

УДК 631.354.6

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРЕДВИЖНОГО ГЕЛИОВОДО-
НАГРЕВАТЕЛЯ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ВТОРИЧНОЙ ТЕПЛОТЫ НА
ПЕРЕДВИЖНОЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ**

Г.С. Цыбульский¹, Д.А. Григорьев¹, П.Ф. Богданович¹, В.Н. Дашков²

¹ – УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

² – ГП «Институт энергетики НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 07.07.2014 г.)

Аннотация. В статье представлена разработка передвижного гелиоводо-нагревателя, обеспечивающего дополнительное использование вторичной теплоты водокольцевого вакуумного насоса и теплоты отработанных газов двигателя внутреннего сгорания привода вакуумного агрегата для подогрева технологической воды в системе горячего водоснабжения передвижных доильных установок, используемой для проведения санитарно-гигиенических мероприятий при машинном доении коров. Сделан обзор и критический анализ ряда устройств для использования возобновляемых, а также утилизации вторичных энергоресурсов для горячего водоснабжения доильных установок.

Summary. The article presents the development of mobile solar water- heaters, providing additional use of the secondary heat of water ring vacuum pump and heat of waste gases of internal combustion engine of a drive vacuum unit for heating the processed water in the hot water system of mobile milking machines that ensures hygienic measures for machine milking cows. A review and critical analysis of a number of de-

vices for the use of renewable and utilization of secondary energy resources for hot water providing of milking machines is made.

Введение. При ведении пастбищного молочного скотоводства актуальным вопросом является организация энергоэффективного горячего водоснабжения для проведения санитарно-гигиенических мероприятий на передвижных доильных установках (ПДУ).

Горячее водоснабжение ПДУ при невозможности или нецелесообразности использования стационарных линий электропередач может быть организовано по традиционным схемам: с использованием органических видов топлива или по альтернативной энергосберегающей схеме с использованием солнечной энергии.

В настоящее время при пастбищном содержании коров доение осуществляют два раза в сутки – утром и вечером. Время дойки соответствует 6-8 часам утра и 8-11 часам вечера. В данные промежутки времени интенсивность солнечной радиации не превышает 300 Вт/м^2 и не может обеспечить эффективную работу гелиоводонагревателя. При низкой инсоляции в течение светового дня температура воды также не достигает уровня, необходимого для проведения санитарно-гигиенических мероприятий на передвижной доильной установке во время вечерней дойки. Кроме того, температура подогретой воды, необходимой для проведения утренней дойки, дополнительно снижается во время ночного хранения за счет тепловых потерь. Поэтому воду необходимо догревать с использованием дополнительных источников теплоты, которыми может стать теплота, образующаяся в результате работы водокольцевого вакуумного насоса (ВВН), а также теплота, утилизированная от выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания (ДВС), используемого для привода доильной установки.

Цель работы – рассмотреть техническую реализацию возможности совместного эффективного использования вторичных тепловых ресурсов, образующихся в процессе работы вакуумного агрегата, с гелиоколлектором для горячего водоснабжения передвижной доильной установки.

Материал и методика исследований. Теоретическое исследование проводилось по материалам электронных баз данных патентов Российской Федерации и Республики Беларусь, а также интернет ресурсов в сфере использования гелиоэнергетики для локального энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей. Исследовалась возможность утилизации теплоты, образующейся в ходе работы водокольцевого вакуумного насоса и двигателя внутреннего сгорания, обеспечивающего привод вакуумного агрегата.

Результаты исследований и их обсуждение. При использовании гелиоводонагревателя в качестве основного источника теплоты на ПДУ представляется возможным дополнительно отбирать теплоту ВВН. Технически данная задача решается за счет установки дополнительного теплообменника в водяном баке ВВН. Теплообменник обеспечивает охлаждение оборотной воды ВВН и подогрев воды, поступающей в бак-аккумулятор (БА) гелиоводонагревателя. При этом обеспечивается утилизация вторичного тепла, а также повышается КПД и производительность водокольцевого насоса [1, 2].

Для повышения энергоэффективности горячего водоснабжения передвижных доильных установок нами изучался вопрос комплексного использования солнечной энергии, вторичного тепла водокольцевого вакуумного насоса, а также тепла отработанных газов, используемого для его привода ДВС.

Известен передвижной комбинированный водоподогреватель [3], содержащий раму с ходовой частью, гелиоколлектор, бак аккумулятора подогретой воды, насосный узел, пульт управления и источник электроэнергии. Водоподогреватель оснащен водогрейной колонкой на твердом топливе. Недостатком данной конструкции является ее сложность и большие трудозатраты при эксплуатации.

Передвижной гелиоводоподогреватель [4], содержащий размещенный на прицепном шасси гелиоколлектор, бак для холодной воды, бак для горячей воды с теплообменником и насосный узел, обеспечивает хранение и нагрев за счет солнечного излучения воды, необходимой для обслуживания передвижной доильной установки, предназначенной для доения коров на пастбище. При этом гелиоводоподогреватель может перемещаться при помощи тягача к месту работы доильной установки. Недостатком данного гелиоводоподогревателя является то, что он не обеспечивает на выходе из бака для горячей воды напор, необходимый для удобного использования воды, который снижается по мере уменьшения уровня воды в баке для холодной воды.

Общим недостатком указанных устройств является отсутствие возможности утилизации теплоты, выделяющейся при работе вакуумного водокольцевого насоса. При этом перегрев вакуумного насоса приводит к снижению его КПД, падению уровня вакуума в доильной установке и нарушению процесса доения.

Известна вакуумная установка для животноводческой фермы [5], содержащая двигатель внутреннего сгорания, всасывающий патрубок которого использован в качестве источника вакуума для доильной установки, а патрубки, отводящие выхлопные газы, проходят через водяной теплообменник, нагретая вода используется для производственных нужд. Недо-

статком данного устройства является низкий КПД работы двигателя вследствие большого сопротивления на всасывающем коллекторе, а также ограниченные возможности поддержания и регулирования уровня вакуума в доильной установке. Кроме того, система утилизации тепловой энергии отработанных газов имеет низкую эффективность.

Передвижной гелиоводонагреватель [2] обеспечивает возможность предварительного подогрева воды, поступающей из бака для холодной воды в бак для горячей воды, за счет использования вторичного тепла, образующегося в результате работы водокольцевого вакуумного насоса доильной установки. При этом охлаждение воды, используемой для работы водокольцевого вакуумного насоса, обеспечивает повышение его КПД и поддержание необходимого уровня вакуума в доильной установке. Недостатком данной конструкции является то, что она не обеспечивает возможность эффективного использования теплоты отработанных газов двигателя внутреннего сгорания, применяемого для привода водокольцевого вакуумного насоса.

Наши разработки направлены на расширение возможностей использования и повышение эффективности работы гелиоводонагревателя в составе передвижной доильной установки.

Сущность наших разработок состоит в том, что (рисунок) передвижной гелиоводонагреватель содержит размещенные на прицепном шасси 1 гелиоколлектор 2, бак 3 для холодной воды, бак 4 для горячей воды с первым теплообменником 5, насосный узел, включающий в себя жидкостный насос 6 с приводом от электродвигателя 7, электрически соединенного через электронный блок управления 8 с источником питания 9, при этом жидкостный насос входом связан с выходом теплообменника, а выходом соединен с входом гелиоколлектора, выход которого связан с входом теплообменника. Второй теплообменник 10 размещен в водяном баке 11 водокольцевого вакуумного насоса 12 передвижной доильной установки, второй жидкостный насос 13 с приводом от электродвигателя 14, электрически соединенный через реле 15 давления с источником питания. Второй теплообменник входом связан с выходом бака для холодной воды, а выходом соединен с входом второго жидкостного насоса, выход которого связан с входом бака для горячей воды. Жидкостный выход 16 бака для горячей воды расположен таким образом, что в верхней части бака образуется воздушная полость 17 пневматически соединенная с реле давления. Третий теплообменник 18 размещен в баке для горячей воды и выходом связанный с атмосферой, а входом соединенный с выходом газового эжектора 19, нагнетательный патрубок которого соединен с воздушным выходом водокольцевого вакуумного насоса, а всасывающий патрубок связан с выхлопным коллектором двигателя внутреннего сгорания 20,

обеспечивающего привод вакуумного насоса. При этом газовый эжектор имеет производительность на всасывающем патрубке, превышающую выход отработанных газов с двигателя внутреннего сгорания, и обеспечивает образование смеси отработанного воздуха из водокольцевого вакуумного насоса с выхлопными газами. Конструкция третьего теплообменника обеспечивает конденсацию паров воды из смеси, поступающей из эжектора, а также беспрепятственный отвод конденсата.

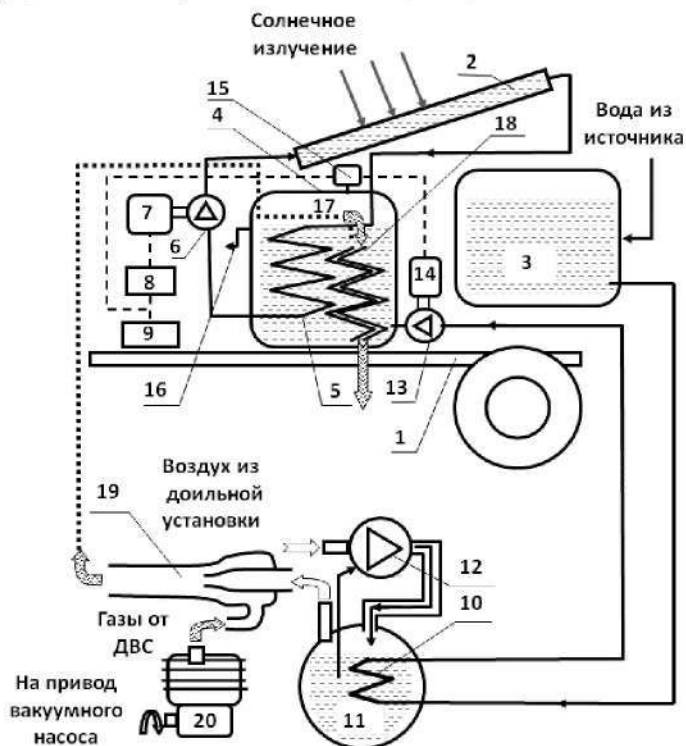


Рисунок – Передвижной гелиоводонагреватель

Гелиоводонагреватель работает следующим образом. На прицепном шасси 1 гелиоводонагреватель транспортируется к месту работы передвижной доильной установки и устанавливается таким образом, чтобы гелиоколлектор 2 подвергался воздействию солнечного излучения. При этом обеспечивается соединение выхода бака 3 для холодной воды и входа второго жидкостного насоса 13 соответственно с входом и выходом второго теплообменника 10, размещенного в водяном баке 11 водоколь-

цевого вакуумного насоса 12 передвижной доильной установки. Бак для холодной воды наполняется водой из внешнего источника, в качестве которого может быть использована автомобильная цистерна или водопроводная сеть. Из бака для холодной воды через второй теплообменник вода вторым жидкостным насосом подается в бак для горячей воды 4. Насос создает в баке для горячей воды избыточное давление, в результате воздух в воздушной полости 17 сжимается. При достижении установленного уровня давления, реле давления 15 разрывает электрическую цепь, соединяющую двигатель 14, в качестве которого может быть использован двигатель постоянного тока, привода второго жидкостного насоса с источником питания 9 и работа насоса прерывается. В перерывах работы насоса давление поддерживается за счет сжатого в воздушной полости воздуха. Насосный узел обеспечивает циркуляцию теплоносителя, в качестве которого может быть использована вода, по замкнутому контуру, включающему в себя последовательно соединенные: первый теплообменник 5, первый жидкостный насос 6 и гелиоколлектор. Нагретый в гелиоколлекторе теплоноситель поступает в первый теплообменник, где отдает тепловую энергию воде, заполняющей бак для горячей воды. Привод жидкостного насоса осуществляется от электродвигателя 7, в качестве которого может быть использован двигатель постоянного тока. Двигатель питается через электронный блок управления 8 от источника питания 9, в качестве которого может быть использован автомобильный аккумулятор, периодически подзаряжаемый от бортовой сети трактора, обеспечивающего доставку воды на пастбище. Электронный блок управления может быть выполнен в виде электронной схемы, содержащей компаратор, усилитель и тиристор, соединенной с датчиком температуры теплоносителя в гелиоколлекторе и датчиком температуры в баке для горячей воды. Электронный блок обеспечивает периодическое соединение двигателя с аккумулятором, при этом момент включения и отключения двигателя определяется разностью температур в гелиоколлекторе и баке для горячей воды. В процессе работы доильной установки вода, используемая для работы водокольцевого вакуумного насоса, нагревается и нагревает воду в расположенном водяном баке втором теплообменнике. При отборе нагретой воды через жидкостный выход 16 давление в баке для горячей воды понижается. Когда давление достигает установленного уровня, реле давления восстанавливает электрическую цепь, соединяющую двигатель привода второго жидкостного насоса с источником питания, и работа насоса возобновляется. Нагретая во втором теплообменнике вода подается в бак для горячей воды. Поступающая во второй теплообменник холодная вода охлаждает воду, используемую для работы водокольцевого насоса. Воздух, выходящий из водокольцевого вакуумного насоса, поступает в нагне-

тательный патрубок эжектора 19, в диффузоре которого создается разрежение, за счет чего выхлопные газы засасываются из выхлопного коллектора двигателя внутреннего сгорания 20, обеспечивающего привод вакуумного насоса, который может осуществляться через механическую передачу, при этом газовый эжектор имеет производительность на всасывающем патрубке, превышающую выход отработанных газов с двигателя внутреннего сгорания, что позволяет повысить мощность и КПД двигателя за счет уменьшения сопротивления в выпускном коллекторе. В диффузоре эжектора происходит образование смеси отработанного воздуха из водокольцевого вакуумного насоса с выхлопными газами, при этом тепловая энергия газов передается водяным парам, имеющим более высокую, чем газы и воздух, теплоемкость. Смесь подается на вход третьего теплообменника через трубопровод, который присоединяется к гелиоводонагревателю в процессе его подготовки к работе. Конструкция и площадь теплообменника третьего теплообменника, который может быть выполнен в виде змеевикового теплообменника, обеспечивает конденсацию паров воды из смеси, поступающей из эжектора, а также беспрепятственный отвод конденсата через выход теплообменника, в результате чего происходит эффективная утилизация тепловой энергии выхлопных газов и энергии, содержащейся в водяных парах отработанного воздуха вакуумного насоса.

Заключение. Предлагаемая конструкция гелиоводонагревателя позволяет эффективно использовать тепло, выделяющееся в ходе работы двигателя внутреннего сгорания, обеспечивающего привод вакуумного водокольцевого насоса, для подогрева воды в баке для горячей воды. В результате повышается эффективность работы гелиоводонагревателя, двигателя внутреннего сгорания и вакуумного насоса.

По результатам исследований подана заявка на изобретение в Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыбульский, Г.С. Комплексное использование тепловых ресурсов для горячего водоснабжения передвижных доильных установок. / Г.С. Цыбульский, Д.А. Григорьев, В.Н. Дашков // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов.: Том 18 // Под. ред. В.К. Пестиса – Гродно: ГТАУ, 2012. – 243-249 с.
2. Передвижной гелиоводонагреватель: пат. 8484Респ. Беларусь, МПК7 F 24 J 2/42, 2/38 / Д.А. Григорьев, В.К. Пестис, В.Н. Дашков, Г.С. Цыбульский, П.Ф. Богданович, С.Н. Ладутько, заявитель Гродн. гос. аграрн. ун-т. – № и 20111072; заявл. 2011.12.29.; опубл. 30.08.12 Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2012. – № 4. – 229 с.
3. Передвижной комбинированный водоподогреватель: пат. 2719Респ. Беларусь, МПК7 F 24 J 2/42 / В.К. Пестис, С.Н. Ладутько, Г.С. Цыбульский, Э.В. Заяц; заявитель Гродн. гос. аграрн. ун-т. – № и 20050461; заявл. 2005.07.22.; опубл. 30.06.06 Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2006. – № 3. – 205 с.

4. Передвижной гелиоводоподогреватель: пат. 8238 Респ. Беларусь, МПК7 F 24 J 2/42, 2/48 / В.К. Пестис, С.Н. Ладутько, Г.С. Цыбульский; заявитель Гродн. гос. аграрн. ун-т. – № а 2003617; заявл. 2002.06.11.; опубл. 30.06.06.Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2006. – № 3. – 118 с.
5. Вакуумная установка для животноводческой фермы: пат. 2375870 С2 Россия, МПК А01J5/100 / В.А. Кокарев; заявитель В.А. Кокарев. – № 2008107122/12; заявл. 2008.02.28.; опубл. 20.12.09 Бюл.№35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.espacenet.com>. – Дата доступа: 29.06.2014.