

# МАШИНОСТРОЕНИЕ

---

---

МРНТИ 55.03.99, 55.36.03

*С.Т. Демесова<sup>1</sup>, Р.А. Омаров<sup>1</sup>, Д.Р. Омар<sup>1</sup>, Е.С. Ержигитов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

## К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

---

---

**Аннотация.** Тепловой насос – техническое средство осуществляющее перенос тепловой энергии от источника к потребителю. В отличие от самопроизвольной передачи тепла, которая всегда происходит от горячего тела к холодному, тепловой насос переносит тепло в обратном направлении. Наиболее распространенная конструкция теплового насоса состоит из компрессора, теплового расширительного клапана, испарителя и конденсатора. Для эффективной и экономичной работы теплового насоса важна конструктивно-технологическая компоновка. В статье обоснован новый подход к схеме размещения основных компонентов друг относительно друга и к конструкции теплообменников испарителя и конденсатора. Принятые технические решения позволяют обеспечить саморегулируемое охлаждение компрессора, снизить непроизводительные теплотери, уменьшить габариты и материалоемкость теплового насоса.

**Ключевые слова:** тепловой насос, компрессор, испаритель, конденсатор, коэффициент преобразования, низкопотенциальный источник тепла, энергосбережение, энергоэффективность, возобновляемая энергетика.

• • •

**Түйіндеме.** Жылу сорғысы – жылу энергиясын тұтынушыға тасымалдауды жүзеге асыратын техникалық құрал. Әрқашан ыстық денеден суық денеге берілетін жылудың өздігінен берілуінен айырмашылығы сол, жылу сорғысы жылуды кері бағытта көтереді. Жылу сорғысының ең көп таралған құрылымы: компрессор, жылу кеңейту клапаны, буландырғыш және конденсатордан тұрады. Жылу сорғысының тиімді және үнемді жұмыс істеуі үшін конструктивті-технологиялық құрастыру маңызды. Мақалада бір-біріне қатысты негізгі компоненттерді орналастыру сызбасына және буландырғыш пен конденсатордың жылу алмастырғыштарының конструкциясына байланысты жаңа көзқарас негізделген. Қабылданған техникалық шешімдер компрессордың өзін-өзі реттейтін салқындатылуын қамтамасыз етуге, өндірістік емес жылу шығынын, жылу сорғысының өлшемдері мен материал сыйымдылығын азайтуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** жылу сорғысы, компрессор, буландырғыш, конденсатор, түрлендіру коэффициенті, төмен потенциалды жылу көзі, энергия үнемдеу, энергия тиімділігі, жаңартылатын энергетика.

**Abstract.** The heat pump is a technical device that transfers heat energy from a source to a consumer. Unlike a spontaneous heat transfer, which always occurs from a hot body to a cold one, the heat pump transfers heat in the opposite direction. The most common design of the heat pump consists of the compressor, the thermal expansion valve, the evaporator, and the condenser. For efficient and economical operation of the heat pump, the design and technological layout is important. The article substantiates a new approach to the layout of the main components relative to each other and to the design of the evaporator and condenser. The adopted technical solutions will provide self-regulating cooling of the compressor, reduce heat waste, reduce the size and material consumption of the heat pump.

**Keywords:** heat pump, compressor, evaporator, condenser, conversion factor, low-potential heat source, energy saving, energy efficiency, renewable energy.

**Введение.** Основными требованиями конкурентоспособного развития сельского хозяйства являются не только инновационность технологий, но и энергоэффективность и экологичность процессов. Об этом свидетельствуют принятые международные программы по стабилизации климата и государственные документы Республики Казахстан в рамках данных программ [1-4]. В этой связи изыскание новых конструктивно-технологических решений тепловых насосов является актуальной темой. Тепловые насосы (ТН) используются для производства тепловой энергии [5]. Известными примерами ТН являются холодильники и кондиционеры. Они могут использоваться как для нагревания, так и для охлаждения. Когда ТН используется для нагревания, он реализует тот же тип термодинамического цикла, что и холодильник, но в противоположном направлении, высвобождая тепло в нагреваемом помещении и забирая тепло из более холодного окружающего воздуха. По прогнозам Международного энергетического агентства, ТН будут обеспечивать 30% потребностей в энергии на отопление в странах ОЭСР к 2050 году. Основу эксплуатируемого сегодня в мире парка теплонасосного оборудования составляют парокompрессионные ТН, но также используются абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические. В экологическом плане ТН намного более «чисты», нежели самые современные высокоэффективные газовые котлы. ТН выбрасывает в атмосферу на 40% меньше  $\text{CO}_2$ , чем газовый котел той же мощности за одинаковый период времени. Преимущественная область применения ТН – возобновляемая энергетика (ВЭ). При этом, затрачивая на

привод компрессора единицу электрической или механической энергии, ТН в среднем вырабатывает несколько единиц тепловой энергии. Кратность преобразования затрачиваемой энергии в полезную тепловую энергию является основным показателем энергетической эффективности ТН, который называется коэффициентом трансформации или преобразования.

В общем случае степень термодинамического совершенства теплонасосных систем теплоснабжения зависит от многих параметров, таких, как: мощность компрессора, качество комплектующих ТН и необратимых энергетических потерь, которые, в свою очередь, включают: потери тепловой энергии в соединительных трубопроводах; потери на преодоление трения в компрессоре; потери, связанные с не идеальностью тепловых процессов, протекающих в испарителе и конденсаторе, а также с не идеальностью теплофизических характеристик хладагентов; механические и электрические потери в двигателях и прочее. Литературный обзор и анализ показали, что одним из резервов повышения эффективности является оптимальное размещение элементов ТН. Известно, что схемы компоновки современных тепловых насосов переняты с холодильных установок и до настоящего времени принципиально не изменились. Это приводит к большим габаритам, металлоемкости теплообменников. К функциональным недостаткам следует отнести – отсутствие эффективной системы охлаждения компрессора, основного элемента ТН, потери тепла с поверхности компрессора, которое, как у холодильников, включаются в разряд естественных потерь. Новизна и эффективность подтверждена патентами РК и исследованиями [6-12]. (Статья публикуется по материалам грантового проекта бюджетной программы 217 Комитета науки МОН РК: № 1769/ГФ4 «Разработка инновационного теплового насоса для «зеленой» низкоуглеродной экономики с микропроцессорным управлением» [10]).

**Материалы и методы исследований.** Обзор научно-технической и патентной литературы проводился согласно требованиям СТ РК ГОСТ Р15.011-2005. Анализ источников ведущих зарубежных стран проводился по бюллетеням «Изобретения стран мира», и официальным бюллетеням государств СНГ, а также по международным базам данных ELSEVER. Определены тенденции развития отрасли и технический уровень известных разработок. На их основе обоснована конструктивно-технологическая схема

устройства. Полный объем результатов изложен в отчете о патентных исследованиях. Для анализа осуществлялся отбор литературных и патентных источников, содержащие сведения о технологиях и технических решениях ТН. Изучение состояния вопроса и систематизация базы источников проводилась по следующим вопросам:

1. Какова мировая тенденция развития по изучаемой тематике.
2. Техничко-технологические решения заслуживающие внимания.
3. Анализ, характеристика и обоснование наиболее близких прототипов.

В первую группу производился отбор источников, содержащих общие сведения, информирующие о странах партнерах и конкурентах, работающих в данной области. На их основе можно выявлять лидирующие компании, производящие ТН и теплонасосное оборудование [11-17]. На основе критического анализа сделаны конкретные выводы. Во вторую группу отобраны аналогичные исследования, проводимые зарубежными учеными, конкретно касающиеся, как технологии, так и отдельных технических решений. Поиск подобной информации следует вести по базам Springer, Elsever, Scopus, Thompson Reuters [18-19]. В третью группу производился отбор информации из патентов и баз Springer, Elsever, Scopus, Thompson Reuters, наиболее близких по основным признакам (прототипы), заслуживающих особого внимания по новизне подходов и решений [20-24].

На основе критического анализа обоснована технологическая схема, конструкция ТН, а также технические решения входящих в его состав устройств. Новизна технологической схемы обоснована путём сопоставления с наиболее близкой известной схемой.

**Результаты и их обсуждение.** В последние годы, с целью повышения энергетической эффективности внесены усовершенствования в конструкции компрессоров, теплообменников и систем управления на базе микропроцессоров. Проведены исследования надежности, подтверждающие долговечность современных ТН (рисунок 1).

Установлено, что срок службы ТН применяемых в бытовой сфере, типа «воздух-воздух», доходит до 15 лет, а типа «вода-воздух», до 19 лет. В среднем, после 10 лет работы активную работоспособность сохраняют более 80%, после 15...20 лет более 50% ТН. Основу парка ТН сегодня в мире, составляют пароконденсационные. Абсор-

бционные, электрохимические и термоэлектрические применяются очень редко. По оперативному назначению ТН делятся на три основных вида:

- для целей теплоснабжения, а также приготовления горячей санитарной воды;
- для решения двух задач тепло- и хладоснабжения;
- для одновременного выполнения комплекса функций: тепло- и хладоснабжения, утилизации избыточного тепла помещений, охлаждаемой продукции.

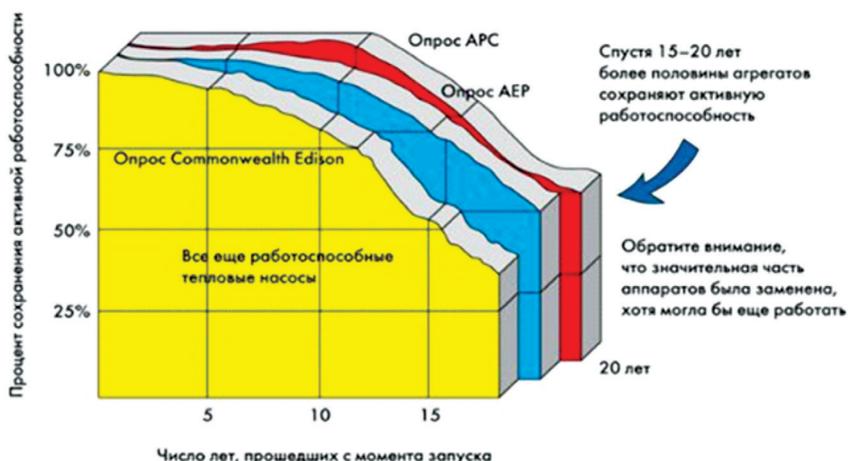


Рисунок 1 - Показатели сохранения активной работоспособности ТН с течением времени

Примерно 70% ТН, эксплуатируемых в Европе, в качестве источника используют низкопотенциальное тепло (НПТ) наружного воздуха. Также преобладают ТН геотермального типа. Они широко применяются в Швеции, Швейцарии и Австрии, с долевым соотношением, соответственно, 28, 40 и 82%. Существуют моновалентные и бивалентные теплонасосные системы. Моновалентные полностью покрывают годовую потребность в отоплении и охлаждении. Бивалентные покрывают часть потребности, а пиковая нагрузка покрывается за счет дополнительных источников, чаще всего газовых или жидко-топливных котлов. Повышение эффективности ТН достигается за счёт улучшения характеристик основных компонентов: компрессора, расширительного клапана, теплообменников, вентиляторов [18].

Важным показателем ТН является средне-сезонный коэффициент преобразования (SPF). В разрезе стран ЕС (Австрия, Финляндия, Франция, Германия, Италия, Норвегия, Швеция, Швейцария, Великобритания) он меняется от 2 до 6. Широкий диапазон значений SPF обусловлен различиями технических характеристик, метеорологических условиями [19].

Компрессор – основной элемент ТН [20]. Значительно улучшила показатель SPF замена использования для привода компрессора вместо асинхронных двигателей на двигатели постоянного тока [21]. Наиболее значимые результаты получены за счёт применения спиральных компрессоров, а также инверторного управления расходом хладагента (VFR variable flow refrigerant) [22]. При работе герметичного компрессора в номинальном температурном режиме температура рабочей обмотки электродвигателя достигает 120°C, температура всасываемых паров в цилиндре 145÷155°C, а температура сжатых паров 170÷190°C. Перегрев обмоток электродвигателя свыше 130°C приводит к преждевременному износу и сокращению срока службы. На практике применяется охлаждение герметичных компрессоров принудительным отводом тепла с поверхности кожуха путем внешнего обдува вентилятором корпуса герметичного компрессора. Но это малоэффективно, так как слабо отводится внутренне тепло. Также охлаждение осуществляется всасываемыми парами холодильного агента. Широкое распространение нашла система охлаждения масла в компрессоре, путём охлаждения масла жидким хладагентом. Охлаждение достигается испарением жидкого хладона, поступающего из предконденсатора в змеевик, который размещен в масляной ванне днища кожуха компрессора. Охлаждение масла в ванной хладоном в жидком состоянии из предконденсатора, может увеличить холодопроизводительность в пределах 3÷4,5% и коэффициент преобразования на 3÷4%. Потребляемая мощность практически остается постоянной. Температура обмотки электродвигателя понижается на 15÷20°C.

Охлаждение головки компрессора жидким хладоном из предконденсатора даёт повышение холодопроизводительности и коэффициента эффективности соответственно на 9÷16% и 15÷20%; температура обмотки электродвигателя снижается на 21÷25%, при температуре окружающей среды 32°C. Однако, изменение конструкции герметичного компрессора выполнимо только в заводских условиях. Более того, схема разрабатывалась для холодильных установок, где избы-

точное тепло удаляется в окружающую среду и не используется. Известен электронный контроль температурного режима компрессора [23]. Называется CIC System (Controlled Injection Cooling). Работа заключается в контролируемом впрыске путём непрерывного контроля температуры нагнетаемого газа. Преимущество системы CIC System заключается в отсутствии необходимости какой-либо настройки её элементов. Все параметры «защиты» в память электроники, и любые их переустановки, в том числе и несанкционированные проводимые случайными лицами, абсолютно невозможны. Вместе с тем, при проведении впрыска жидкого хладагента в полость цилиндра компрессора возникает ряд нежелательных явлений. Существует опасность, что не полностью испарившийся хладагент, попадая в цилиндры, начнет смывать со стенок масляную пленку. Это может привести к ускоренному износу стенок цилиндров.

Компанией Mitsubishi Electric разработано инверторное управление двигателем компрессора. Снижен риск замораживания и сокращено время размораживания теплообменника наружного блока, что внесло значительный вклад в повышение эффективности отопления. Высокие значения SPF достигаются обеспечением стабильной теплопроизводительности в течение отопительного сезона и регулированием оптимального потребления энергии в зависимости от изменения наружной температуры [22]. Важными компонентами ТН являются теплообменники испарителя и конденсатора, где осуществляется преобразование состояний хладагента, а также процессы теплообмена с внешними контурами – низкопотенциальными источниками тепла и потребителем тепла.

За длительный период конструкция теплообменников не претерпела существенных изменений. В известных ТН в основном применяются пластинчатые металлические теплообменники Шведской компании Alfa Laval. Они изготавливаются из нержавеющей стали, алюминия и титана. Известен ТН Yuntao Jianga (КНР) [24], в котором теплообменники изготовлены по типу «труба в трубе». Здесь, по внутренним медным трубкам циркулирует хладагент, а по межтрубному пространству, вода. В испарителе тепло передается от воды хладагенту, а в конденсаторе вода снимает тепло нагретого хладагента. Внутренние трубки, для увеличения площади теплообмена разделены на три параллельные трубки (ветки). Конструкция обеспечивает эффективную теплопередачу. Теплообмен между обменивающимися рабочими телами происходит непосредственно через тонкие стенки медных трубок.

Медные трубки, в отличие от применяемых пластинчатых теплообменников, способны выдерживать высокие давления, при минимальной материалоемкости.

Известна аналогичная конструкция ТН, где трубопроводы теплообменников конденсатора и испарителя типа “труба в трубе” уложены витками одна над другой, по винтовой линии с одинаковым средним диаметром и шагом витков. Винтовой укладкой достигается требуемая длина и площадь теплообмена трубок, при компактности конструкции [6]. Обращает внимание – компактность конструкции. Как было отмечено, ТН создавались на базе холодильников. Конструкция холодильников основана на камерном принципе. Морозильная, холодильная камеры, испаритель располагаются внутри камеры. Компрессор и конденсатор размещены снаружи. В современных ТН эта компоновочная схема сохранилась. Типичным примером может служить схема размещения компонентов теплового насоса компании ZUBADAN Inverter, показанная на рисунке 2.



Рисунок 2 –Типичная схема компоновки ТН

Недостатками использования схемы холодильников для ТН являются необходимость пространственного разделения основные компоненты между собой. Это влечет за собой рост габаритов. Также как и в холодильниках, тепло выделяющееся с поверхности компрессора удаляется в окружающую среду. В ТН, где второй основной функцией является генерирование тепла, это тепло желательно вернуть во внутренний цикл. Тем более, что его энергия существенная и достигает 10% от потребляемого ТН. Однако, гипотеза требует исследований и подтверждений. В результате проведенного обзора и анализа предложено новое техническое решение ТН, схема которого приведена на рисунке 3. Решение защищено патентом РК [7].

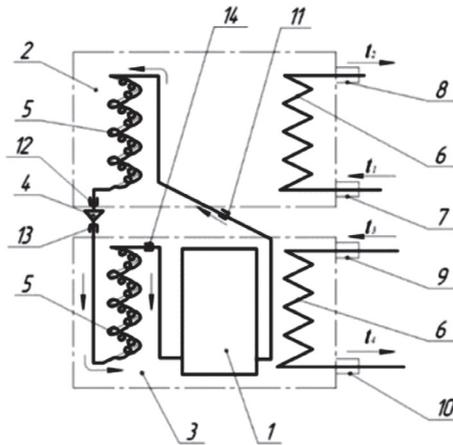


Рисунок 3 – Схема конструктивного устройства нового теплового насоса

Тепловой насос состоит из: компрессора 1, конденсатора 2, испарителя 3, дросселирующего устройства 4, где теплообменники конденсатора и испарителя, выполненные конструктивно одинаково в виде теплообменника “труба в трубе”, содержат внутренний трубопровод 5, по которому циркулирует хладагент и внешний трубопровод 6 по которому циркулирует теплоноситель, омывающий трубопровод 5. При этом, внутренний трубопровод 5 выполнен в виде спирали, создавая винтовой канал для циркулирующего в межтрубном пространстве теплоносителя. Внешние трубопроводы конденсатора и испарителя снабжены патрубками для ввода 7, 9 и вывода 8, 10 теплоносителя, с условием,

что патрубки для ввода расположены со стороны выхода хладагента, а вывода, со стороны входа хладагента. Конструктивно, трубопроводы теплообменников конденсатора и испарителя уложены витками одна над другой, по винтовой линии с одинаковым средним диаметром и шагом витков, образуя цилиндрическую форму, с размещением конденсатора над испарителем, а компрессора внутри испарителя. Последовательное соединение компрессора с конденсатором, конденсатора с дросселирующим устройством, дросселирующего устройства с испарителем и испарителя с компрессором выполнены соответственно при помощи штуцерных разъемов 11, 12, 13 и 14

Работа теплового насоса осуществляется в следующей последовательности. Хладагент, являющийся основным рабочим телом, работает по известному принципу. Циркулируя по замкнутому контуру, он движется от компрессора 1, через внутренний трубопровод 6 теплообменника конденсатора 2, дросселирующее устройство 4, внутренний трубопровод испарителя 3 и возвращается обратно в компрессор в парообразном состоянии. В процессе прохождения по внутреннему трубопроводу теплообменника конденсатора нагретый хладагент отдавая свое тепло и нагревая циркулирующий в межтрубном пространстве теплоноситель, сам конденсируется. Проходя через дросселирующее устройство 4 хладагент попадает из зоны высокого давления в зону разряжения (вакуума), а именно, во внутренний трубопровод испарителя, где, закипая, превращается в пар, поглощая тепло через стенку трубопровода из теплоносителя, поступающего из низкотемпературного источника и протекающего через межтрубное пространство. Вобравший в себя тепло низкотемпературного источника парообразный хладагент попадает в компрессор, где осуществляется его сжатие, сопровождающийся нагревом. При этом, теплоноситель дополнительно вбирает в себя энергию от работы привода компрессора. Далее, хладагент обратно подается в конденсатор, где нагревает теплоноситель, циркулирующий в межтрубном пространстве и цикл снова повторяется. В результате, нагретый теплоноситель с температурой  $t_2$  подается через выходной патрубок 8 потребителю и возвращается обратно через патрубок 7 уже охлажденным с температурой  $t_1$  (то есть  $t_2 > t_1$ ). Соответственно, в патрубок 9 теплообменника испарителя входит теплоноситель из низкотемпературного источника с температурой  $t_3$ , а выводится из патрубка 10 со сниженной температурой  $t_4$  (то есть  $t_3 > t_4$ ). В процессе прохождения по межтрубному пространству конденсатора и испарителя теплоно-

ситель, благодаря спиральной форме внутреннего трубопровода 5, закручивается по винтовой траектории и, смешиваясь с частью потока, который проходит прямококом, создает эффект турбулизации, интенсифицирующий теплообмен.

В предлагаемом решении сборка теплового насоса осуществляется в следующей последовательности: вначале устанавливается испаритель 3, затем размещается внутри него компрессор 1 (или наоборот), производится соединение трубопровода для хладагента при помощи разъема 14. Затем устанавливается дросселирующее устройство 4, которое соединяется при помощи разъема 13. После этого устанавливается конденсатор 2, который соединяется разъемами 11 и 12. Процесс разборки осуществляется в обратной последовательности.

**Выводы.** Проведенные литературный обзор, патентные исследования и анализ позволили обосновать новое техническое решение теплового насоса. В предложенном устройстве устранен ряд принципиальных недостатков присущих известным тепловым насосам. Применен новый подход к схеме размещения основных компонентов ТН. Предложены технические решения конструкции теплообменников испарителя и конденсатора. В результате, достигнута возможность уменьшить габариты, снизить металлоемкость, обеспечить саморегулируемое охлаждение компрессора. Новизна технического решения и эффективность подтверждена патентами РК и результатами исследований.

### Список литературы

1 Конференция по климату в Париже (2015). [Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org>. [Konferentsy`ya po klimatu v Parizhe (2015). [Elektronny`j resurs]: <https://ru.wikipedia.org>].

2 Концепция проекта ЭКСПО-2017. [Электронный ресурс]: <http://expo2017astana.com/future-energy/zamyisel-proekta> [Kontseptsy`ya proekta EKSP0-2017, [Elektronny`j resurs]: <http://expo2017astana.com/future-energy/zamyisel-proekta>]

3 Закон Республики Казахстан. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности: утв. 13 января 2012 г., №541-IV]. [Zakon Respubliki Kazakhstan. Ob energosberezhenii i pov`shenii energoeffektivnosti: utv. 13 yanvarya 2012g. N541-IV]

4 Указ Президента Республики Казахстан. О Концепции по переходу Республики Казахстан к зеленой экономике: утв. 30 мая 2013 г., №577. [Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan. O kontseptsii po perekhodu Respubliki Kazakhstank zelyonoj ekonomike: utv. 30 maya 2013g., N577]

5 Jacobson M.Z., Delucchi M.A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Energy Policy. Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. Volume 39, Issue 3, March 2011, Pages 1154–1169. [Электронный ресурс]: <https://web.stanford.edu.pdf>.

6 Патент RU 2238488, МПК F25B 30/02. Тепловой насос / Коптелов А.Л.; опубл. 20.06.2004 г, Бюл. № 23. [Patent RU 2238488, МПК F25B 30/02. Teplovoj nasos/ Koptelov A.L./; opubl. 20.06.2004g., Byull.N23]

7 Инновационный патент РК 30004, Тепловой насос, МПК F24D 3/08. опубл. 15.06.2015, Бюл. №2. –3 с. [Innovatsy`onny`j patent RK 30004, Teplovoj nasos, МПК F24D 3/08. Opubl. 15.06.2015, Byull. N2.-3s.]

8 Demessova, S., Omarov, R., Results of experimental studies of a heat pump with compressor self-cooling // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 2020, 10(1), IJMPERDFEB202015, с. 175-184. <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100814505&tip=sid&clean>

9 Omarov, R., Stoyanov, I., Demessova, S., Experimental studies of a heat pump with microprocessor control on an animal farm // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, 12(24), с. 14259-14267.

10 Отчет по НИР за 2017 г., МРНТИ 44.37, № гос.рег. 0115PK02200. инв. №0216PK00848; программа 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность», подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований» по проекту: «Разработка инновационного теплового насоса для «зеленой» низкоуглеродной экономики с микропроцессорным управлением» (заключительный). [Otchyot po NIR za 2017g. MRNTI 44.37, Ngos.reg.0115k02200 inv. N0216RK00848, PROGRAMMA 055 “Nauchnaya i/ili nauchno-tekhnicheskaya deyatel`nost””, podprogramma 101 “Grantovoe finansirovanie nauchny`kh issledovaniy” po proektu “Razrabotka innovatsy`onnogo teplovogo nasosa dlya “zelyonoy” nizkouglerodnoj ekonomiki s mikroprotsessornym upravleniem”]

11 Hawlader M.N.A., Chou S.K., Ullah M.Z. The performance of a solar assisted heat pump water heating system // Applied Thermal Engineering. –2001. – №21. – P. 1049 –1065.

12 Lu A., Chart ers W.W.S, Chaichana C. Solar heat pump systems for domestic hot water Solar Energy. –2002. –№ 73 –P. 169–175.

13 Chyng J.P. Performance analysis of a solar-assisted heat pump water heater // Solar Energy. –2003. – №74. – P. 33 –44.

14 Huang B.J., Lee C.P. Long-term performance of solar-assisted heat pump water heater // Renewable Energy. –2003. –№29. – P. 633–639.

15 Shengchun Liu, Wenkai Zhang, Ziteng Dong, Gang Sun Analysis on Several Heat Pump Applications in Large Public Buildings / Journal of Building Construction and Planning Research, 2015, 3, 136-148 Published Online September 2015 in SciRes.

16 Hans-Martin Henning and Marek Miara Systems using solar thermal energy in combination with heat pumps / November 2008, p. 8.

17 Heat Pumps IEA-ETSAP and IRENA © Technology Policy Brief E19 – January 2013 - [Электронный ресурс]: [www.etsap.org](http://www.etsap.org) - [www.irena.org](http://www.irena.org).

18 White book on heat pump and thermal storage systems, HPTCJ, 2007. <http://www.irena.org>.

19 *Kolokotsaa D., Rovasb D., Kosmatopoulosc E., Kalaitzakisd K.* A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. Solar Energy Volume 85, Issue 12, December 2011, Pages 3067–3084.

20 Types of Refrigeration and Air Conditioning Compressors. <http://www.brighthubengineering.com>. 19 Инновационный патент РК 30004, Тепловой насос, МПК F24D 3/08. опубли. 15.06.2015, Бюл. №2. –3 с.

21 European Heat Pump Market and Statistics Report | Soon Available Oct. 08, 2014. [Электронный ресурс]: <http://www.ehpa.org>.

22 Тепловой насос Mitsubishi Electric ZUBADAN. [Электронный ресурс]: <http://www.mitsubishielectric.com.ua/zubadan.html>. [Тепловой насос Mitsubishi Electric ZUBADAN [Elektronnyj] resurs]: <http://www.mitsubishielectric.com.ua/zubadan.html>.]

23 *Корнивец Д.* Система СИС для поршневых компрессоров «Битцер» Холодильная техника, №9, 2009, С.4-8. [Электронный ресурс]: <http://www.holodteh.ru>. [Kornivets D. Sistema SIS dlya porshnevuy`kh kompressorov "Bitser" Kholodil`naya tekhnika. [Elektronnyj] resurs]: <http://www.holodteh.ru>.]

24 *Yuntao Jianga, Yitai Mab, Minxia Lib, Lin Fua* An experimental study of trans-critical CO2 water–water heat pump using compact tube-in-tube heat exchangers // Energy Conversion and Management. -2013. - №76. -P. 92–100, [Электронный ресурс]: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>.

**Демесова С.Т.** - докторант, e-mail: [Saule.demessova@mail.ru](mailto:Saule.demessova@mail.ru)

**Омаров Р.А.** - доктор технических наук, e-mail: [omarov-rashit@mail.ru](mailto:omarov-rashit@mail.ru)

**Омар Д.Р.** - докторант. e-mail: [omardauren@gmail.com](mailto:omardauren@gmail.com)

**Ержигитов Е.С.** - кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: [ergigitov.erken@mail.ru](mailto:ergigitov.erken@mail.ru)