

УДК 532.546:536.421

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ГАЗОГИДРАТНОГО ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОГАЗА И СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Велицко В.В.

Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К., г. Москва

Одной из ключевых статей расходов сельхозпредприятий, прямо влияющих на рентабельность производства, являются затраты на электроэнергию, теплоснабжение и моторное топливо. В этой связи актуальна организация автономного производства моторного топлива путем переработки биомассы сельскохозяйственных отходов в биогаз, выделение из него энергоносителя - метана и компактирование метана для хранения, транспортировки и последующего использования в двигателях внутреннего сгорания.

Традиционные технологии производства моторного топлива из биогаза предусматривают очистку биогаза от углекислого газа и примесей сероводорода и компримирование (сжатие) до 160 – 200 атм на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). Сложность очистки, хранения, заправки автопарка, высокие капитальные и эксплуатационные затраты существенно ограничивают применение таких технологий в условиях сельскохозяйственного производства.

Предлагаемая альтернативная технология производства моторных топлив включает одностадийное выделение из биогаза целевого продукта - метана и его перевод в газогидрат, являющийся твёрдым соединением метана и воды. Процесс осуществляют охлаждая и сжимая биогаз и смешивая его затем с водой. Полученный твёрдый гидрат метана механически сепарируют от газообразных примесей и сохраняют как концентрат моторного топлива или направляют на переработку в сжиженный или сжатый метан, которые используют как стандартизованное моторное топливо [1, 2]. Сжиженный метан (СПГ) соответствует ТУ 51-03-03-85 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия», а компримированный метан (КПГ) соответствует СТО 089-2010 «Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия».

Таблица 1. Эффективность выделения метана из биогаза и свалочного газа полигонов ТБО

Вид сырья	Расход сырья, нм ³	Выработка сжатого метана, нм ³	Остаточное содержание метана в переработанном газе, % об.
Биогаз (50 - 87% об. метана)	1 000	500 - 870	0,1 - 0,2
Свалочный газ (40 - 50% об. метана)		400 - 500	

Таким образом, ключевой технологией, обеспечивающей простое выделение метана, его безопасную транспортировку и энергоэффективную переработку является выработка гидрата метана.

Один кубометр гидрата метана при плотности $\sim 970 \text{ кг/м}^3$ содержит порядка 164 Нм^3 метана, что эквивалентно сжатию метана до $\sim 200 \text{ атм}$. Высокая энергоёмкость $1,7 \text{ кВт-ч/кг}$, а также стабильность при атмосферном давлении и сравнительно небольшой отрицательной температуре $- 29^\circ\text{C}$ [3] делают гидрат метана более дешёвой и безопасной альтернативой КПП и СПГ при использовании в качестве моторного топлива.

Перечисленные свойства гидрата метана позволяют хранить его в термоизолированных контейнерах, и контролируемо высвобождать потребное количества метана путем нагрева от внешнего источника, например, при использовании тепла атмосферного воздуха или тепла, выделяемого при работе двигателя внутреннего сгорания.

Безопасность транспортировки гидрата метана обеспечивается как его низкой теплопроводностью, так и эффектом самоконсервации, заключающемся в том, что при разложении гидрата метана на метан и воду, вода замерзает и образует на поверхности гидрата ледяную корку, препятствующую его дальнейшему интенсивному разложению. Безопасность гидрата метана в сравнении с КПП и СПГ демонстрируется на фотографии (рис. 1).



Рис. 1. Горение гидрата метана на воздухе [4].

В соответствии со схемой (рис.2) перерабатываемый газ (1), поступает в детандер-компрессорный агрегат (ДКА), где производится его сжатие и охлаждение. Далее из газа сепарируются углеводороды C_3 и выше (3) (при их наличии), а также вода. Охлажденный газ без примесей и конденсата поступает в модуль по производству гидрата метана, где смешиваясь с водой, образует гидрат, механически отделяемый в сепараторе от газообразных примесей. Из примесей, таких как CO_2 , азот и прочие газы рекуперирован холод, а также избыточное давление, используемое в детандер-генераторной установке для выработки электроэнергии (4). Через катализатор примеси сбрасываются (5) в атмосферу.

Применение газогидратной технологии для извлечения из продуктов переработки биологических отходов энергоносителя - метана позволяет обеспечить моторными топливами автопарки сельхозпредприятий, а также реализовать локальную газификацию коммунальных и промышленных потребителей, у которых отсутствует централизованное газоснабжение.

При этом возможность производства моторных топлив из биомассы отходов позволит как снизить финансовую нагрузку на сельхозпредприятия, так и получать дополнительный доход от поставок топлива сторонним потребителям. В частности - целесообразна поставка метана, выработанного из возобновляемого сырья, в страны ЕС. Это связано с тем, что помимо поддержки производителей энергии из возобновляемых источников, в странах ЕС реализуются программы поддержки производителей горючих из возобновляемых источников, в частности - обеспечивается скупка

газоснабжающими организациями чистого метана, полученного из возобновляемых источников, таких как биогаз и свалочный газ полигонов твёрдых бытовых отходов. Существующие «зелёные» тарифы в размере на уровне 1 000 \$ за 1 000 нм³ метана делают экономически целесообразным экспорт полученного метана в страны ЕС. При ориентировочной себестоимости производства 1 000 нм³ метана от 70 до 120 \$, очевидна экономическая перспективность производства гидрата метана для экспортных поставок возобновляемого горючего.

Применение сельхозпроизводителями газогидратной технологии производства метана, в дальнейшем может оказать существенное влияние, как на экономический, так и на технический аспекты сельхозпроизводства. Возможность экономически эффективного независимого производства моторных топлив сделает сельскохозяйственное производство независимым от поставок непрерывно дорожающих энергоносителей. Это позволит создать дополнительные рабочие места, в том числе в депрессивных регионах и на удалённых и «неудобных» землях, куда экономически нецелесообразно проводить традиционные коммуникации в виде линий электропередачи и газопроводов.

Доступность ГСМ и энергоносителей делает экономически эффективной как производство сельхозпродукции, так и её локальную переработку без необходимости транспортировать сельхозпродукцию на централизованные производства, привязанные к существующим линиям электропередачи (ЛЭП) и газопроводам.

Возможность доступного производства метана из локальных источников сырья делает целесообразным производство нового поколения сельхозтехники, ориентированной на метановое топливо. Как показано в [2], целесообразен перевод транспортных средств не только на метан в качестве топлива классических ДВС, но и на метан, используемый в топливных элементах, в частности - в высокотемпературных твёрдооксидных топливных элементах (Solid-oxide fuel cell - SOFC). Это создаёт в сельскохозяйственном секторе потенциальный спрос на энергоэффективные сельхозмашины, а для производителей SOFC - новый рынок сбыта. Применение электро-механической трансмиссии с энергоснабжением посредством SOFC позволит увеличить топливную экономичность, наработку на отказ и упростить сервис сложных сельхозмашин, в частности комбайнов и многофункциональных тракторов, что, в свою очередь, позволит минимизировать ущерб сельхозпроизводителей от простоя оборудования в страду.

Газогидратная технология позволяет использовать гидрат метана для локальной газификации и создания хранилищ газа. Поставляемый в населённый пункт газогидрат может централизованно, в рамках населённого пункта, разлагаться на газ и воду, одорироваться и направляться для газоснабжения потребителей. Также разработанный термодинамический газогидратный рабочий цикл позволяет производить КПП и СПГ из газогидрата без затрат внешней электроэнергии, что не требует установки компрессоров как для локального газоснабжения, так и для работы АГНКС, при этом, при производстве КПП и СПГ из газогидрата будет производиться выработка электроэнергии.

Просветительный потенциал технологии заключается в том, что с её помощью открываются новые возможности по организации энергоавтономных сельскохозяйственных производств, независимых от конъюнктуры на рынке электроэнергии, тепла и моторных топлив. При этом, для многих сельхозпредприятий становится рентабельной локальная переработка сельхозпродукции и реализуется возможность получать дополнительный доход от сбыта горючего собственного производства сторонним потребителям. Это позволяет дополнить современные концепции развития

сельскохозяйственных производств и агломераций на их основе с учётом новой технологии производства, хранения и транспортировки энергоносителей.

Литература

1. Хавкин А.Я., Велицко В.В. Очистка шахтного газа от метана // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг. // М., Нефть и газ, 2011, с.117-118.
2. Велицко В.В., Хавкин А.Я. Очистка шахтного воздуха от метана с применением газогидратных технологий // Естественные и технические науки, 2012, №1, с. 149-161.
3. Хавкин А.Я. Наноявления и нанотехнологии и добыче нефти и газа // М. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010, 692 с.
4. Klinkhammer G. Фотография горения гидрата метана // Интернет, Oregon State University's College of Oceanic and Atmospheric Sciences.