

УДК 621.57; 621.564

ТЕПЛОВОЙ НАСОС НА ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ВЫСОКОКИПАЩИХ ХЛАДАГЕНТАХ

© В.Е. Добрынин, С.А. Кунгурцев, Н.Н. Чеканова, Н.А. Чеканов

Ключевые слова: тепловое загрязнение; озоновый слой; Киотский протокол; вакуумный насос вместо компрессора; высококипящие вещества (этанол, метанол, их водные растворы и др.) как хладагенты.

Основная идея предлагаемого устройства состоит в использовании агрегата низкого давления ($p < 1$ бар) – вакуумного насоса вместо традиционно используемого компрессора. Благодаря тому факту, что механические нагрузки систем низкого давления сравнительно невелики, такие системы обладают рядом преимуществ по сравнению с системами высокого давления: безопасность, долговечность, надежность, меньшая металлоемкость и др. Предлагаемые тепловой насос и холодильник дают возможность в качестве хладагентов использовать широкий ряд высококипящих и экологически чистых веществ, например, этанол, метанол, их водные растворы и другие. Хладагент подбирается в зависимости от требуемой температуры, из соображений безопасности в эксплуатации, экологической чистоты вещества и его производства. Эти устройства не разрушают озоновый слой Земли, а тепловой насос не вносит теплового загрязнения в атмосферу и экономит высококачественное топливо: газ, нефть и уголь.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием цивилизации возникли глобальные экологические проблемы, имеющие прямое отношение к нашему исследованию, такие как: разрушение озонового слоя; глобальное потепление и тепловое загрязнение планеты Земля; истощение запасов высококачественного ископаемого топлива (угля, нефти, газа) и связанная с ним проблема энергосбережения и народонаселения. Эти проблемы в последние несколько десятилетий резко обострились [1].

На некоторые глобальные проблемы указал всемирно известный ученый нобелевский лауреат П.Л. Капица еще в середине 80-х гг. XX в. [2–3]. В частности, П.Л. Капица писал [3]: «Глобальные проблемы – это проблемы, которые нужно решать в масштабах всего земного шара... Отыскать и обосновать эти решения должны ученые, а осуществить их в международном масштабе должны государственные деятели... В наш век, благодаря увеличению численности людей на земном шаре и с ростом материальной культуры, стали осуществляться технические и энергетические процессы, которые начали изменять природу всего земного шара. Сейчас становится очевидным, что некоторые из этих изменений настолько значительны, что представляют опасность для благополучного существования всего человечества... Статистика показывает, что в наиболее развитых странах на человека приходится в среднем 10 киловатт... Таким образом, рост материального благосостояния человека теснейшим образом связан с производимой энергией. Сейчас потребление энергии быстро возрастает, главное, благодаря необходимости поднять уровень жизни в развивающихся странах.

В силу этой ведущей роли энергетики... преодоление надвигающегося сейчас энергетического кризиса представляет для человечества наиболее крупную глобальную проблему. Причина надвигающегося кризиса очевидна и хорошо осознана. Не менее 90 % источни-

ков энергии, которые используются сейчас, являются горючими веществами, как уголь, нефть, газ и др. Оказывается, что при современном темпе их использования их запасы на земном шаре будут исчерпаны в недалеком будущем...

Совершенно очевидно, что все глобальные проблемы придется решать в международном масштабе... Проблему энергетического снабжения и использования энергетических ресурсов тоже становится необходимым решать в международном масштабе».

Состояние к 2009 г. в области энергетики в мире и в России подробно рассмотрены в большой статье В.Е. Фортова, А.А. Макарова [4].

На рис. 1 приведены графики роста и прогнозов мировой добычи угля, нефти и газа [5]. В связи с обострением глобальных проблем мировое сообщество провело ряд известных Всемирных саммитов и конференций: Венская конвенция по защите озонового слоя (1985);

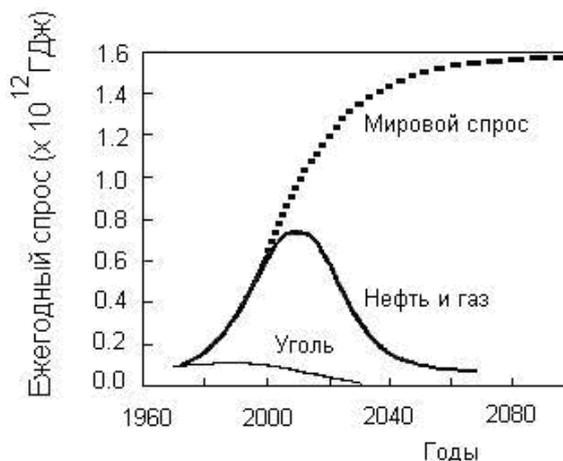
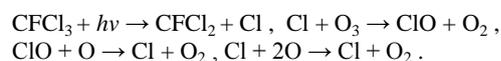


Рис. 1. Рост и прогноз мировой добычи угля, нефти и газа

Монреальский протокол, в котором дан перечень веществ, разрушающих озоновый слой Земли; в частности, фреоны были отнесены к экологически опасным веществам (1987); Всемирный Саммит в Рио-де-Жанейро по проблемам окружающей среды и развитию обозначил глобальное потепление как наиболее опасную угрозу существования самого человека (1992); Женевская конференция, в решениях которой было рекомендовано снизить тепловые выбросы на 30 % для развитых стран и 10 % для слаборазвитых за счет энергосберегающих технологий (1996); Киотская всемирная конференция, на которой принят конкретный документ, ограничивающий суммарные выбросы в атмосферу Земли диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄), оксидов азота, **фторуглеродов и фторуглеродов**, шестифтористой серы (SF₆). Протокол также обязал все подписавшиеся страны сократить их выброс к 2008–2012 гг. на определенный процент (1997).

Результаты исследования озонового слоя Земли и их анализ указывают, что основными разрушителями озона являются хлорсодержащие вещества, к которым, в частности, относятся фреоны – хладагенты тепловых насосов, холодильников, кондиционеров. Ученые П. Крутцен, М. Молина и Ш.Ф. Роуланд, которые «за работу по атмосферной химии, особенно в части процессов образования и разрушения озонового слоя» в 1995 г. получили Нобелевскую премию по химии, открыли хлорный цикл разложения озона в результате воздействия ультрафиолетового излучения (с энергией *hν*) Солнца на фреоны. В качестве иллюстрации ниже приведены реакции для самого активного фреона R11 (CFCl₃) по разложению атмосферного озона и восстановлению хлора:



Этот цикл с освобождением атома хлора повторяется до сотни раз, уничтожая до сотни молекул озона. Кроме того, к парниковым веществам были отнесены фреоны R134a, R23, R32, R125, RC318, R218, R116, R152a, R227ea, R236fa, R245fa, их смеси [6].

В течение XX в. из-за выбросов парниковых газов в атмосферу среднее потепление составило 0,74 °C и степень подъема уровня моря в 17 см. Из проведенных измерений следует, что процесс глобального потепления протекает со скоростью 0,34–0,43 °C в десятилетие. Кроме того, наблюдается увеличение экстремальных осадков, периодов сильной жары и наводнений, других стихийных катастроф.

В настоящее время человечество потребляет в год около 10 млрд тонн условного топлива (ТУТ = 2,52·10¹⁰ Дж), в основном, в виде угля, нефти и газа. Это количество постоянно растет за счет развивающихся стран, которые стремятся обеспечить такие же условия, как в высокоразвитых странах (в США на человека в среднем расходуется 10 кВт·ч электроэнергии в день), а также из-за роста численности населения мира, которое увеличивается на 1,5 % в год. По оценкам, общие потребности в энергии достигнут 34 млрд ТУТ к 2020 г., а значит, увеличится спрос на природное топливо, запасы которого ограничены и скоро будут исчерпаны [7] (рис. 1).

В связи с этими проблемами в Киото был принят конкретный документ по ограничению суммарных выбросов в атмосферу Земли веществ, ответственных за ее тепловое загрязнение и разрушение озонового

слоя. Киотский протокол вступил в силу 16 февраля 2005 г., после того как его подписала Россия. Так как срок действия первого периода Киотского протокола закончился 31 декабря 2012 г., то принято решение о его продлении еще на пять лет, начиная с 1 января 2013 г.

Таким образом, часть фреонов отнесена к озоноопасным, а часть – к парниковым газам, и должны быть поэтапно выведены из производства и использования. В частности, широко используемые фреоны R11, R12, R113, R114, R115 уже запрещены согласно Киотскому протоколу. На нынешнем этапе санкции направлены на хладагенты R22, R21, R141b, R123 и R142b, причем сокращение потребления этих озоноразрушающих веществ на 90 % должно быть завершено к 2015 г. [8–9].

Большинство существующих и работающих холодильников, тепловых насосов и кондиционеров (более 90 %) являются компрессионными и используют в качестве хладагента фреоны, которые отнесены к экологически опасным веществам, т. к. разрушают озоновый слой и вызывают парниковый эффект.

Следует отметить, что в настоящее время общее число работающих теплонасосных установок постоянно увеличивается. «По экспертным оценкам, представленным в отчете агентства Reportlinker, в 2013 г. объем рынка тепловых насосов оценивался в 58,3 млн блоков. Прогнозируется, что на период 2014–2020 гг. показатель совокупных темпов годового роста составит 10,6 %. Кроме того, согласно прогнозу, объем мирового рынка тепловых насосов к 2020 г. достигнет 116,9 млн блоков» [10]. Число домашних и промышленных холодильников и кондиционеров, работающих на фреонах, еще больше.

Что касается тепловых насосов, то их внедрение вместо традиционных систем отопления по расчетам Международного энергетического агентства способствовало бы сокращению выбросов CO₂ в 2050 г. на 770 метрических мегатонн, а также экономии природных горючих ископаемых. К примеру, в Швеции 50 % всего отопления обеспечивают тепловые насосы.

Особенно тяжелая ситуация сложилась в России, которой в свое время была дана отсрочка на использование фреона R22 (CHClF₂), т. к. доля работающих устройств на фреоне R22 составляет примерно 80 % и только 20 % – на аммиаке и других хладагентах [11]. С 1 января 2013 г. в Россию запрещен ввоз не только озоноразрушающих веществ, в т. ч. фреона R22, но и продукции, их содержащей. Более того, ввоз таких веществ будет наказываться штрафом и уголовным преследованием [8].

В настоящее время вместо запрещенных и подлежащих к выводу фреонов применяют смесевые хладагенты R404a, R407, R410a, которые по эффективности сильно уступают, например, R22, но главное в том, что все они имеют в своей основе подлежащие в ближайшее время к запрету гидрофторуглероды (ГФУ), и поэтому их тоже придется менять.

Таким образом, во всем мире возникла насущная задача поиска приемлемых озонобезопасных и непарниковых хладагентов.

«Энергия, которой пользуются люди, делится теперь на две части. Первая – это т. н. «бытовая». Она непосредственно обеспечивает культурный образ жизни. Используемая в быту мощность исчисляется обычно киловаттами.

Другой вид энергии – это промышленная энергия, энергия больших мощностей. Эта энергия значительно

больше бытовой, она исчисляется в мегаваттах, ее масштабы и стоимость определяют уровень валового продукта в народном хозяйстве страны» [2].

В нашей статье рассматривается «бытовая» энергия, которая при помощи теплового насоса извлекается из низкопотенциальных источников энергии окружающей среды, таких как воздух, грунт, водоемы и др.

В патентах [12–14] предложены конструктивно новые тепловые насосы, холодильники и кондиционеры, в которых вместо компрессора используется откачное устройство (вакуумный насос), что позволяет в качестве хладагентов применять высококипящие вещества (температура кипения которых больше нуля по шкале Цельсия при нормальном давлении). Среди них достаточно много веществ, не вносящих теплового загрязнения в атмосферу и не разрушающих озоновый слой, например, вода, различные спирты и их водные растворы.

В настоящей работе рассматривается защищенная патентом [15] новая холодильная машина, которая является дальнейшим развитием и усовершенствованием разработок [12–14].

ОПИСАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ И ЕЕ РАБОТЫ

На рис. 2 приведена принципиальная схема холодильной машины, которая содержит неподвижный испаритель 1 с вертикальной осью, выполненный в виде вакуумной камеры, частично наполненной жидким хладагентом 2. Испаритель 1 находится в нижней зоне устройства – зоне охлаждения – и снабжен наружным оребрением 3 и откачным отверстием 4, которое

совпадает с отверстием в неподвижном термоизолирующем элементе 5 и входным отверстием такого же диаметра на нижней стенке вакуумного пароротационного центробежного насоса 6, тип которого – газоротационный центробежный – наиболее приемлем для высококипящих хладагентов.

Выходные отверстия 7, расположенные на уровне последней ступени в верхней части корпуса вакуумного насоса 6, обеспечивают перемещение сжатых паров хладагента 2 в конденсатор 8. Герметичный цилиндрический конденсатор 8 с наружным оребрением 3 выполнен также в виде вакуумной камеры, жестко соединенной с испарителем 1 посредством разделительной термоизолирующей перегородки 4. Переход конденсата хладагента 2 из конденсатора 8 в испаритель 1 осуществляется под действием гравитации и разницы давлений в конденсаторе 8 и испарителе 1 через по меньшей мере одну дросселирующую вставку 9, расположенную в термоизолирующем элементе 5 и выполненную либо из пористого материала, либо в виде калиброванных фильер, либо в виде клапана-дросселя. Ось вала ротора вакуумного газоротационного насоса 6 совпадает с осью конденсатора 8 и испарителя 1. Пароротационный многоступенчатый вакуумный насос 6 снабжен развитым лопаточным аппаратом 10, включающим статорные колеса в виде дисков с односторонним радиальным оребрением, установленные на корпусе, и роторные колеса, выполненные в виде радиальных крыльчаток, изогнутых по спирали в направлении, противоположном направлению вращения и закрытых с двух сторон дисками. Причем диск, выполненный с центральным отверстием, диаметр которого равен 0,2–0,3 диаметра роторного колеса, расположен на расстоя-

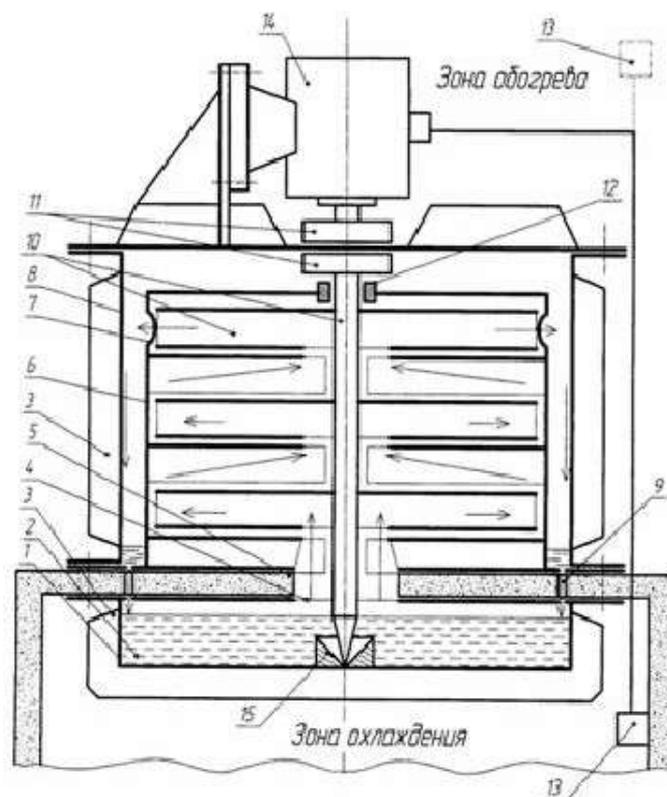


Рис. 2. Холодильная машина

нии, не превышающем 1,0–2,5 мм от неоребреной поверхности статорного колеса.

На рис. 2 показаны также бесконтактная магнитная муфта 11, радиальный бесконтактный магнитный подшипник 12, датчик 13 температуры, который устанавливается в зоне охлаждения, если устройство работает как холодильник, или в зоне обогрева, если устройство выполняет функцию теплонасоса, электродвигатель 14, осевой опорный подшипник 15 для ротора насоса 6, расположенный на дне испарителя 1 под слоем жидкого хладагента 2, одновременно выполняющего для него роль непрерывной смазки.

Вал ротора вакуумного насоса 6 снабжен хотя бы одним радиальным бесконтактным, например, магнитным, подшипником 12 и через бесконтактную магнитную муфту 11 связан с валом двигателя 14, что обеспечивает полную герметизацию всей машины. Возможен также герметичный вариант холодильной машины, когда двигатель в блоке с насосом также находится внутри конденсатора, при этом насос может быть консольным – на одном валу с двигателем – без собственных подшипников.

Предлагаемая холодильная машина работает следующим образом.

Электродвигатель 14 через бесконтактную магнитную муфту 11 вращает ротор вакуумного насоса 6, находящегося в герметичном корпусе конденсатора 8 с внешним оребрением 3. За счет вращения ротора пары высококипящего хладагента 2 всасываются в насос 6 через отверстие 4 из испарителя 1 с внешним оребрением 3, понижая в нем давление до таких величин, при которых хладагент 2 вскипает при заданной температуре, например, ниже нуля по шкале Цельсия. Хладагент 2 интенсивно испаряется и отбирает теплоту кипения у испарителя 1 и примыкающего к нему объема теплоносителя, например, воздуха, омывающего стенки испарителя 1 с оребрением 3, понижая температуру зоны охлаждения до заданной потребителем (если это холодильник или кондиционер). Пары хладагента 2 перекачиваются и сжимаются пароротационным многоступенчатым вакуумным насосом с высоким коэффициентом компрессии одной ступени, например, по патенту [16]. Развитый лопаточный аппарат 10 упомянутого насоса 6 включает статорные колеса в виде дисков с односторонним радиальным оребрением, установленные на корпусе, и роторные колеса, выполненные в виде радиальных крыльчаток, изогнутых по спирали в направлении, противоположном направлению вращения и закрытых с двух сторон дисками. Причем диск, выполненный с центральным отверстием, диаметр которого равен 0,2–0,3 диаметра роторного колеса, расположен на расстоянии, не превышающем 1,0–2,5 мм от неоребреной поверхности статорного колеса. Система радиальных ребер и центральных отверстий на статорных колесах и роторных дисках создает каналы для перетока газа. Фактически для откачки газа используется центробежный эффект. Газ, попавший в указанные каналы, за счет центробежной силы отбрасывается к наружным стенкам насоса, сжимается и откачивается следующей ступенью. Благодаря этому уменьшается обратное перетекание газа, что позволяет увеличить коэффициент компрессии каждой ступени. Через выходные отверстия 7, симметрично расположенные на уровне последней ступени в верхней части корпуса вакуумного насоса 6, сжатые пары хладагента 2 переходят в конденсатор 8, где конденсируются на

его стенках. При этом давление в конденсаторе 8 повышается до равновесного значения с выделением теплоты конденсации, которая через стенки конденсатора 8 с оребрением 3 отводится в окружающий объем потребителю тепла, если это тепловой насос, или в окружающую среду, если это холодильник или кондиционер. Причем возможно выполнение на стенках конденсатора 8 и внутреннего оребрения, что повышает теплоотдачу. Далее конденсат хладагента 2 стекает по стенкам конденсатора 8 и накапливается над разделительной термоизолирующей перегородкой 5, где расположена как минимум одна дросселирующая вставка 9, через которую под действием силы тяжести и разности давлений в конденсаторе 8 и испарителе 1 конденсат хладагента 2 просачивается в испаритель 1. При этом дросселирующая вставка 9, расположенная в термоизолирующем элементе 5, выполнена либо из пористого материала, либо в виде калиброванных фильер, либо в виде клапана-дросселя. В испарителе 1, где давление хладагента 2 снижается, он вскипает, и его температура понижается до равновесного значения. При достижении заданного значения температуры у потребителя обороты электродвигателя 14 изменяются посредством терморегулятора (на рис. 2 не показан) с целью поддержания постоянной температуры.

Поскольку теплота конденсации/испарения Q в диапазоне рабочих температур ΔT намного больше разности удельного теплосодержания q возвращаемого жидкого конденсата, которая равна произведению теплоемкости на разность температур $q = c \Delta T$, где c – теплоемкость конденсата, то температура испарителя в зависимости от применяемого хладагента может достигать достаточно низких значений. Например, используемый в качестве хладагента парообразный этиловый спирт при температуре $+40$ °C имеет теплоту конденсации, равную $Q = 1013$ кДж/кг, которую он отдаст высокопотенциальной стороне установки, и его конденсат при $T = +40$ °C направится в испаритель. Теплоемкость спирта в жидком состоянии равна $c = 2,43$ кДж/(кг·град), следовательно, при задаваемой разности температур между испарителем и конденсатором $\Delta T = 60$ °C разность теплосодержаний на 1 кг конденсата определяется величиной $q = 2,43 \times 60 = 145,8$ кДж/кг. Если в испарителе вакуумный насос удерживает абсолютное давление 2,8 мм рт. ст., температура в испарителе достигает 20 °C ниже нуля, а теплота испарения равна 1065 кДж/кг. Из этого количества ~ 146 кДж/кг отдаст конденсат, остывая до температуры вскипания, а 919 кДж/кг поступит из низкопотенциальной стороны установки (морозильной камеры холодильника). Соотношение возвращаемого конденсатом тепла и «полезного», отбираемого испарителем со стороны, составляет $146/919 = 0,16$, или 16 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое устройство не содержит элементов, составляющих контур обычного холодильника, поэтому оно по сути представляет собой бесконтурную холодильную машину. Это значительно упрощает конструкцию, повышает ее экономичность, надежность, долговечность, снижает габариты, металлоемкость и стоимость изготовления. Постоянство температуры у потребителя обеспечивается за счет непрерывности циркуляции хладагента, что достигается благодаря

выполнению герметичных испарителя, конденсатора и термоизолирующего элемента неподвижными, использованию пароротационного многоступенчатого вакуумного насоса с высоким коэффициентом компрессии каждой ступени, применения дросселирующей вставки либо из пористого материала, либо в виде калиброванных фильер, либо в виде клапан-дросселя в термоизолирующей перегородке для перемещения конденсата хладагента из конденсатора в испаритель.

Причем предлагаемая холодильная машина на экологически безопасном хладагенте не будет уступать существующим фреоновым аналогам по таким параметрам, как простота конструкции и технологичность изготовления, а по экологической безопасности и экономичности превзойдет их.

Предлагаемая холодильная машина в качестве холодильника или кондиционера является озонобезопасной. Если предлагаемая холодильная машина используется как тепловой насос, то такое устройство не вносит ни теплового, ни химического загрязнения в атмосферу. При этом, как любой тепловой насос [17] экономически выгоден, т. к. его тепло в 3–5 раз дешевле тепла тепловых станций, не требует запасов топлива и дорогостоящих коммуникаций. Из-за низкой себестоимости произведенного тепла тепловой насос окупается за 1,5–2 года и экономит высококачественное топливо – уголь, газ и нефть.

Предлагаемый тепловой насос, кроме того, в определенной мере способствует решению мировых проблем, связанных с 1) глобальным потеплением и тепловым загрязнением планеты, 2) разрушением озонового слоя и 3) истощением запасов высококачественного ископаемого топлива (угля, нефти и газа).

ЛИТЕРАТУРА

1. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. URL: <http://www.ipcc.ch> (дата обращения: 20.12.2014).
2. Капица П.Л. Энергия и физика // Успехи физических наук. 1976. Т. 118. Вып. 2. С. 307-314.
3. Капица П.Л. Глобальные проблемы и энергия // Успехи физических наук. 1977. Т. 122. Вып. 2. С. 327-337.
4. Фортнов В.Е., Макаров А.А. Направления инновационного развития энергетики мира и России // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. Вып. 12. С. 1337-1353.
5. Везирглу Т.Н. Водородная энергетика, как надежное решение глобальных проблем окружающей среды // Альтернативная энергетика и экология. 2002. № 1. URL: isjaee.hydrogen.ru/?pid=273 (дата обращения: 19.12.2014).
6. Цветков О.Б. Хладагенты на посткиотском экологическом пространстве // Холодильная техника. 2012. № 1. С. 70-72.
7. Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология». URL: isjaee.hydrogen.ru (дата обращения: 22.12.2014).
8. Цветков О.Б. Хладагенты и окружающая среда // Холодильная техника. 2013. № 1. С. 20.
9. Проект по выводу ГХФУ в Российской Федерации. URL: <http://www.ozonoprogram.ru> (дата обращения: 25.12.2014).
10. Мировой рынок тепловых насосов // Тепловые насосы. 2014. № 2-3. С. 6. URL: <http://www.tn.esco.co.ua/pages/journal17.html> (дата обращения: 23.12.2014).
11. Рукавишников А.М. Реквием по хладагенту R22 // Холодильная техника. 2012. № 6. С. 7-9.
12. Блюмкин М.М., Боровлев В.И., Иношин Е.В., Рыжков В.И., Чеканов Н.А. Холодильный агрегат. Патент Украины № 23030, С1, МПК⁶ F25B29/00, опубл. 30.06.1998.
13. Камышанченко Н.В., Маханьков Г.В., Рыжков И.В., Чеканов Н.А. Пароротационная холодильная машина. Патент РФ № 2170890, С1, МПК⁷ F25B3/00, опубл. 20.07.2001.
14. Чеканов Н.А., Беляева И.Н., Кунгурцев С.А., Мигаль Л.В., Чеканова Н.Н., Кириченко И.К. Тепловой насос. Патент РФ № 2382295, С2, МПК⁷ F25B3/02, опубл. 20.02.2010.
15. Добрынин В.Е., Кунгурцев С.А., Чеканова Н.Н., Чеканов Н.А. Холодильная машина. Патент РФ № 128922 (полезная модель), U1, МПК⁷ F25B3/00, опубл. 10.06.2013.
16. Григорьев А.Н., Рыжков В.И., Рыжков И.В., Чеканов Н.А. Вакуумный газоротационный насос. Патент РФ №2237824, С1, МПК⁷ F04D19/04, опубл. 10.10.2004.
17. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. М.: Энергоиздат, 1982. 220 с.

Поступила в редакцию 22 января 2015 г.

Dobrynin V.E., Kungurtsev S.A., Chekanova N.N., Chekanov N.A. THERMAL PUMP ON OZONE SAFE HIGH-BOILING COOLANT

The general idea of the proposed machine consists of employing a low-pressure aggregate ($p < 1$ bar) – vacuum pump instead of traditionally used compressor. Owing to the fact that mechanical loads of low-pressure systems proposed are comparatively not very high, such systems possess a number of advantages comparing to the high-pressure ones: safety, longevity, reliability, a less metal capacity, etc. The proposed heat pump and refrigerator make possible using of the wide range of high boiling and ecologically clean substances as cooling agent, for example, ethanol, methanol and its water solution, etc. The cooling substance is selected in dependence of the required temperature, considering the safety of exploitation and ecological safety of the substance and its production. These machines do not destroy the ozone layer of the Earth and the heat pump does not cause a heat contamination for the atmosphere and saves the high-quality fuel substances such as gas, oil and coal.

Key words: heat contamination; ozone layer; Kyoto protocol; vacuum pump instead of compressor; high-boiling substances (ethanol, methanol, its water solutions, etc.) as refrigerants.

Добрынин Владимир Евгеньевич, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент, e-mail: dve48@mail.ru; dobrynin@bsu.edu.ru

Dobrynin Vladimir Evgenievich, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor, e-mail: dve48@mail.ru; dobrynin@bsu.edu.ru

Кунгурцев Сергей Анатольевич, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация, начальник отдела Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга природных ресурсов и объектов, e-mail: kungurtsev@bsu.edu.ru

Kungurtsev Sergei Anatolievich, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, Head of Federal-Regional Centre for Space and Ground-based Monitoring of Natural Resources and Facilities, e-mail: kungurtsev@bsu.edu.ru

Чеканова Наталья Николаевна, Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры высшей и прикладной математики, e-mail: Chekanova76@list.ru

Chekanova Natalia Nikolaevna, Ukrainian Engineering and Pedagogics Academy, Kharkov, Ukraine, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Lecturer of Higher and Applied Mathematics Department, e-mail: Chekanova76@list.ru

Чеканов Николай Александрович, Белгородский юридический институт МВД России, г. Белгород, Российская Федерация, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационно-компьютерных технологий; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация, профессор кафедры прикладной математики и информатики; e-mail: Chekanov@bsu.edu.ru; Nik.Chekanov2010@yandex.ru

Chekanov Nikolai Aleksandrovich, Belgorod Law University of the Ministry of the Interior of the Russian Federation, Belgorod, Russian Federation, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor of Information and Computer Technology Department; Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, Professor of Applied Mathematics and Informatics Department; e-mail: Chekanov@bsu.edu.ru; Nik.Chekanov2010@yandex.ru