

УДК 621.577.2

Перспективы использования тепловых насосов в системах вентиляции

Канд. техн. наук **Никитин А.А.** andyquest@mail.ru

Муравейников С.С. mur_618@mail.ru

Крылов В.А. Itmo.tfi@gmail.com

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Возрастающие требования к качеству жизни устанавливают все более высокие стандарты характеристик вентиляционных систем, используемых в современном строительстве. Эти характеристики влияют не только на комфорт людей, но и на их здоровье. Многими исследованиями доказаны зависимости между количеством подаваемого свежего воздуха и количеством случаев заболевания так называемыми «болезнями, связанными с работой в здании». Так же некоторые ученые выявили повышение уровня производительности труда сотрудников при повышении качества внутренней среды в помещении. Таким образом, улучшение здоровья, комфорта и безопасности людей в зданиях имеет потенциал для экономических и социальных выгод за счет повышенной производительности труда, снижения заболеваемости и расходов на медицинское обслуживание. Является целесообразным и экономически обоснованным использование все более совершенных систем вентиляции, как в строящихся зданиях, так и при модернизации существующих. Однако это приводит к повышению не только капитальных затрат, но и эксплуатационных. По данным исследователей в странах Европы доля энергозатрат на систему вентиляции может составлять до 60 % от общего энергопотребления здания. Следовательно, повышение энергоэффективности одной лишь системы вентиляции способно оказать значительное влияние на экономические аспекты эксплуатации здания. И внедрение в эти системы технологий, основанных на теплонасосном оборудовании может стать одним из ключевых способов реализации этих целей.

Ключевые слова: тепловой насос, вентиляционные системы, процесс теплообмена, энергоэффективность, параметры воздуха.

DOI:10.17586/2310-1148-2016-9-4-57-61

The prospects of use of thermal pumps in systems of ventilation

Ph.D. **Nikitin A. A.** andyquest@mail.ru

Muraveinikov S.S. mur_618@mail.ru

Krylov V. A. Itmo.tfi@gmail.com

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Increasing requirements on the quality of life set ever higher standards of performance of ventilation systems used in modern construction. These characteristics affect not only the comfort of people, but also on their health. Many studies have shown relation between amount of supplied fresh air and the number of cases of so-called "building related diseases." Also, some scientists have identified raising level of employee's productivity with improving quality of the internal environment. Therefore, improving health, comfort and safety of the building occupants has the potential for economic and social benefits through increased productivity, reduced sickness level and medical costs. It is expedient and economically justified to use increasingly sophisticated ventilation systems, both in new buildings and in modernizing existing ones. However, this leads to increasing of operation costs as well as capital costs. According to researchers in European countries, the share energy consumption by the ventilation system can make up to 60% of the total building energy consumption. Consequently, improvement of energy efficiency of ventilation system alone could have a significant impact on the economic aspects of the operation of building. And applying of the heat pumps based technologies to these systems could be one of the key ways to achieve these goals.

Keywords: heat pump, ventilation systems, heat exchange process, energy efficiency, air parameters.

Проблема обеспечения комфортных условий в своем жилище сопровождала человека на всем протяжении истории его развития. Ключевым моментом в течение этого времени было поддержание в доме комфортной температуры и сохранение этого параметра не зависимо от быстро изменяющихся условий окружающей среды.

Большинство современных систем достаточно эффективны, однако, количество теплоты, доходящее до потребителя всегда меньше затраченной энергии. Тем не менее, на сегодняшний день существует технологическое решение, позволяющее обойти это ограничение - тепловой насос. Используя в своей конструкции охладительный и нагревательный элементы, тепловой насос переносит тепловую энергию от источника с низкой температурой к потребителю. [1,2] Особенностью такого устройства является то, что количество тепловой энергии, доходящей до потребителя через нагревательный элемент в несколько раз больше чем количество энергии, затрачиваемой на этот процесс.

Известно, что вся материя с температурой выше абсолютного нуля обладает тепловой энергией, следовательно, некоторую часть этой энергии из нее можно извлечь. Незамерзающие водоемы, почва и даже холодный зимний воздух обладают такой энергией, причем эта энергия является возобновляемой. [3] Свойство процесса теплообмена предполагает разницу температур – при этом условии энергия от более нагретого тела передается телу с меньшей температурой. Следовательно, чтобы извлечь низкопотенциальную энергию из вышеперечисленных источников необходимо обеспечить их контакт со средой обладающей еще более низким значением температуры. [4] Похожий принцип применяется повсеместно в холодильной технике: хладагент забирает энергию от охлаждаемых объектов и переносит её на более высокий температурный уровень, что позволяет в итоге, посредством теплообмена передать её менее теплой окружающей среде. Именно это свойство подобных устройств переносить тепловую энергию от холодного объекта к теплему и лежит в основе принципа работы тепловых насосов. А самым важным их свойством является то, что количество перенесенной энергии в несколько раз выше, чем количество энергии, затраченной на этот процесс устройством. Используя тепловой насос, можно обеспечить потребителя теплом с наименьшими затратами и многолетний опыт применения этого вида устройств за рубежом только подтверждает их эффективность.

Однако, тепловые насосы, не смотря на свои высокие эксплуатационные показатели, не получили широкого распространения в России. Причиной этому могут быть как относительно низкие цены на газ, позволяющие поставить тепловые насосы в один ряд по окупаемости с отопительным оборудованием, работающим на голубом топливе так и высокую стоимость самого теплонасосного оборудования, а также монтажа необходимого для его работы технологического оснащения (рис.1) [5].

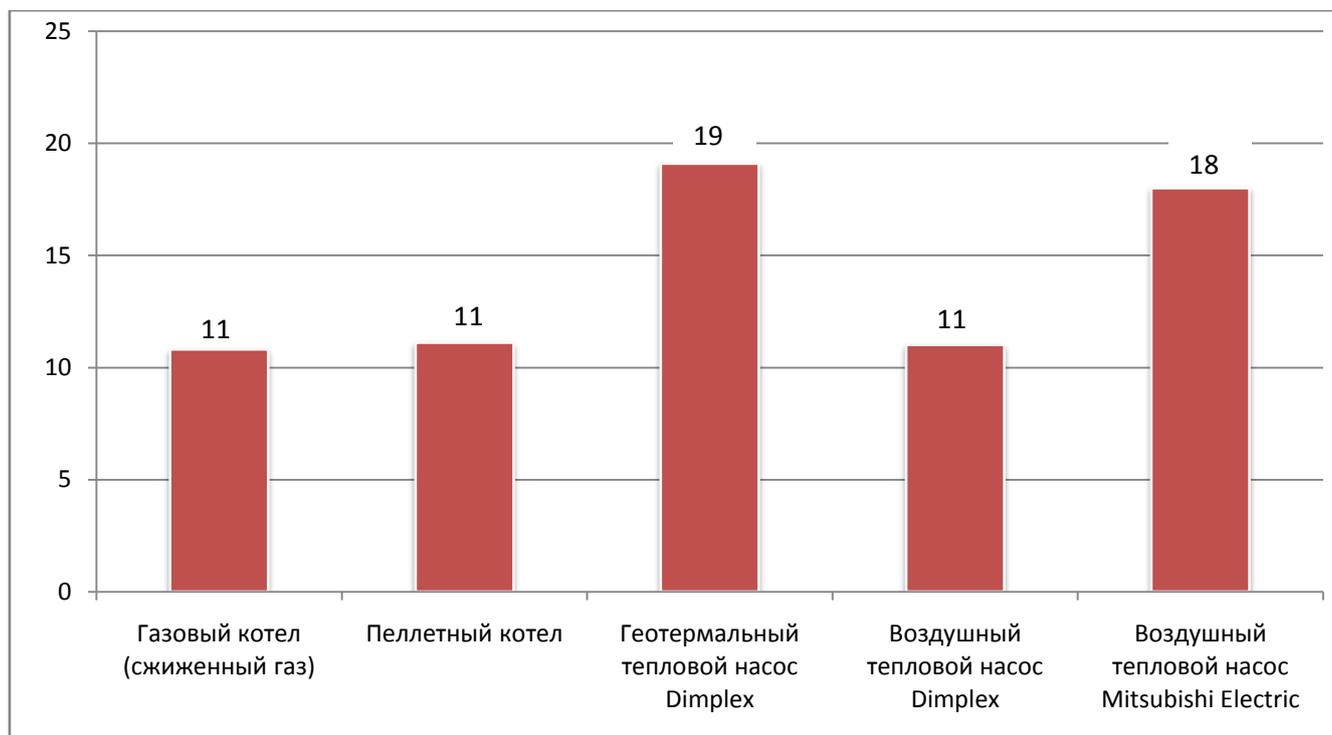


Рис. 1. Срок окупаемости тепловых насосов, предназначенных для отопления

Тем не мене использование технологии теплового насоса не ограничивается отоплением. В некоторых устройствах, применяемых, например, в области вентиляции и кондиционирования, помимо нагревательных элементов используются и охладители, так же являющиеся функциональной частью теплового насоса. И нагреватель, и охладитель присутствуют во всех тепловых насосах, но практическую пользу приносит, как правило, лишь один, второй же служит для обеспечения работы первого. Устройство, использующее оба элемента в практических целях, позволит раскрыть потенциал теплонасосного оборудования в полной мере [6].

Возрастающие требования к качеству жизни устанавливают все более высокие стандарты характеристик вентиляционных систем, используемых в современном строительстве. Эти характеристики влияют не только на комфорт людей, но и на их здоровье. Многими исследованиями доказаны зависимости между количеством подаваемого свежего воздуха и количеством случаев заболевания так называемыми «болезнями, связанными с работой в здании» [7]. Так же некоторые ученые выявили повышение уровня производительности труда сотрудников при повышении качества внутренней среды в помещении. Таким образом, улучшение здоровья, комфорта и безопасности людей в зданиях имеет потенциал для экономических и социальных выгод за счет повышенной производительности труда, снижения заболеваемости и расходов на медицинское обслуживание.

Является целесообразным и экономически обоснованным использование все более совершенных систем вентиляции, как в строящихся зданиях, так и при модернизации существующих. Однако это приводит к повышению не только капитальных затрат, но и эксплуатационных. По данным исследователей в странах Европы доля энергозатрат на систему вентиляции может составлять до 60 % от общего энергопотребления здания [8].

Следовательно, повышение энергоэффективности одной лишь системы вентиляции способно оказать значительное влияние на экономические аспекты эксплуатации здания. И внедрение в эти системы технологий, основанных на теплонасосном оборудовании может стать одним из ключевых способов реализации этих целей.

Помимо поддержания комфортной температуры некоторым потребителям требуется регулировать и другие параметры воздушной среды в помещении. Так поддержание приемлемого показателя относительной влажности воздуха является одним из основных требований при эксплуатации отдельных объектов. Бассейны, ледовые арены, некоторые производственные и складские помещения не могут обойтись без специальных устройств – осушителей воздуха. Избыточное влаговыведение при эксплуатации этих объектов или негативное воздействие повышенной влажности на технологические процессы и сохранность находящихся в помещении товаров и других материальных ценностей требует вмешательства в процессы обработки воздуха, направленного на удаление из него избытков влаги.

Одним из основных способов такого воздействия является осуществление процесса охлаждения воздуха помещения в поверхностном воздухоохладителе, сопровождающегося выпадением избыточной влаги в виде конденсата. По завершении этого процесса получается воздух с низким влагосодержанием и низкой температурой. Перед тем чтобы подавать такой воздух в обслуживаемое помещение его нужно нагреть [9,10].

Осуществив эти два процесса можно обеспечить в помещении, как комфортную температуру, так и необходимую относительную влажность. Но применение вышеописанной схемы так же приводит к большим энергозатратам, как на процесс охлаждения, так и на процесс нагрева. В случае необходимости удаления большого количества влаги этот метод так же не является эффективным [11].

Взяв за основу два этих метода, некоторым производителям удалось добиться высоких эксплуатационных показателей своего оборудования. Комбинирование подачи наружного воздуха с обработкой воздуха в помещении, снижение потребляемой мощности благодаря утилизации теплоты, а также использование принципов теплового насоса для нужд нагрева и охлаждения позволило во много раз снизить стоимость эксплуатации таких устройств. [12]

Подобные установки в основном повторяют компоновку вентиляционных приточно-вытяжных агрегатов. Воздух перемещается при помощи вентиляторов, заслонками регулируется подача наружного воздуха, встречные потоки обмениваются теплом в рекуператоре и при необходимости приточный воздух подогревается в водяном нагревателе [13]. Отличия заключаются в установленном в корпусе тепловом насосе, состоящем из компрессора, конденсатора и испарителя. На поверхности испарителя выпадает конденсат, что позволяет осушать воздух в режиме полной или частичной рециркуляции, а конденсатор и компрессор отдают тепло приточному воздуху, тем самым компенсируя охлаждение на испарителе или забор наружного воздуха с более низкой температурой [14].

Интересной особенностью такого оборудования является высокая энергоэффективность при нагреве воздуха. Система с тепловым насосом способна полностью передать теплоту вытяжного воздуха приточному, что невозможно при использовании классических схем теплоутилизации, предполагающих использование пластинчатых или роторных теплообменников. Более того при определенных температурах из вытяжного воздуха можно извлечь большее количество тепловой энергии чем это физически позволяет сделать обычный теплообмен. Таким образом удается получить излишек тепла, который может быть накоплен, например, в системе отопления и использоваться в дальнейшем для нагрева воздуха без задействования теплового насоса.

Использование вытяжного воздуха в качестве источника теплоты повышает производительность теплового насоса в сравнении с использованием для этих целей наружного воздуха. При установке низкотемпературного теплообменника в более теплой среде снижается нагрузка на компрессор, что приводит к меньшему энергопотреблению [15]. Следовательно, уменьшается период окупаемости подобного оборудования, а его дальнейшая эксплуатация приводит к большей экономической выгоде.

Подобные возможности системы были подробно проанализированы при разработке оборудования для осушения воздуха спортивно-оздоровительного комплекса в городе Волосово Ленинградской области. При проектировании двух осушительных установок ставились задачи не только поддержания допустимого уровня

влажности, но и уменьшения энергозатрат на нагрев воздуха. Результаты расчетов показали преимущество использования теплонасосной конфигурации основанной на утилизации теплоты вытяжного воздуха в сравнении с традиционными способами отопления, включая отопление с нагревом воды магистральным газом (рис. 2).



Рис. 2. Сравнение эксплуатационных затрат на нагрев воздуха

Подобные показатели демонстрируют широкие возможности для использования теплонасосного оборудования в системах вентиляции для повышения её энергоэффективности. Использование ключевых принципов осушительного оборудования перспективно при решении стандартных задач в области вентиляции. Это позволит сконцентрироваться на показателях энергоэффективности, не уделяя внимания требованиям к осушению воздуха. Создание подобных систем на основе опыта проектирования и эксплуатации осушительных установок как примеров использования принципов теплового насоса в системах вентиляции представляется в таком случае осуществимой задачей в реалиях современного производства. Частичный переход на новое оборудование как потребителей, так и производителей так же легко осуществим за счет схожести принципов компоновки, производства и автоматизации этих систем.

Литература

1. *Васильев Г.П.* Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли, Москва, издательский дом «Граница», 2006г.
2. *Крылов, В.А., Муравейников С.С., Рябова Т.В.* Разработка экспериментального стенда для исследования работы геотермального зонда теплового насоса // Материалы конференции. – СПб.: Университет ИТМО. 2015. С. 75.
3. ORKUSTOFNUN Working Group, Iceland (2001): Sustainable production of geothermal energy – suggested definition. IGANewsno. 43, January-March 2001
4. *Никитин А.А., Баранов И.В., Черноозерский В., Крылов В.А.* Учет неравномерности температурного поля в геотермальной скважине теплового насоса // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1.
5. *Никитин А.А.* Теплонасосные системы как источник тепло- и хладоснабжения зданий. - София, 2012. - Т. 1. - С. 207-212.
6. *Горшков В.Г.* Тепловые насосы. Аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования. – 2004. – № 2.
7. *Расщепкин А.Н., Архипова Л.М.* Основы теории кондиционирования воздуха: Учебное пособие. / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2006. – 78 с.
8. Awbi H.B. 2003. Ventilation of buildings, Second Edition, Taylor & Francis, London.
9. *Vakó-Biró, Zs.* 2004. Human perception, SBS symptoms and performance of office work during exposure to air polluted by building materials and personal computers. Ph.D. Thesis. International Centre for Indoor Environment and Energy. Technical university of Denmark.

10. Bakó-Biró, Zs., Kochhar, N., Clements-Croome, D.J., Awbi, H.B. and Williams, M. 2008. Ventilation rates in schools and pupil's performance using computerized assessment tests, Proceedings of Indoor Air 2008, Copenhagen, Denmark, Paper No. 880, ISBN 9788778772701.
11. Калнинь И.М. Энергосберегающие теплонасосные технологии // Экологические системы. 2003. № 6.
12. Харитонов, В.П. Проектирование систем вентиляции для закрытых бассейнов в коттеджах // АВОК. № 6. 2007. с.52.
13. Awbi H.B, Energy efficient ventilation for retrofit buildings, University of Reading, London, 2016.
14. Исса М.М. Разработка и исследование альтернативных систем кондиционирования воздуха: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03 / ИссаМажедМохамед. – Одесса, 1996 16 с.
15. Васильев Г.П., Крундышев Н.С. Энергоэффективная сельская школа в Ярославской области // АВОК. №5. 2002г.

References

1. Vasilyev of G. P. Teplokhadosnabzheniye of buildings and constructions with use of low-potential thermal energy of blankets of the earth, Moscow, Granitsa publishing house, 2006.
2. Krylov, VA., Muraveynikov S. S., Ryabova T. V. Development of the experimental stand for a research of operation of the geothermal probe of the thermal pump // conference Materials. – SPb.: ITMO university. 2015. P. 75.
3. ORKUSTOFNUN Working Group, Iceland (2001): Sustainable production of geothermal energy – suggested definition. IGANewsno. 43, January-March 2001
4. Nikitin A. A., Baranov I. V., Chernoozersky V., Krylov V. A. The accounting of unevenness of the temperature field in the geothermal well of the thermal pump // *the Bulletin of the International academy of cold*. 2015. No. 1.
5. Nikitin A. A. Heatpump systems as source warm and cold supply of buildings. - Sofia, 2012. - Т. 1. - Page 207-212.
6. Pots V. G. Thermal pumps. State-of-the-art review // *Reference book of the industrial equipment*. – 2004. – No. 2.
7. Rasshchepkin A. N., Arkhipova L. M. Bases of the theory of air conditioning: Manual. / Kemerovo institute of technology of the food industry. – Kemerovo, 2006. – 78 p.
8. Awbi H.B. 2003. Ventilation of buildings, Second Edition, Taylor & Francis, London.
9. Bakó-Biró, Zs. 2004. Human perception, SBS symptoms and performance of office work during exposure to air polluted by building materials and personal computers. Ph.D. Thesis. International Centre for Indoor Environment and Energy. Technical university of Denmark.
10. Bakó-Biró, Zs., Kochhar, N., Clements-Croome, D.J., Awbi, H.B. and Williams, M. 2008. Ventilation rates in schools and pupil's performance using computerized assessment tests, Proceedings of Indoor Air 2008, Copenhagen, Denmark, Paper No. 880, ISBN 9788778772701.
11. Калнинь И.М. Energy saving heatpump technologies // *Ecological systems*. 2003. No. 6.
12. Kharitonov, V.P. Design of systems of ventilation for indoor pools in cottages // *AVOK*. No. 6. 2007. page 52.
13. Awbi H.B, Energy efficient ventilation for retrofit buildings, University of Reading, London, 2016.
14. Issah M. M. Development and research of alternative air conditioning systems: yew. ... Cand.Tech.Sci.: 05.04.03 / Issamazhedmohamed. – Odessa, 1996 16 pages.
15. Vasilyev G. P., Krundyshev N. S. Energy efficient rural school in the Yaroslavl region // *AVOK*. No. 5. 2002.

Статья поступила в редакцию 28.11.2016 г.