражданской Войны в США, был введен налог на этанол для обеспечения

финансирования военных действий. Налог увеличил цену на этанол и это привело к тому, что он не смог больше конкурировать с другими топливами как, например, керосин.

В 1908 Генри Форд спроектировал двигатель, который мог работать на смеси бензина и этанола. Он называл эту смесь топливом будущего. После снижения налога на топливной этанол в 1933, он снова начал использоваться в качестве топлива. В 1970-х годах интерес к этанолу возрос, в связи с мировым энергетическим кризисом. В 1988 году этанол начали добавлять к бензину для сокращения эмиссий угарного газа.

Теоретически обосновано и нашло подтверждение на практике, что в качестве топлива можно использовать этанол в смеси с бензином. Как топливо этанол может использоваться в качестве полной или частичной замены бензина. Топливо, содержащие десять процентов этанола (E10) используется во многих населенных пунктах с жесткими требованиями к токсичности отработанных газов двигателя. Ряд государств стимулируют более широкое распространенное использование E10. Это топливо одобрено для использования в любом автомобиле, произведенном или поставляемом в США. Большое число американских производителей настоятельно рекомендуют использование в своих автомобилях именно этот вид топлива.

Топливо E85 содержит 85 % этанола и 15 % бензина. E85 является еще одним вариантом бензино-этаноловой смеси которое пригодно для использования в двигателях со специально измененной для этого конструкцией. Изменение конструкции двигателя в варианте с топливом E85 является ключевым фактором, т.к. практически все автомобили могут использовать E10 без изменения конструкции двигателя. Смесь E85 быстро становится наиболее популярным видом топлива на современном топливном рынке. При этом, некоторые производители поставляют на автомобильный рынок двигатели специальной конструкции (FFVs) работающие на любом соотношении бензина и этанола, включая E85.

Применение этанола позволяет существенно уменьшить объем применения нефтепродуктов и выбросов токсических газов в окружающую среду. В настоящее время ряд фирм (GM, „Ford“, „Volkswagen“, „Fiat“) продемонстрировали двигатели, которые в качестве топлива используют лишь этанол. За пять месяцев 2007 года шведская компания Saab реализовала на своем «домашнем» рынке около 6800 единиц автомобилей «flex-fuel» моделей 9-3 и 9-5 BioPower, оснащенных двигателями, работающими на топливе E85.

Правительство Японии не надеясь на снижение стоимости нефти приступило к поиску альтернативных источников энергии. Оно планирует наладить в ближайшие годы промышленное производство биотоплива из морских водорослей. Проект поручено курировать Управлению водных ресурсов страны. Непосредственной разработкой и внедрением технологий займутся комплексный НИИ корпорации Mitsubishi и два крупных центра по изучению проблем моря в Токио и Киото. Использование морских водорослей для получения биоэтанола перспективно, так как запасы водорослей у побережья Японии весьма внушительны. Инициаторы проекта считают, что такое производство более выгодно по сравнению с кукурузой и злаковыми культурами. Выращивание водорослей - традиционный промысел страны “Восходящего Солнца”, только используются они в пищевых целях.

Производство этанола в мире показано в табл. 1.

Таблица 1. Производство этанола, млн. литров
Table 1. Production of ethanol, million liters

Страна	2004	2005	2006
США	13362	16117	19946
Бразилия	15078	15978	16977
Китай	3643	3795	3845
Индия	1746	1697	1897
Франция	827	907	948
Германия	268	430	764
Россия	748	748	649
ЮАР	415	389	387
Великобритания	400	351	279
Таиланд	279	298	352
Весь мир:	40 710	45 927	50 989

Данной проблемой занимается и ряд научных учреждений Украины. Работы выполняются под руководством таких ученых, как Дубровин В.О., Дикий М.О., Карп И.М., Масло И.В., Бабич О.С. и др.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Украина ежегодно потребляет около 200 млн т условного топлива и относится к энергодефицитным странам потому, что покрывает свои потребности в энергоносителях менее чем на 53 %, импортирует 75 % необходимого объема природного газа и сырой нефти [Гуков Я.С., Масло И.П. 2005]. Это приводит к зависимости экономики Украины от стран-экспортеров нефти и газа, а это является угрозой для ее энергетической и национальной безопасности.

В настоящее время поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие на бензине и дизельном топливе, являются основными силовыми агрегатами, которые определяют развитие автотракторной техники. С увеличением количества автомобилей, тракторов и другой техники потребность в жидком топливе резко возросла, тогда, как объем нефтедобычи постоянно снижается.

Сегодня доминирующей мировой тенденцией в отрасли энергетики является повышение стоимости нефтепродуктов. Снижение затрат на энергоносители является важной проблемой для сельскохозяйственных предприятий. Это особенно стало ощутимо в последние годы [Червен І.І., Євчук Л.А. 2005]. С 2001 года по апрель 2008 года стоимость дизельного топлива выросла почти в пять раз, что привело к существенному росту доли энергоносителей в себестоимости продукции аграрных предприятий.

Существенное уменьшение потребления энергоресурсов в аграрном секторе экономики Украины вызвано, прежде всего, увеличением их стоимости. По сравнению с 1990 годом сельское хозяйство сократило расходы топливно-энергетических ресурсов на 67 %, в том числе моторных топлив – на 58 %, электроэнергии – на 57 %. В то же время удельная энергоёмкость валовой

продукции сельского хозяйства росла и в 2000 году составляла 0,58 кг условного топлива (122 % по сравнению с 1990 г.), в том числе в растениеводстве – 0,52 кг условного топлива (109 %), в животноводстве – 0,68 кг условного топлива (145 %) [Горбов В.М. 2003, Бибко В.Г., Меженний С.Я., 1991].

Доля энергоносителей в себестоимости продукции растениеводства составляет около – 27,1 %, а в животноводстве – 7,1 %. Это отрицательно сказывается на себестоимости продукции. Данная отрасль потребляет около 37 % дизельного топлива и 20 % бензина от общего количества. Поэтому применение более дешевых альтернативных топлив имеет большое значение для всех направлений сельскохозяйственного производства.

Проблему топливных ресурсов можно разрешить как за счет их экономии, так и за счет расширения сырьевой базы. Анализ альтернативных топлив для двигателей внутреннего сгорания показывает, что наибольший интерес представляют: сжатый природный газ, биогаз, метиловый эфир рапсового масла или биодизель, этанол (в виде смеси с бензином).

Установление экономической целесообразности внедрения этанола в агробизнес Украины является актуальным.

Биоэтанол является экологически чистым, высокооктановым топливом, который производится из возобновляемых природных ресурсов. В большинстве стран производство биоэтанола ведется как из зерновых культур (кукуруза, пшеница, ячмень и т.д.), так и другого сырья. В настоящее время технический этанол производится в основном в спиртовой промышленности как один из продуктов переработки отходов свеклосахарного производства - мелассы.

Современные технологии производства биоэтанола позволяют использовать практически любое исходное сырье с высоким уровнем содержания сахара или крахмала (картофель, сахарная свекла и т.д.).

Спиртовая промышленность Украины, полностью удовлетворяя внутренние потребности в спирте для изготовления ликероводочных изделий, работает только на 30 % своих общих мощностей. При условии проведения экономической политики, Украина может стать одним из крупных производителей топливных оксигенов на основе этилового спирта в мире.

Для достижения этой цели целесообразно было бы перепрофилировать 70 % "свободных" мощностей спиртзаводов на выпуск топливного этанола. Особенно оправданным будет переход для мясно-спиртовых заводов, потому что в случае использования для пищевых потребностей мясных спирт проигрывает по качеству перед зерновым. В дальнейшем на перепрофилируемых предприятиях можно развить производство других оксигенов и их смесей, используя в качестве сырья этанол и продукты химического синтеза [Автомир 2005].

В разных странах действуют следующие государственные программы применения этанола на транспорте табл. 2.

Таблица 2. Государственные программы применения этанола
Table 1. Government programs of ethanol application

Страна	Требование
1	2
Бразилия	24 %-я смесь этанол/бензин, 2%-е содержание этанола в дизельном топливе

Продолжение табл.2

1	2
США	производить ежегодно 28 млрд. литров этанола к 2012 году, 85 %-я смесь этанол/бензин (Е85)
Венесуэла	10%-я смесь с бензином
Евросоюз	2 % в 2005, 5,75 % биотоплив к 2010 году (этанол + биодизель)
Китай	производит ежегодно 3 млн. тонн к 2010 году
Аргентина	5 %-я смесь к 2010 году
Таиланд	В Бангкоке 10 %-я смесь, 5 %-я смесь по всей стране с 2007 года
Колумбия	10 %-я смесь в крупнейших городах к сентябрю 2005 года
Манитоба, Канада	10 %-я смесь до конца 2005 года
Канада	5 %-я смесь к 2010 году
Япония	разрешено 3%-е содержание этанола в бензине
Индия	5 % с ноября 2006 г., 10 % — планируется с июня 2007 г.
Австралия	разрешено 10 %-е содержание этанола в бензине
Новая Зеландия	5 % биотоплив к 2008 году (этанол + биодизель)
Индонезия	10 % биотоплив к 2010 году (этанол + биодизель)
Филиппины	5 %-я смесь с бензином к 2008 году, 10 % смесь к 2010 году
Ирландия	5,75 % биотоплив к 2009 году (этанол + биодизель). 10 % биотоплив к 2020 году
Дания	10 % биотоплив к 2020 году

В 2000 году в Украине было произведено свыше 5 тис тонн этанола, а в 2001 году не более одной тысячи тонн (по данным Государственного концерна "Укрспирт"). Свертывание производства этанола, с одной стороны, вызвано снижением стоимости светлых нефтепродуктов, другой - увеличением стоимости сырья из которой производились эти топливные высокооктановые компоненты. Так, если в 2003 году стоимость одной тонны мелассы составляло около 150 – 300 грн за тонну, то в 2006 году стоимость сырья превысила 600 грн за тонну, а на сегодня – около 1500 грн за тонну.

В 2004 году Украинские предприятия произвели более 25,6 тыс. тонн высокооктановой кислородсодержащей добавки к бензинам, что позволило произвести свыше 300 тыс тонн смесевых бензинов. Из данного количества кислородсодержащей добавки к бензинам более 2,5 тис тонн произведено предприятием, которое находится в сфере управления Госкомэнергосбережения. В целом, за период, начиная с конца 2001 года до 2005 года, им произведено более 7,2 тис тонн этого компонента.

Сопrotивление нефтяных компаний является основной причиной препятствия внедрения в Украине смесевых бензинов, которые содержат высокооктановую кислородсодержащую примесь или спирты. Все это является причиной отсутствия реально действующей государственной программы по применению экологически чистых возобновляемых топлив [Окоча А.І., Білоконь Я.Ю., Віртовка М.І. 2003].

Проведем оценку эффективности разных сортов топлив при условии равенства эффективных значений КПД двигателей. Оценку будем проводить по стоимости энергии по формуле:

$$BE = \frac{1000 \cdot \sum_{i=1}^n (ЦПo_i \cdot g_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot g_i) \cdot \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot g_i)}, \frac{грн}{ГДж}, \quad (1)$$

где: $ЦПo_i$ – цена i -ого компонента топлива, грн/м³;
 Q_i – низшая теплота сгорания i -ого компонента топлива, МДж/кг;
 ρ_i – плотность i -ого компонента топлива, кг/м³;
 n – количество компонентов;
 g_i – содержание i -ого компонента топлива.

Если рассматривать топливную смесь бензина и этилового спирта, то можно определить максимальное допустимое значение стоимости этилового спирта для обеспечения экономической целесообразности его использования ($Ц_2$):

$$Ц_2 \leq \frac{BEб \cdot \sum_{i=1}^2 (g_i \cdot \rho_i \cdot Q_i) - A \cdot \sum_{i=1}^2 (g_i \cdot \rho_i) - g_1 \cdot Ц_1}{g_2}, \text{ грн} / \text{м}^3, \quad (2)$$

где: $BEб$ – стоимость энергии бензина, грн/ГДж;
 A – акцизный сбор;
 $Ц_1$ – цена бензина.

В приведенном уравнении индекс 1 относится к бензину, а 2 – к этиловому спирту.

Если не увеличивать степень сжатия двигателя, то предельно допустимые значения цены спирта можно представить в виде графической зависимости (рис.2). Расчеты были выполнены для топлива Е-10 при двух значениях ставок акцизного сбора: EUR 30/т и нулевой.

В США строительство завода по производству этанола мощностью 40 млн. галлонов требует инвестиций в размере 142 млн долларов и создает 41 рабочее место на заводе, плюс 694 рабочих места в смежных отраслях; увеличивает стоимость зерновых на 5 – 10 центов за бушель; ежегодно увеличивает доходы местных фермерских хозяйств на 19,6 млн долларов; приносит в среднем 1,2 млн долларов налогов ежегодно. Прибыльность инвестиций составляет 13,3 % годовых.

В 2005 году 30 % бензина в США продавалось в смеси с этанолом. В 2006 г. этанол производили 110 заводов в 19 штатах. Производство достигло рекордного уровня в 18,52 млрд литров, что на 25 % больше, чем в 2005 году. С 2000 г. производство этанола выросло более чем на 300 %.

За 2006 год было построено 15 новых заводов. Суммарная мощность новых заводов 39,90 млрд литров. В январе 2007 году на различных стадиях

строительства находятся 73 завода, 8 заводов расширяют свои мощности. К 2009 году производство этанола в США вырастет более чем на 23 млрд литров — до 44 млрд.

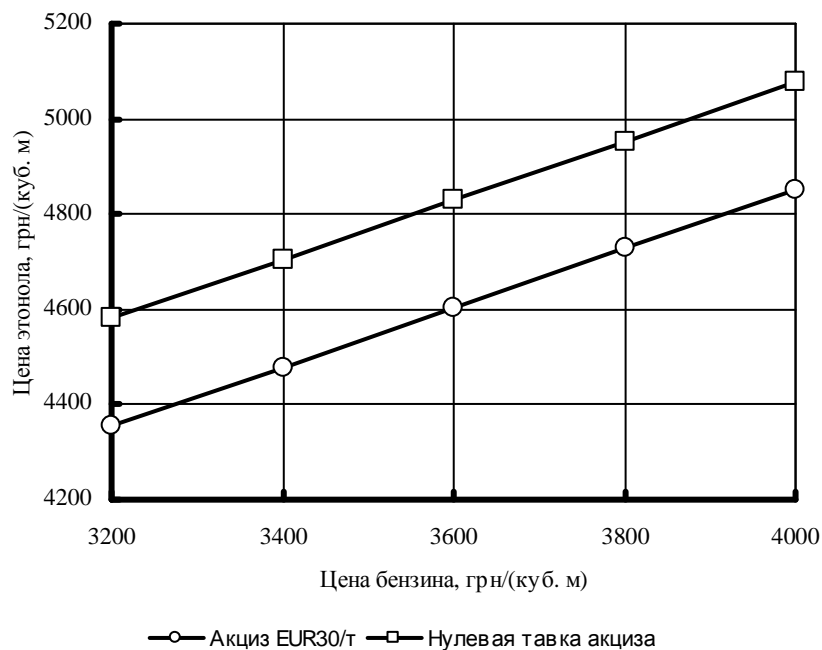


Рис. 2. Зависимость максимально допустимой цены этилового спирта от цены бензина А-80

Fig. 2. Dependence of maximally possible cost of ethyl spirit on the cost of A-80 gasoline

Биоэтанол как топливо нейтрален в качестве источника парниковых газов. Он обладает нулевым балансом диоксида углерода, поскольку при его производстве путем брожения и последующем сгорании выделяется столько же CO_2 , сколько до этого было взято из атмосферы использованными для его производства растениями [Твайделл Д., Уэйр А. 1990].

ВЫВОДЫ

Потребление топлива автомобильным транспортом увеличивается. В ближайшем будущем мировые запасы нефти истощаются, поэтому поиск альтернативных видов топлив является не только актуальным, но и необходимым. Использование этанола в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания является экономически и экологически целесообразным.

ЛІТЕРАТУРА

- Горбов В.М.: 2003: Енергетичні палива. УДМТУ. - 328 с.
- Дубровін В.О., Корченський М.О., Масло І.П., Шептицький О., Рожковський А., Засторек З., Гжибек А., Євич П., Амон Т., В.В. Криворучко В.В. 2004: Біопалива. ЦТІ "Енергетика і електрифікація". - 256 с.
- Червен І.І., Євчук Л.А.: 2005: Забезпечення конкурентоспроможності і економічного зростання регіонального АПК. МДАУ, 440 с.
- Gradziuk P., Grzybek A., Kosciak B.: Biopaliwa. - Warszawa: Wies Jutra, 2003. -162 s.
- Щокін А.Р., Колесник Ю.В., Кудря С.О.: Досвід залучення нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії до паливно-енергетичного балансу України у період 1997-2000 років та стратегічні засади подальшого збільшення їх використання. /Праці міжн. конф. "Енергетична безпека Європи. Погляд у ХХІ століття". 22-25 травня 2001 р., - м. Київ. - К.: Українські енциклопедичні знання, - С. 221-225.
- Шульга В. Г., Коробко В. П., Жовнір М. М.: Основні результати та завдання впровадження нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в Україні // Енергетика и електрифікація. - 1995. - № 2. - С. 39—42.
- Євич П., Шедива З., Дубровін В. Развитие альтернативной энергетики в сельской местности// Сб.науч.трудов ННЦ "ИМЕСХ".— Глеваха: ИМЗСХ, 2001.- Вип. 85.- С.69-76.
- Dubrowin W.A., Gukow J.S., Jesepczuk N.I.: Kierunki rozwoju mechanizacji produkcji roslinnej na Ukrainie // Technika w produkcji roslinnej w perspektywie integracji Polski z Unia Europejska, 2001. — S. 16-22.
- Grzybek A.; Biopaliwa plynne // Czysta Energia. - 2001. -Vol.3. - S. 23-24.
- Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А. В. Міщенко, В. В. Шутюк. — К.: Техніка, 2003.- 162 с.
- Краснощокін Н.В., Савельев Г.С., Шапкойц А.Д. и др.: Адаптация тракторов и автомобилей к работе на биотопливе // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1994. - №12. - С.1-4.
- «Алкогольная» кампания // Автомир. - 2005. - №36. - С.38-39.
- Горбов В.М.: Енергетичні палива. - Миколаїв:УДМТУ, 2003. - 328 с.
- Гуков Я.С., Масло І.П.: Використання біопалива в сільському господарстві України // Науковий вісник Національного аграрного університету. - К.:НАУ. - Випуск 73. Частина 1. - 2004. - С.96-98.
- Гусар І., Погорілий В., Ярова І.: Динаміка якості пально-мастильних матеріалів в 2000-2004 рр. // Техніка АПК. - 2005. - №5-6. - С.45-47.
- Бєбко В.Г., Меженний С.Я., Стафійчук В.Г., Юрчук В.Ф.: Економічне використання енергоресурсів у сільськогосподарському виробництві - К.: Урожай, 1991. - 144 с.
- «Нетрезвый бензин». // Автомир. - 2005. - №10. - С.8.
- Окоча А.І., Білоконь Я.Ю., Віршовка М.І.: Стан і проблеми використання альтернативних палив для дизельних двигунів // Вісник ХТУСГ. - Х.: ХТУСГ, 2003. - С.64-68.
- Porev I.A., Dubrovin VO., Sediva Z.: Basic Data-Fuel Properties of Crops for Energetical Purposes: - Praha: VUZT, 2001.- P. 58-62.

Твайделл Д., Уэйр А.: Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М. Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

AN ANALYSIS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF BIOETHANOL USE AS A MOTOR FUEL

Summary. The analysis of economic efficiency of using bio-ethanol as an additive to the traditional fuel in automobile engines has been made. Bioethanol world production history has been shown. The economical analysis of bioethanol effective application has been made.

Key words: bioethanol, fuels, charges, alternative fuel

Reviewer: Boris Butakov, Prof. Sc. D. Eng.