

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ПРИРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Е.М. Пузырев, М.Е. Пузырев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Предложено использование энергии фазовых переходов воды в качестве низкопотенциального источника тепла при отоплении и кондиционировании зданий с целью экономии энергоресурсов и уменьшения CO₂ – эмиссии. Технология позволяет существенно сократить экологическое воздействие и энергозатраты на отопление и вентиляцию зданий, в особенности для регионов с резко континентальным и северным климатом. Описана схема и принцип работы жилых комплексов с круглогодичным использованием энергосберегающей технологии, использующей энергию, накапливаемую в оборотной воде.

Ключевые слова: отопление, вентиляция, кондиционирование, климат, тепловой насос, энергия фазового перехода, вентилируемые фасады.

LIFE SUPPORT WITH THE USE OF NATURAL ENERGY POTENTIAL

E. M. Puzyrev, M. E. Puzyrev

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The proposed energy use of phase transitions of water as low-grade heat source for heating and cooling buildings to save energy and reduce CO₂ emissions. The technology allows to significantly reduce the environmental impact and the energy consumption for heating and ventilation of buildings, especially for regions with a sharply continental and Northern climates. Presented are the scheme and principle of operation of residential complexes with year-round use of energy-saving technology that uses energy stored in the circulating water.

Keywords: heating, ventilation, air-conditioning, climate, heat pump, energy of phase transition, ventilated facades.

Общие положения

Россия является самой холодной страной в мире. Среднегодовая температура на её огромной территории минус 5,5°C, отрицательная. Климат резко континентальный и характеризуется длительными периодами низких температур, рисунок 1 [1]. Задача сохранения функциональности населённых пунктов, особенно при чрезвычайных ситуациях и в длительные зимние периоды, является условием сохранения экономического и человеческого потенциалов страны.

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [2] и государственная программа "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года" [3] обозначили стратегические ин-

тересы России в Арктике и предусматривают развитие опорных зон с внедрением энергосберегающих материалов и технологий.

Наличие крупных производственных и ресурсных баз, низкая плотность населения и протяжённая инфраструктура требуют особых подходов для обеспечения проживания населения и конкурентоспособности хозяйственной деятельности также и на территории Сибири и Дальнего Востока.

Необходимо переходить на освоение и использование новых технических решений, которые позволят снизить повышенные затраты энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование в жаркий летний период. Минимизация энергопотребления и энергетическая независимость, прежде всего, важны при освоении новых и удалённых районов, не имеющих мощных источников энергии.

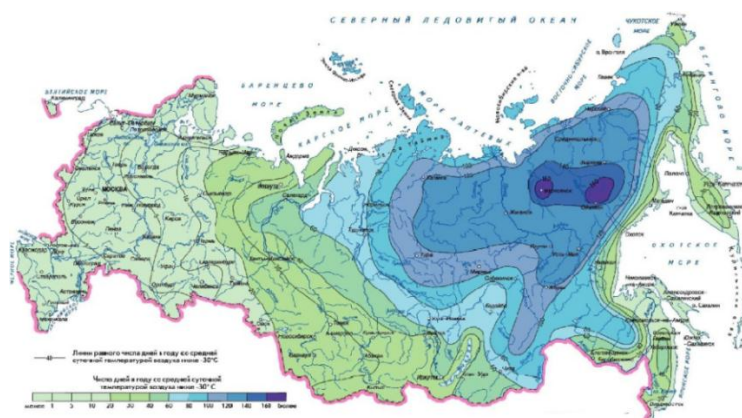


Рисунок 1 – Изолинии по числу дней с температурой ниже -30°C , [1]

"Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Это действительно вызов планетарного масштаба. Убежден, чтобы ответить на него, у человечества есть интеллектуальный потенциал", - сказал президент РФ Владимир Путин в ходе 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН [4].

В настоящей работе предлагаются новые, природоподобные, экологически эффективные, CO_2 нейтральные, бестопливные технологии для создания систем жизнеобеспечения, вентиляции, теплоснабжения и кондиционирования, которые по оценкам потребляют от 20-40% в городах и до 80-95% сельских и отдаленных поселений вырабатываемой энергии.

Их применение необходимо для обеспечения конкурентоспособности и природосохранения, причем не только в легко ранимой Арктической зоне, но также в развиваемых туристических зонах, например, Алтай, Байкала и, по мере развития, повсеместно.

Бестопливные системы

В качестве востребованных природоподобных технологий нами предлагаются бестопливные системы вентиляции, теплоснабжения и кондиционирования. Эти системы имеют несколько направлений развития и выполняются в соответствии с заявками на патенты РФ №№ 2015142648, 2016100458, другими. Они предназначены для экологически эффективного, экономичного, автономного и, возможно, энергонезависимого жизнеобеспечения: отопления, вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений при

минимизации экологического воздействия на окружающую среду. Их использование позволит создавать комфортные условия в регионах резко континентального и холодного климата при малых затратах энергии, соответствующих условиям теплого и умеренного климата, и в том числе с возможностью применения тепловых насосов и солнечной энергии, причем столь же эффективно, как и в более теплых странах.

Экологическая и экономическая эффективность этих бестопливных систем основана на использовании условно бесплатных природных потенциалов. Она заключается, например, в использовании для зимнего обогрева значительной доли, 40-70%, теплоты фазового перехода, выделяющейся при замерзании воды и тепла охлаждения образующегося снега, рисунок 2. Кондиционирование и охлаждение в жаркие летние периоды, также необходимое практически на всей заселенной территории в России и даже в Якутии осуществляется этой же системой зимнего обогрева с охлаждением воздуха и фэнкойлов за счет испарения воды.

1. Система экономична, так как капитальные затраты и текущие расходы снизятся и будут соответствовать применению маломощных отопительных приборов и котлов, которые используются для теплоснабжения в условиях теплого и умеренного климата с температурой до -15°C .

2. Система экологически эффективна, так как значительная или даже большая часть энергии выделяется за счет использования условно бесплатных природных потенциалов, причем безвредно для окружающей среды, а не за счет сжигания топлива или потребления электроэнергии.

Пример. Система вентиляции и отопления

Системы вентиляции и обогрева помещений для животных, гаражей, ангаров, хранилищ и др. Эти сооружения защищают от размораживания, зачастую они имеют внутреннее тепловыделение, например, коровники, горячие цехи, могут функционировать при температурах не значительно превышающих 0°C , но требуют больших расходов воздуха для вентиляции.

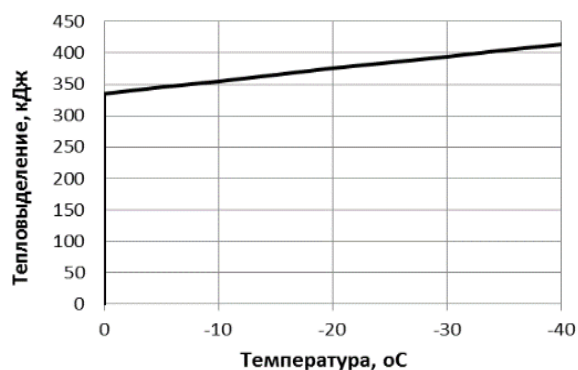


Рисунок 2 – Тепловой эффект от замерзания 1кг воды и охлаждения льда

В предлагаемом варианте воздушонагревательная установка, рисунок 3, включает вентилятор 1, подключенный воздуховодом 2 к потребителю 3 вентиляционного воздуха, подогреватель 4 воздуха с источником энергии 5, например, с котлом, осадительную камеру 6 с устройством 7 ввода воздуха, разбрызгивателями 8 воды и устройством 9 удаления льда и снега. Потребителем 3 вентиляционного воздуха может быть шахта, помещение, вентиляционная система и другие, включая уже указанные выше. Подогревателем 4 воздуха может быть калорифер, подключенный к источнику энергии 5, например, к котлу, электрокалорифер и другие отопительные устройства.

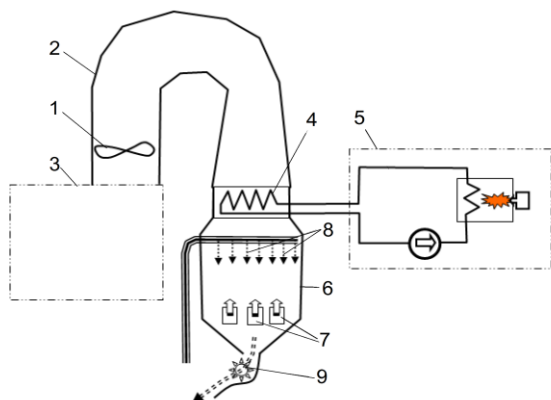


Рисунок 3 – Система вентиляции и обогрева

Здесь подогрев воздуха большей частью производится за счет тепла, выделяющегося от замерзания воды – природного потенциала, причем без затрат энергии, до температуры близкой к 0°C . Далее, при необходимости, воздух нагревается до температуры подогревателем 4 энергией, поступающей от источника 5. Образованные при замерзании воды лед и снег выпадают из потока воздуха и удаляются из установки устройством 9 удаления льда и снега. Тепло, отдаваемое от замерзшей воды, например, дешевой технической воды, здесь мы условно считаем бесплатным, так как на подогрев воздуха ни топлива ни электроэнергии не тратится.

Расчетные оценки. Для вентиляции хранилища/птицефермы необходимо подавать $1\text{ м}^3/\text{с}=1,3\text{ кг}/\text{с}$ наружного воздуха. Примем, что температура вентиляционного воздуха должна быть не менее $+2^{\circ}\text{C}$. Расчетный расход тепла для подогрев воздуха на 42°C , от минус 40°C до $+2^{\circ}\text{C}$ составляет 54,3 кВт. При этом доля тепла, вводимого для собственно подогрева воздуха от 0 до $+2^{\circ}\text{C}$, составит 4,76%, (2,6кВт). Основную часть тепла, 51,7 кВт, отдаёт замерзающая вода. При охлаждении снега и льда в процессе снижения температуры от $+10^{\circ}\text{C}$ до -30°C тепловыделение составит 437кДж/кг. В соответствии с балансом тепла требуемый расход воды составляет $0,118\text{ кг}/\text{с}=426\text{ кг}/\text{час}$.

Выводы:

1. Расход топлива и мощность обогревателя могут быть снижены до 20 раз.
2. Стоимость, доставка и монтаж системы обогрева и помещение для её размещения также многократно снижаются.
3. Потоки воздуха с температурой $T_{\text{в}} \approx 0^{\circ}\text{C}$ могут быть получены при любой отрицательной температуре без ограничений. Следует отметить, что сейчас затраты на подогрев вентиляционного воздуха становятся наиболее важными из-за применения новых строительных материалов и архитектурно-строительных решений, в частности за счет совмещения систем вентиляции и отопления, минимизации неконтролируемых потерь и притоков воздуха и другим. Например, это здания торговых, торгово-развлекательных и выставочных центров с огромными объемами и посещаемостью. В системе, рисунок 3, есть и другие не указанные положительные свойства в зависимости от вариантов технического исполнения этих систем. Естественно, что при необходимости более высокого подогрева воздуха эффективность снижается.

Следует отметить, что теплота замерзания воды уже используется для подогрева вентиляционного воздуха в шахтах [5-7]. При этом в Канаде [6] применяется намораживание больших масс льда в подземных камерах с их оттаиванием летом, что сложно и не перспективно для поселений. В патенте [7] предложено использовать шахтную воду частично для выделения теплоты замерзания, а оставшегося потока для смывания образующегося льда. Эта схема также мало перспективна из-за больших затрат воды. Наиболее интересным является вариант применения гидрокалориферной установки для шахты №11 Джебарики-Хая в Якутии, рис. 54 [5]. В установке осуществляется подогрев воздуха за счет скрытой теплоты замерзания воды, разбрызгиваемой в восходящий поток воздуха. Вода подается из реки, а образующийся лед и снег ссыпаются с берега обратно на лёд в реку. Отмечено, что подогрев воздуха достаточно надежен. Капитальные затраты и стоимость эксплуатации гидрокалориферной установки в два раза ниже, чем для варианта системы с паровыми калориферами.

Пример. Система отопления с тепловым насосом

В качестве второго примера рассмотрим вариант организации отопления зданий с использованием тепловых насосов (ТН). ТН работают по обратному циклу с отбором тепла из бросовых источников тепла или из окружающей среды и позволяют [8] в 2-4 раза снизить потребление электроэнергии для отопления зданий. Они широко применяются в экономически развитых странах умеренного климата, Германии и других. Типично используется тепло из повсеместно доступных источников, воздуха или грунта. Согласно [8] ТН эффективны и могут применяться при температурах не ниже минус 10-15°C так как теплонасосный коэффициент и эффективность ТН цикла резко падают с понижением температуры источника тепла, и, например, ТН в принципе не применимы в зонах вечной мерзлоты или с длительной зимой.

В предлагаемой схеме, рис. 4, ТН 1 с испарителем 2, вентилятором 3, компрессором 4, расширителем 5, конденсатором 6 и трубопроводами 7 использует для отопления здания 8 теплоту замерзания воды, отбираемую из воздуха, нагретого до $T_{в} \approx 0^\circ\text{C}$. Обогрев обеспечивается описанным способом в установке нагрева воздуха 9 с элементами 10-16. Предлагаемая схема обеспечивает повсеместно доступный источник тепла для ТН. Таким образом, и в наших суровых зимних

условиях, при наружных температурах $T_{н}=(-20 \dots -40)^\circ\text{C}$, возможно использование ТН для экономичного обогрева. Схема экологически высокоэффективна, не требует загрязняющих территорию систем местного сжигания и обращения с топливом (склад топлива, топливоподготовка и др).

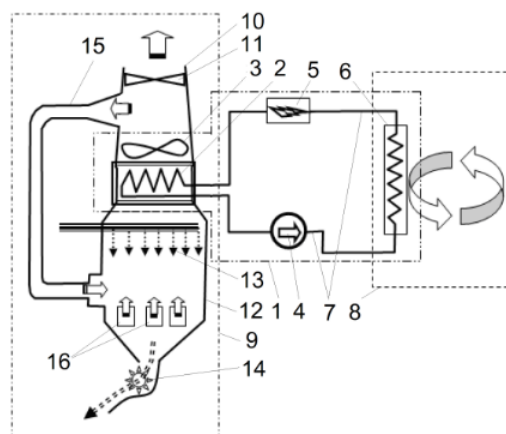


Рисунок 4 – Система отопления с ТН

Для большинства стран характерно наибольшее потребление энергии на охлаждение и кондиционирование помещений, и оно разрешается применением кондиционеров, использующих теплонасосные циклы. Климат России характеризуется не только низкими температурами, но является резко континентальным, поэтому воздушные системы отопления с теплонасосным циклом хорошо известны и в России. Это кондиционеры реверсивного типа, которые могут применяться как для охлаждения, так и для обогрева при температуре на улице до минус 15°C и ниже. ТН также может подключаться к системам горячего водоснабжения, водяного отопления или к теплomu полу – это наиболее эффективная схема. Коэффициент трансформации электроэнергии привода ТН в тепло на отопление составит оценочно от 200 до 400%. При этом от замерзающей воды через воздух подводится около 1/2-3/4 тепла. Затраты электроэнергии на привод ТН составят всего 50-25% по сравнению с прямым обогревом от электрического котла.

ТН, как и любые электрические приборы, легко автоматизируются. Благодаря значительной тепловой инерции ограждающих конструкций зданий электрическое отопление от ТН может быть настроено на максимальное потребление электроэнергии в часы провала нагрузки с минимальной ставкой оплаты, что позволит дополнительно сгладить график нагрузки энергосистемы и сетей. Равномер-

ная, стабильная нагрузка энергосистемы и сетей очень важна для надежной и экономичной работы электростанций.

В итоге схема с ТН, рисунок 4, и двух-четырёхкратным снижением потребления электроэнергии для отопления имеет экономическую привлекательность и возможность повсеместного использования ТН и кондиционеров, более эффективно и дешевле, чем при простом копировании зарубежного опыта.

Пример. Комплексная система

В летний период почти повсеместно на территории России наблюдаются периоды изнуряющей жары, и требуется кондиционирование, рисунок 5. Для жизнеобеспечения необходимо как отопление зимой, так и кондиционирование помещений летом.

Например, июльские максимумы температур в Якутске ($+38^{\circ}\text{C}$), Новосибирске ($+38^{\circ}\text{C}$), Красноярске ($+41^{\circ}\text{C}$) и в других сибирских городах несколько выше наблюдаемых в Москве ($+37^{\circ}\text{C}$), причем с большим числом солнечных дней. Кроме того, периодически возникают чрезвычайные ситуации, например, задымления от пожаров, горения лесов и торфяников или воздушных выбросов.

В развитие рассмотренных систем нами предлагается также комплексное решение и построение круглогодично работающих систем вентиляции, отопления и кондиционирования по схеме с вентилируемым фасадом «Климат», 10-13, приведенной на рисунке 6.

В схеме могут быть применены тепловые насосы в составе 17-20, и будет использоваться не только теплота замерзания воды, выделяющаяся в установке 1-3, но и теплота испарения воды для охлаждения, солнечная энергия и другие природные потенциалы. Это обеспечивает высокие экономичность и экологические показатели при круглогодичном функционировании оборудования: вентиляция плюс отопление зимой и вентиляция плюс охлаждение летом. Хотя данная система более затратная по капиталовложениям, её применение позволит экономить до 60-85% эксплуатационных и до 40-70% капитальных затрат на изготовление системы в сравнении с применяемыми на сегодня типовыми вариантами. При этом дополнительно решаются и другие проблемы жизнеобеспечения, например, в помещение поступает увлажненный воздух, что благоприятно зимой, для комфортных условий не потребуют-

ся увлажнения, причем в помещение поступает свежий воздух, а не его рециркуляция через фэнкойлы, как при типовом кондиционировании [9]. Кроме того, система защитит от периодически возникающих чрезвычайных ситуаций, например, задымления от пожаров, горения лесов и торфяников или удушающих воздушных выбросов и смога.

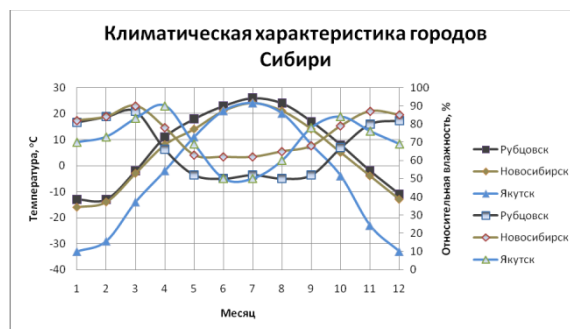


Рисунок 5 – Распределение осредненных дневных температур и влажности

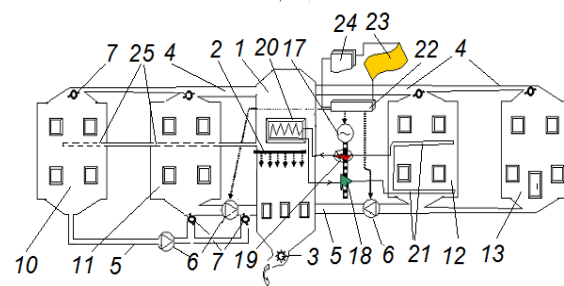


Рисунок 6 – Комплексная система вентиляции, отопления и кондиционирования здания

Комплексный подход с установкой действительно вентилируемых фасадов «Климат», 10-13, со вспомогательными элементами, 4-9 иллюстрируется рисунком 6. Система может использоваться при новом строительстве и при реконструкции зданий. Работа вентилируемых фасадов «Климат» основана на новых принципах. Зона промерзания вытесняется из массива ограждающих стен здания. Материал стен работает без внешнего промерзания, более надежно и долговечно, толщина стен может быть уменьшена до необходимой, только по условию обеспечения прочности конструкции здания. Соответственно появляется возможность уменьшить вес здания и фундамента, что существенно удешевит и облегчит ведение строительства, особенно в зоне вечной мерзлоты. Оценочно затраты на строительство собственно зданий могут быть снижены на 15-40%.



Рисунок 7 – Опытный образец блока для системы охлаждения воздуха и воды

Блоки кондиционирования с косвенно-испарительным [10] охлаждением по проведенным испытаниям, рисунок 7, обеспечивают понижение температуры воздуха и воды поступающей в фенкойлы до уровня ниже температуры мокрого термометра, работают бесшумно, при минимальном потреблении электроэнергии, на привод насоса и вентиляторов. Например, для условий Якутска при относительной влажности $\varphi_1=50\%$ и средней дневной температуре $t_1=26^\circ\text{C}$ согласно I-d диаграмме [9] влагосодержание составит $d_1=10,5\text{г/кг}$. Днем воздух прогревается до $t_2=+38^\circ\text{C}$, $\varphi_2=25\%$ и температура мокрого термометра $t_m=+22,2^\circ\text{C}$ высока и не может обеспечить испарительного охлаждения помещения. При этом использование системы, рисунок 7, обеспечивает охлаждение воды (на фенкойлы) и воздуха до достаточно низкого уровня $17-15^\circ\text{C}$.

Снижение потребления электроэнергии в комплексной системе становится еще более существенным чем при применении только ТН для отопления, причем действующее круглогодично как для зимнего отопления, так и для летнего охлаждения помещений. Снижение потребления электроэнергии, до 40-10% обеспечивает не только его экономическую привлекательность, но и энергонезависимость.

Благодаря экономии энергии возможно увеличить городскую застройку без дорогостоящего строительства новых источников энергии и увеличения пропускной способности городских теплотрасс и электрических сетей. Применение комплексного подхода при освоении новых территорий как северных, так и южных позволит вести более эффективное строительство новых, в том числе комфортабельных временных поселений и др., так как это не потребует мощного энергообеспечения, которое необходимо сейчас при типовых технических решениях.

Естественно данные системы имеют недостатки. Замена 1т сжигаемого угля компен-

сируется выделением значительной массы, примерно 10т снега. Достаточно сложными и требующими оптимизации являются осадительные камеры, блоки кондиционеров, рисунок 7, а также конструкции вентилируемых фасадов «Климат», система автоматизации, включающая зависимое от прогноза погоды, пофасадное управление и другие элементы.

Но все эти проблемы разрешимы и не умаляют появляющихся достоинств. Применение предлагаемых технических решений с пониженным потреблением энергии по нашим оценкам позволит на большинстве территорий России вести строительство энергонезависимых зданий с установкой солнечных панелей и использованием солнечной энергии для полного энергоснабжения их систем жизнеобеспечения. Это особенно важно в связи с потенциальной уязвимостью территории России [1] как зимнему блэкауту, так и имеющим место частым случаям ЧС зимой из-за размораживания систем отопления.

Выводы

Для создания систем жизнеобеспечения предложено использовать энергию природных потенциалов, теплоту замерзания воды и других, экономично и экологически чисто. Согласно оценкам это позволяет, например, снизить затраты тепла на вентиляцию помещений до 20 раз и использовать для отопления тепловые насосы, повсеместно при низких температурах и в зоне вечной мерзлоты. Многократное снижение потребления энергии, причем даже в зоне вечной мерзлоты, делает экономически привлекательным использование электроэнергии для жизнеобеспечения поселений и объектов, экологически чисто, с высоким уровнем управления и контроля, что улучшает функционирование также и собственно энергосистем.

Наиболее эффективно применение комплексного подхода, так как это на 15-40% снижает затраты по строительной части и обеспечивает возможность строительства энергонезависимых зданий с пониженным до 15-25% потреблением энергии на жизнеобеспечение и включает кондиционирование.

Список литературы

1. Велицко, В.В. Сохранение систем теплоснабжения в случае зимнего блэкаута, на примере г. Москвы / В.В. Велицко // Современная техника и технологии. 2015. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2015/12/8276> (дата обращения: 22.11.2016).
2. Постановление правительства РФ от 21 апреля 2014 г. № 366 Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Со-

циально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года"

3. Стратегия развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. // сайт Правительства России, URL: <http://government.ru/info/18360/>, дата обращения 3 апреля 2017 года

4. 70-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН 28 сентября 2015 года Нью-Йорк // Официальные сетевые ресурсы Президента России, URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/50385>, дата обращения 3 апреля 2017 года

5. Дядькин, Ю.Д. Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера/ Ю.Д. Дядькин.- М: Недра, 1968. – 285 с.

6. Penner E. The mechanism of frost heaving in soils. Highwal Research Board Bull., 1959, N 225.

7. Шувалов Ю.В.; Гендлер С.Г. и др. Устройство для подогрева воздуха в шахтах: патент РФ, №2029873, опубл. 27.02. 1995.

8. Рей, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М: Энергоатомиздат, 1982. – 224 с.

9. Белова, Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е.М.Белова. – М: Евроклимат, 2006. – 640 с.

10. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха / О.Я. Кокорин. – М: Машиностроение, 1978. – 278 с.

Пузырев Евгений Михайлович, д.т.н., профессор каф. КиРС, зам. директора по научной работе ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», 656905 г. Барнаул, Проезд Южный, 17а. e-mail: pem-energo@list.ru

Пузырев Михаил Евгеньевич, ст. инженер, ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», 656905 г. Барнаул, Проезд Южный, 17а. e-mail: pem.proekt@mail.ru