

лоты, полученной при сжигании топлива, передается охлаждающей воде от колосниковой решетки 2 и отводится в калорифере 5, обдуваемом вентилятором 4. Еще часть теплоты уходит с горячими газами и передается движущемуся воздуху в воздухонагревателе 6, после чего нагретый с помощью воздухонагревателя 6 и калорифера 5 воздух по воздушному коробу 8 направляется к обогреваемому или подсушиваемому объекту. С помощью системы золоудаления 12, выполненной в виде штырей, движущихся в зазорах труб колосниковой решетки 2, (штыри закреплены на металлической планке, которая может перемещаться вдоль труб колосниковой решетки) осуществляется удаление золы из этих зазоров, что улучшает доступ воздуха к горящему топливу. Кроме того, штырями системы золоудаления 12 осуществляется передвижение топлива по колосниковой решетке 2. В приемке 9 производится регулировка подачи воздуха в камеру горения топки с помощью шиберов 10, а также извлечение золы из-под колосниковой решетки 2 и удаление ее в окружающую среду при помощи зольника 14. Продукты сгорания выбрасываются через дымовую трубу 13.

#### Выводы

1. В Республике Беларусь имеется нереализованный потенциал энергии отходов растениеводства.
2. Предложенная физико-математическая модель позволит определить наиболее эффективные режимы термической утилизации отходов растениеводства.
3. Разработаны схемы конструкций устройств для сжигания отходов растениеводства.

УДК 621.4:536.46

Ассад М.С.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ

#### Введение

Сегодня перед мировой экономикой серьезно встал вопрос о быстром истощении традиционных видов энергоресурсов и интенсивном загрязнении окружающей среды антропогенными вредными веществами, поэтому весьма актуальным является вопрос поиска новых более эффективных видов энергоносителей. Одним из таких видов энергоносителей является водород.

#### Перспективы применения водорода

Применение водорода в качестве энергоносителя для тепловых энергетических установок в значительной мере определяется возможностью его получения в больших количествах при затратах на единицу энергии, сопоставимых с затратами, имеющими место при получении современных высокооктановых бензинов. Ресурсы водорода в природе практически неисчерпаемы. Его суммарная масса составляет 1 % общей массы Земли, а число атомов – соответственно 16 %. Выбор водорода обусловлен также его экологической чистотой при сгорании. При сжигании водорода в кислороде продукты сгорания абсолютно безвредны, а его окисление в воздухе удовлетворяет самым высоким требованиям по выводу в окружающую среду. При его использовании как топлива исключается возможность образования парникового эффекта, не выделяются токсичные окиси углерода, углеводороды, сажа и канцерогенные вещества.

Водород можно рассматривать как универсальное топливо. Обладая высокой экологической чистотой, он может заменить углеводородное топливо в тепловых двигателях (поршневых с воспламенением от искры или сжатия, комби-

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернетсайт Министерства сельского хозяйства [Электронный ресурс]: www.cxsvod.by. – 26.09.2006.
2. Материалы ГНТП «Агропром комплекс – возрождение и развитие села» на 2006 – 2008 годы // Энергоэффективность. – 2006. – №8. С. 5 – 7.
3. Футько, С.И. Химическая структура волн фильтрационного горения газов в инертных пористых средах / С.И. Футько – Минск 2002. – 44с.
4. Северянин, В.С. Топка с вертикальным круговым ворошением и прерывистой подачей воздуха / В.С. Северянин, И.А. Черников // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика. – 2005, № 2(32). – С. 35-37.
5. Ивашкевич, О.А. Рапс — высокоэффективный источник возобновляемого сырья для производства топлива и химической переработки/ О.А. Ивашкевич, Г.Я. Кабо, В.В. Симирский, В.С. Крук // Энергоэффективность. – 2005. – № 6. – С.18-20.
6. Алдушин, А. П. Устойчивость стационарных волн фильтрационного горения // Физика горения и взрыва. 1981. Т. 17. №6. С. 37-49.
7. Северянин, В.С. диссертация «Исследование горения твердого топлива в пульсирующем потоке» на соискание ученой степени кандидата технических наук. Алма-Ата. Казахский научно-исследовательский институт энергетики – 1969. – 123 с.
8. Патент РБ № 3175, F 23B 1/00. 2006г.

Статья поступила в редакцию 20.02.2007

нированных, двигателях Стирлинга, газотурбинных установках и других), авиационное и ракетное топливо, кокс в металлургии, ацетилен при сварке, а также природный газ для бытовых целей. Водород может использоваться также для энергетических установок, как стационарных мощных электростанций, так и передвижных. Следует отметить возможность широкого применения работающих на водороде топливных элементов – электрохимических генераторов. Топливные элементы как источник электрической энергии имеют самый высокий коэффициент полезного использования топлива (теоретически - более 0,9, а практически не менее 0,7).

Для бытовых целей транспорт и распределение водорода могут производиться по трубопроводам аналогично природному газу. Вследствие малой плотности и вязкости по одному и тому же газопроводу и при неизменном перепаде давления водорода можно передать в 2,7 раза по объему больше, чем природного газа [1]. Возможен транспорт по трубопроводам и жидкого водорода. Водород, как и природный газ, может храниться в естественных подземных резервуарах, а жидкий водород – в криогенных емкостях, а также в гидридах металлов, и в растворах.

Такая способность водорода аккумулироваться в разных фазовых состояниях открывает новые возможности в его использовании для энергоснабжения многих потребителей.

Для тепловых двигателей, в том числе и двигателей внутреннего сгорания (ДВС), пригодность любого энергоносителя как топлива определяется его моторными свойствами. Водород в этом смысле обладает рядом преимуществ перед традиционными видами топлива. Массовая теплота сгорания водорода, составляющая 120 МДж/кг, почти в 3 раза выше по

Таблица 1. Используемые в экспериментах топливно-воздушные смеси

Топливо-воздушная смесь	Коэффициент избытка окислителя (воздуха)	Химический состав смеси	Начальное давление, МПа
Пропан + воздух (смесь 1)	1	$C_3H_8 + 5O_2 + 18,8 N_2$	0,1-1
Пропан + 2% водорода + воздух (смесь 2)	1	$C_3H_8 + 0,51H_2 + 5,26O_2 + 19,76N_2$	0,03-1
Пропан + 4% водорода + воздух (смесь 3)	1	$C_3H_8 + 1,1H_2 + 5,54O_2 + 20,85N_2$	0,024-0,9
Продукты конверсии пропана + воздух (смесь 4)	1	$C_0 + 1,33H_2 + 1,17O_2 + 6,2N_2$	0,1-1
Водород + воздух (смесь 5)	1	$H_2 + 0,5O_2 + 1,88N_2$	0,02-1

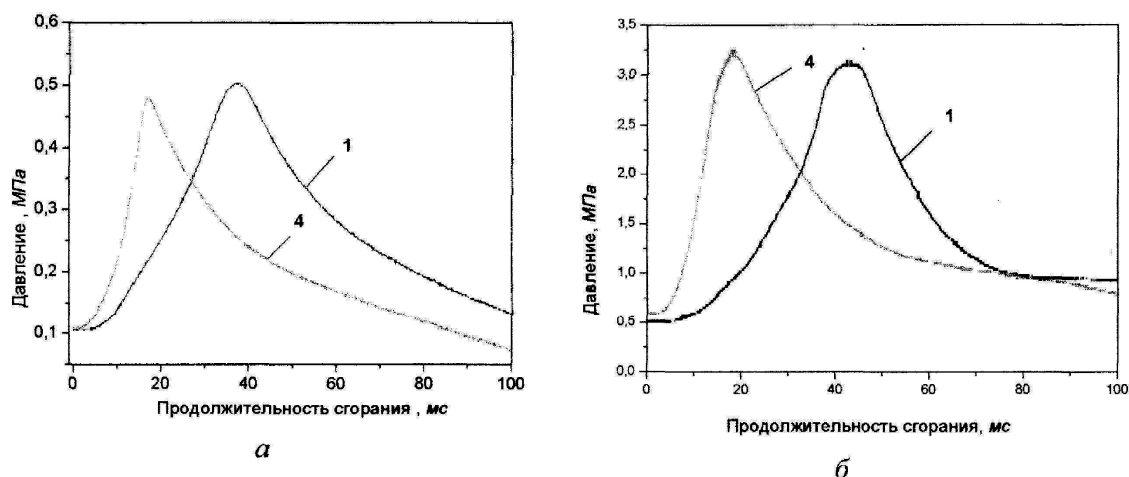


Рис. 1. Зависимость давления от продолжительности сгорания исследованных пропано-воздушной смеси (смесь 1) и продуктов конверсии пропана (смесь 4) при начальном давлении в модельной камере сгорания: а – 0,11 МПа; б – 0,5 МПа

сравнению с углеводородным топливом. Энергии для его воспламенения требуется в 15 раз меньше, чем для углеводородного топлива; высокая скорость воспламенения, на порядок превышающая аналогичный параметр углеводородов; его широкие концентрационные пределы воспламенения, позволяющие работать в области бедных смесей [2-5].

К отрицательным свойствам водорода следует отнести низкие плотность и объемную теплоту сгорания, более высокую температуру воспламенения по сравнению с углеводородами.

Таким образом, применение водорода в качестве моторного топлива может существенно улучшить технические, экологические и экономические характеристики практически всех потребителей энергии, переведенных на водород.

В настоящее время во многих странах мира проводятся комплексные научно-исследовательские работы по использованию водорода для тепловых двигателей и, прежде всего для автомобильных. Установлена возможность конверсии двигателей внутреннего сгорания на водород, однако комплексная работа в этом направлении потребует значительных научно-технических, производственных и организационных мероприятий, а также больших финансовых возможностей.

Несомненно, конверсия двигателей внутреннего сгорания на водород или частичное питание водородом приведет к существенным изменениям рабочего процесса, связанным, прежде всего, с высокой скоростью нарастания давления и высокой скоростью сгорания. Поэтому представляется целесообразным изучение особенностей сгорания водорода и сопоставить их со свойствами традиционного углеводородного топлива.

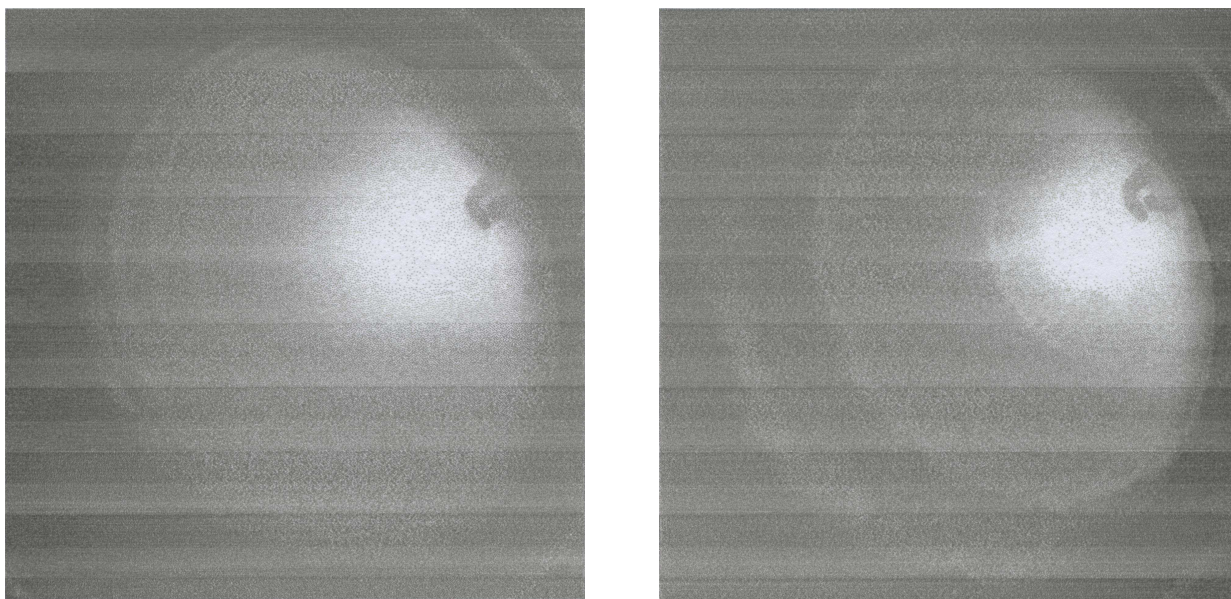
#### Особенности сгорания водорода

Нами проводились эксперименты в прозрачной модельной камере сгорания цилиндрической формы. Инициирование воспламенения смеси производилось с помощью свечи зажигания, установленной в цилиндрической стенке модельной

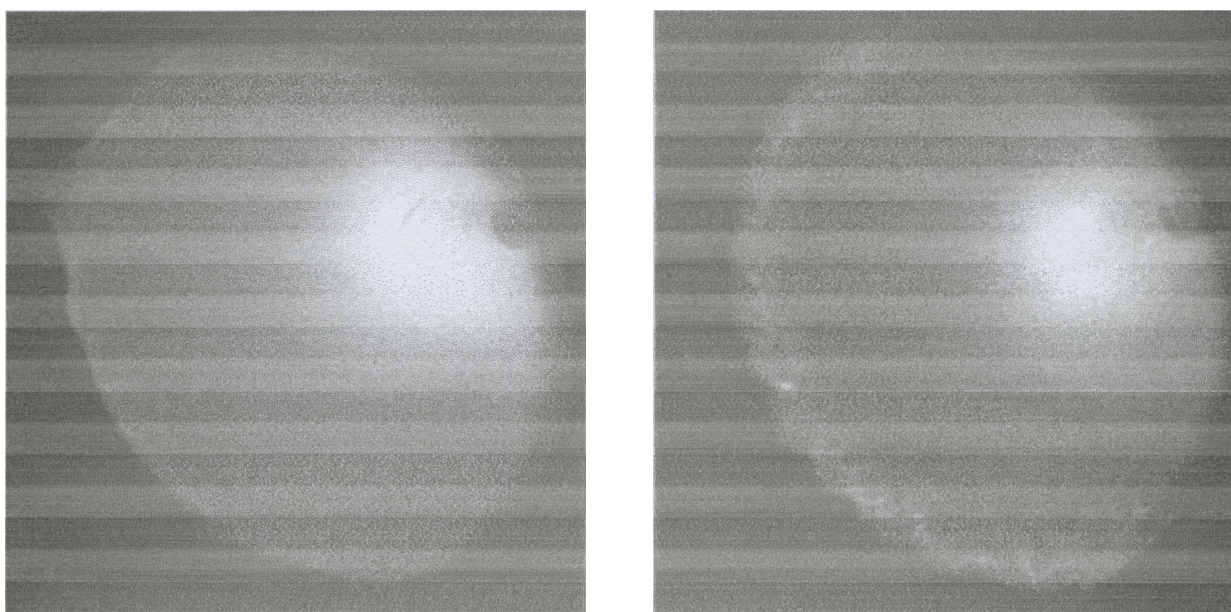
камеры сгорания. В ходе экспериментов фиксировались два параметра: максимальное давление, развиваемое в камере при сгорании, и продолжительность сгорания смеси от момента зажигания до момента достижения максимального давления. Визуализация распространения фронта пламени вдоль камеры сгорания и регистрация ее скорости осуществлялись методами скоростной фотографии.

На рисунке 1 показан характер изменения давления, развиваемого в модельной камере, от продолжительности сгорания для пропано-воздушной смеси и смеси продуктов конверсии пропана с воздухом стехиометрического состава при начальном давлении 0,11 и 0,5 МПа соответственно. Из рисунка видно, что продолжительность сгорания продуктов конверсии пропана почти в 2,5 раза меньше, чем пропано-воздушной смеси, моделирующей традиционное углеводородное топливо, а максимальное давление в камере остается практически неизменным при тех же начальных давлениях. Следовательно, скорость сгорания, как показатель обратно пропорциональный продолжительности сгорания, повышается на аналогичную величину. При этом независимо от состава смеси величина максимального давления прямо пропорциональна начальному давлению в модельной камере сгорания. Так, с повышением начального давления с 0,11 до 0,5 МПа максимальное давление при сгорании как модельной смеси, так и смеси продуктов конверсии пропана, возрастает почти в 7 раз.

Визуализация процессов сгорания указанных смесей (рис. 2) показывает, что не только скорость, но и характер сгорания в указанных смесях существенно отличается. Фронты горения пропано-воздушной смеси (рис. 2, а) - гладкие, тонкие, и лишь на заключительной стадии процесса наблюдаются их размывание и заметные искажения. При этом внутри области сгоревшей части, ограниченной снаружи фронтом пламени,



**Рис. 2.** Визуализация процессов сгорания пропано-воздушной смеси (а) и смеси продуктов конверсии пропана с воздухом (б) стехиометрического состава с наложением фронтов пламени при начальном давлении 0,5 МПа и интервале регистрации 3,6 мс



**Рис. 3.** Визуализация сгорания пропано-воздушной смеси стехиометрического состава при начальном давлении 0,5 МПа через 10,9 мс после начала процесса

**Рис. 4.** Визуализация сгорания смеси продуктов конверсии пропана с воздухом стехиометрического состава при начальном давлении 0,5 МПа через 10,4 мс после начала процесса

наблюдается практически однородное по окраске пространство (рис. 3).

Совсем иной характер имеет процесс сгорания продуктов конверсии пропана. Фронты пламени (рис. 2, б) - изломанные, их цилиндрическая поверхность модулируется колебаниями, амплитуда и период которых возрастают со временем. Как видно из фотографии, при малых размерах дуги фронта пламени почти вся область сгоревшей части смеси, за исключением примыкающего к свече зажигания участка, пронизана многократно пересекающимися линиями, образующими ячеистую структуру, которая проявляет, на наш взгляд, существующую внутри области систему волн сжатия. По мере увеличения среднего радиуса фронта пламени область однородного свечения увеличивается, при этом ширина зоны с ячеистой структурой постепенно уменьшается и в последней

стадии процесса сгорания поверхность переднего фронта пламени приобретает пространственную волновую форму с резким возрастанием амплитуды волн (рис. 4).

Исследованиями процесса сгорания смеси водорода с воздухом стехиометрического состава (рис. 5) установлено, что данная смесь сгорает при начальном давлении 0,735 МПа почти в десять раз быстрее, чем пропано-воздушная смесь, сгорающая даже при начальном давлении 0,11 МПа.

#### **Выводы**

Изложенные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

С увеличением концентрации водорода в топливно-воздушной смеси скорость сгорания стремительно повышается и при окислении чистого водорода с воздухом достигает

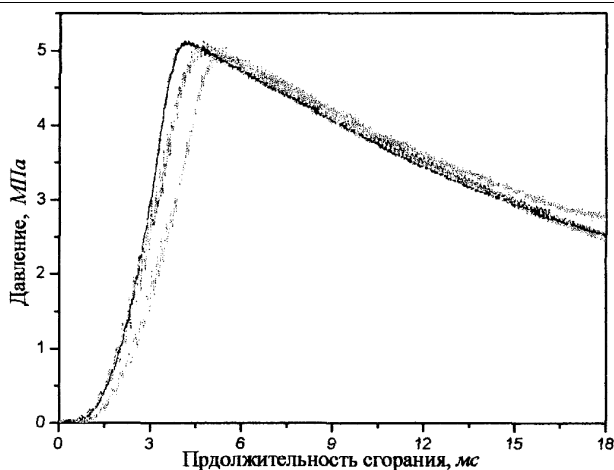


Рис. 5. Зависимость давления от продолжительности сгорания водородно-воздушной смеси (смесь 5) при начальном давлении в модельной камере сгорания 0,735 МПа

максимума, величина которой на порядок превышает аналогичный показатель пропано-воздушной смеси, моделирующей традиционное углеводородное топливо.

Применение водорода в качестве топлива или добавки к топливу возможно при правильной организации рабочего

УДК 662.997

Кузьмич В.В., Кузьмич Г.В.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЛАСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

### Введение

В настоящее время для эффективного развития сельского хозяйства основным фактором становится энергообеспечение, а также надежность энергообеспечения. Вопросам энергосбережения уделяется главенствующее внимание в деятельности и научно-практических спектрах сельского хозяйства.

### Основные положения научно-практических программ

В связи с этим развитие энергетики в НПЦ по механизации сельского хозяйства должно идти по следующим направлениям:

#### Первое – в области создания и освоения экономных электротехнологий

Требуется реализовать в сельхозпроизводстве уже разработанные технологии и вновь разрабатываемые, основанные на энергоэффективных методах воздействия на растения, животных, семена, корма, производимую продукцию, включающие электрофизические методы обработки зерна, уничтожения сорняков, обеззараживания, хранения, сушки, лечения животных. Предложенные методы воздействия на сельхозпродукцию позволяют в 1,5-2,0 раза сократить продукции на 30-40% – затраты энергии.

Одним из методов воздействия на животных и растения является облучение комбинированным ультрафиолетовым и инфракрасным световым потоком.

В НПЦ по механизации сельского хозяйства изготовлен экспериментальный образец и проведены исследовательские испытания на свином комплексе, которые показали, что оборудование обладает повышенной энергетической эффективно-

процесса и сгорания в двигателе с учетом всех особенностей окисления водорода.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тупаев В.И., Шейнин А.В. К вопросу о транспорте энергии в виде газообразного водорода. – Известия АН БССР. Сер. физико-энергетических наук, 1976. – № 3.
2. Ogden J.M., Steinbugler M.M., Kreutz T.G. A comparison of hydrogen, methanol and gasoline as fuels for fuel cell vehicles: implications for vehicle design and infrastructure development // J. of Power Sources. 1999. Vol. 79. Pp. 143-168.
3. Berry G.D., Pasternak A.D., Rambach G.D., Smith J.R., and Schock R.N. Hydrogen as a future transportation fuel // Energy. 1996. Vol. 21, No. 4. Pp. 289-303.
4. Agbossou K., Chahine R., Hamelin J., Laurencelle F., Anouar A., St-Arnaud J.-M., Bose T.K. Renewable energy systems based on hydrogen for remote applications // J. of Power Sources. 2001. Vol. 96. Pp. 168-172.
5. Ассад М.С., Лещевич В.В., Миронов В.Н., Пенязков О.Г., Севрук К.Л. Горение модифицированных топлив в модели камеры сгорания ДВС / Сборник научных трудов «Тепло- и массоперенос» Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН РБ. – Мн., 2005. – С. 100-105.

Статья поступила в редакцию 21.02.2007

стью вследствие применения узкополостных источников биологически активного излучения, что способствует активизации иммунной и обменной системы и позволяет увеличить среднесуточные привесы молодняка свиней на 10-12%; снижение инфекционного падежа животных на 12-15%; снизить энергозатраты на создание оптимального светового, теплового климата на 15-20%. Эффект от внедрения разработки на 300 подсобных поросят (одна секция свиноматки) составляет более 5 тыс. у.е. по конечной продукции.

Внедрение разрабатываемого оборудования на существующих свиноматках даст экономию электроэнергии свыше 50 млн. кВт-ч/год, позволит получить от 5 до 8 тыс. т дополнительной продукции – свинины в живом весе.

Особая роль в развитии этого направления отводится использованию ультразвука для очистки помещений, теплообменного оборудования, трубопроводов, доильных аппаратов.

В этом году НПЦ по механизации сельского хозяйства совместно с БГАТУ по программе «Агропромкомплекс» начаты работы по заданию «Разработать энергосберегающее устройство ультразвуковой очистки доильных аппаратов путем ультразвукового воздействия», функционирующее в частном диапазоне от 8 до 40 кГц, диапазоне мощности от 0,01 до 1 Вт/см<sup>2</sup>, которое позволит, в сравнении с существующей технологией, на 30-40% снизить затраты энергии и при этом повысить качество и сократить время очистки в 6-7 раз (ответственный исполнитель н.с. Зимницкий Д.В.).

Потребность Республики Беларусь составляет 14000 разрабатываемых устройств. Предполагается ежегодно серийно производить и монтировать не менее 1000 устройств ультразвуковой об-

Кузьмич В.В., НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства.

Кузьмич Г.В., Республиканский институт профессионального образования.