

**Н.С. Кобелев**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**В.Н. Кобелев**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**В.И. Зенченков**, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**С.А.Поливанова**, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**Н.А. Шаталова**, лаборант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Предложена энергосберегающая экологическая система водоснабжения, которая относится как к теплоэнергетике, в частности к системам оборотного водоснабжения промышленных предприятий, так и широко используется в строительном производстве при наличии тепловых выделений оборудованием и технологическими процессами.*

*По прогнозам энергетической стратегии России, производство тепловой энергии возрастет на 22–34% – в 2020 г. При этом предусматривается увеличение реального потребления тепловой энергии в 1,4–1,5 раза за счет сокращения потерь в условиях высокого потенциала энергосбережения во всех секторах энергетики: от производства до транспортировки и рационального потребления энергоносителей.*

*Система ЖКХ крайне энергоемка, так как износ коммунальной инфраструктуры достигает 80-90%. Практическое отсутствие биосферосовместимых технологий проектирования и эксплуатации инженерных систем в нашей стране не позволяет обеспечивать ресурсосбережение на всех этапах полного жизненного цикла здания или сооружения. Известные исследования и предложения на основе научно-технических решений НИИ строительной физики РААСН преимущественно относятся к тепловой защите оболочки здания и не представлены инженерными взаимосвязанными системами.*

*Поэтому разработка и реализация мероприятий по комплексному развитию коммунальной инфраструктуры приобретает актуальное значение.*

*Решение данной проблемы связано с осуществлением комплекса инженерно-технических мероприятий, включающих тепловую защиту путем увеличения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий, модернизацию систем тепло- и водоснабжения, использования нетрадиционных источников энергии.*

**Ключевые слова:** экологическая система, оборотное водоснабжение, бассейн-смеситель, строительное предприятие, магистрали воды, эжектор, винтовые канавки, секции диффузоров и конфузоров, регулятор температуры, регулятор скорости.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-6-60-67

**Ссылка для цитирования:** Энергосберегающая экологическая и автоматизированная система водоснабжения строительного предприятия / Н.С. Кобелев, В.Н. Кобелев, В.И. Зенченков, С.А.Поливанова, Н.А. Шаталова // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 6(75). С.60-67.

\*\*\*

Одним из эффективных способов энергосберегающего и экологически безопасного использования оборотного водоснабжения, особенно в системах охлаждения по производству сжатого и вентиляционного воздуха (например, компрессоров при производстве сжатого воздуха или в системах вентиляции крупных про-

изводственных комплексов с применением градирен), является устранение накопления загрязнений при движении охлаждаемой воды в охладителе, что достигается путем вибрационного стряхивания налипающих на внутренние поверхности диффузоров и конфузоров твердых частиц (например, ржавчины и окалины).

Недостатками эксплуатируемых систем водоснабжения производственных предприятий являются как энергоемкость, обусловленная необходимостью использования дополнительной электроэнергии для питания систем автоматизированного контроля температуры воды в прямой магистрали и регулятора скорости вращения с электронной схемой управления, так и экологическая безопасность, связанная с необходимостью дополнительной подачи охлажденной воды на теплообменники, находящиеся в помещении с температурой, превышающей температуру охлажденной воды.

Целью проведенных исследований является поддержание нормированных энергозатрат при экологически безопасных условиях работы системы оборотного водоснабжения в изменяющихся температурных режимах окружающей среды помещения, где размещены теплообменники, путем устранения тепловых потерь от охлажденной воды с обеспечением заданного режима теплообмена за счет покрытия наружной поверхности теплообменников тонковолокнистым базальтовым материалом.

На рис.1 схематически изображена система оборотного водоснабжения, а на рис. 2 - общий вид корпуса охладителя с диффузорами и конфузорами из биметалла.

Система оборотного водоснабжения состоит из теплообменников 1, подключенных прямой напорной 2 и обратной 3 магистралями к водосборному бассейну-смесителю 4 с охладителем 5, над которым установлен ороситель 6. Прямая магистраль 2 с датчиком температуры 7 через задвижку 8, регулятор расхода 9 соединительным трубопроводом 10 с установленным эжектором 11 соединена с оросителем 6. Камера смешивания 12 эжектора 11 всасывающим трубопроводом 13 через регулятор 14 соединена с

обратной магистралью воды 3, на которой перед бассейном-смесителем 4 установлен регулятор давления 15. На прямой магистрали 2 установлен насос 16 и охладитель 5 при максимальной его подаче на теплообменники 1 обеспечивает оптимальную всасывающую способность эжектора 11, которая регулируется регулятором давления 17. Вдоль сопловой части 18 от меньшего сечения к большему выполнены канавки 19, соединенные в большем сечении сопловой части 18 эжектора 11 с кольцевой канавкой 20, которая подключена к сборнику загрязнений 21 в своей нижней части.

Охладитель 5 включает корпус, боковые стенки 22 которого и установленные в нем секционные перегородки 23 выполнены зигзагообразными и образуют в каждой секции 24 диффузоры 25 и конфузоры 26, расположенные относительно соседних секций в шахматном порядке. Перегородки 23 каждой секции 24 диффузоров 25 и конфузоров 26 выполнены из биометалла, при этом внутренняя поверхность диффузоров 25 выполнена из материала 27 с коэффициентом теплопроводности в 2,0-2,5 раза выше, чем коэффициент теплопроводности материала 28 внутренней поверхности конфузоров 26.

Регулятор расхода 9 снабжен задвижкой 8 с приводом 29 регулятора скорости 30 в виде блока порошковых электромагнитных муфт, а на прямой напорной 2 магистрали воды установлен датчик температуры 7, подключенный к регулятору температуры 31, который содержит блок сравнения 32 и блок задания 33, причем блок сравнения 32 соединен с входом электронного усилителя 34, оборудованного блоком нелинейной обратной связи 35, кроме того, выход электронного усилителя 34 соединен с входом магнитного усилителя 36 с выпрямителем, который подключен к регулятору

скорости 30 в виде блока порошковых электромагнитных муфт привода 29 за движки 8.

Теплообменники 1 снабжены термоэлектрическим генератором 37, выполненным в виде корпуса 38 с проходным каналом для горячей воды 39 и с проходным каналом 40 для охлажденной воды и комплектом дифференциальных термопар 41. «Горячие» концы 42 комплекта дифференциальных термопар 41 расположены внутри проходного канала для горячей воды 39, а их «холодные» концы 43 расположены внутри проходного канала 40 для охлажденной воды. Вход 44 проходного канала для горячей воды 39 через трехходовой клапан 45 соединен с обратной магистралью 3 перед регулятором давления 15 бассейна-смесителя 4. Вход 47 проходного канала 40 для охлажденной воды соединен с прямой магистралью 2 перед регулятором давления 17, а его выход 48 соединен через трехходовой клапан 49 с бассейном-смесителем 4. Наружная поверхность 50 каждого из теплообменников 1 покрыта тонковолокнистым базальтовым материалом 51, выполненным в виде витых пучков 52, продольно вытянутых от прямой напорной магистрали 2 перед теплообменниками 1 до обратной магистрали 3 после теплообменников 1.

Система оборотного водоснабжения работает следующим образом. Температура внутри помещения, где размещены теплообменники 1, находится в пределах 16-22°C [1], что значительно ниже температуры охлажденной воды, поступающей с прямой напорной магистрали 2 в теплообменники 1. В результате тепловой поток от охлажденной воды поступает к воздуху внутри помещения через наружную поверхность 50 теплообменников 1 и тем самым снижает эффективность теп-

лообмена в процессе охлаждения горячей воды, находящейся в теплообменнике.

При покрытии наружной поверхности 50 теплообменников 1 тонковолокнистым базальтовым материалом 51 устраняется передача теплоты к внутреннему воздуху окружающей теплообменники среды в связи с тем, что тонковолокнистый базальтовый материал 51 является теплоизоляцией. А выполнение тонковолокнистого базальтового материала 51 в виде витых пучков 52, продольно вытянутых от прямой магистрали 2 перед теплообменником 1, до обратной магистрали 3 после теплообменников 1, приводит к тому, что по мере перемещения охлажденной воды по высоте теплообменника наблюдается аккумуляция ее теплоты. В результате, это обеспечивает оптимальный режим теплообмена с горячей водой при нормированных энергозатратах на перекачивание насосом 16.

В процессе эксплуатации системы оборотного водоснабжения часть горячей воды через трехходовой клапан 45 поступает в проходной канал 39 для горячей воды через его вход 44, где контактирует с «горячими» концами 42 комплекта дифференциальных термопар 41, и далее через выход 46 направляется к бассейну-смесителю 4 перед регулятором 15 обратной магистрали 3. Одновременно часть охлажденной воды из прямой напорной магистрали 2 после насоса 16 с повышенным напором через вход 47 поступает в проходной канал 40 для охлажденной воды, где контактирует с «холодными» концами 43 комплекта дифференциальных термопар 41 и через выход 48 направляется в бассейн-ороситель 4.

Известно, что температура после теплообменников 1 достигает 90°C и более в зависимости от технологической схемы оборотного водоснабжения, а охлажденная вода имеет температуру

выше 30°С [2]. В результате возникающая разность температур теплоносителей, контактирующих с «горячими» концами 42 и с «холодными» концами 43 комплекта дифференциальных термопар 41 соответственно в проходном канале 39 для горячей воды и в проходном канале 40 для охлажденной воды корпуса 38 термоэлектрического генератора 37, при выполнении элементов комплекта дифференциальных термопар 41, например из хромель-копеля, позволяет получать термо-ЭДС до 6,96 мВ [3], что вполне хватает для питания схем электронного автоматизированного управления системы оборотного водоснабжения, т.е. отпадает необходимость использования дополнительной электрической энергии от постороннего источника, а это в конечном итоге снижает энергоемкость всей системы оборотного водоснабжения.

Оборотная вода после теплообменников 1 поступает по обратной магистрали 3 в водосборный бассейн-смеситель 4, в котором находится ранее охлажденная в охладителе 5 вода. Если температура атмосферного воздуха ниже расчетной, то в водосборном бассейне-смесителе 4 вода, подаваемая в теплообменники 1, имеет температуру ниже, чем это необходимо. В это время задвижка 8 закрыта и вода в ороситель 6 не подается. Горячая вода из обратной магистрали 3 перемешивается с холодной водой в водосборном бассейне-смесителе 4 и повышает его температуру.

При возрастании температуры атмосферного воздуха до значений, когда не обеспечивается охлаждение оборотной воды в водосборном бассейне смесителе 4 до значений температуры охлажденной воды, что регистрируется датчиком температуры 7. При этом сигнал блока задания 33 регулятора температуры 31 превышает сигнал датчика температуры 7 и на выходе блока сравнения 32 появляется

сигнал положительной полярности, который поступает на вход. Туда же поступает и сигнал с блока нелинейной обратной связи 35, который вычитается из сигнала блока сравнения 32.

За счет этого в электронном усилителе 34 компенсируется нелинейность характеристики привода 29 задвижки 8. Сигнал с выхода электронного усилителя 34 поступает на вход магнитного усилителя 36, где он усиливается по мощности, выпрямляется и поступает на обмотку регулятора скорости 30 в виде блока порошковых электромагнитных муфт привода 29 задвижки 8.

Положительная полярность сигнала электромагнитного усилителя 34 вызывает увеличение тока возбуждения на выходе магнитного усилителя 36, тем самым увеличивая передаваемый на регулятор скорости 30 момент от привода 29, чем достигается открытие задвижки 8 на некоторую величину, обеспечивающую частичную подачу воды из прямой напорной магистрали 2 в регулятор расхода 9, и охлажденная вода, смешанная в эжекторе 11 с горячей водой, из обратной магистрали 3 подается по соединительному трубопроводу 10 на ороситель 6 и далее на охладитель 5 для более глубокого охлаждения.

Форсунки оросителя 6 в охладителе 5 расположены таким образом, что каждая форсунка подает воду только в одну из секций 24. В результате обеспечивается равномерная эпюра скоростей водяного потока в поперечном сечении корпуса охладителя 5, поддерживаемая за счет «живого» сечения выходных отверстий форсунок оросителя 6. Распыляемый поток воды с оптимальной эпюрой скоростей, обеспечивающей рациональный контакт воды с зигзагообразными перегородками 23, поступает в секции 24 и, проходя последовательно участки диффузоров 25 и конфузоров 26, непрерывно

меняет свою скорость, что приводит к турбулизации потока и повышению теплообмена, а также к распределению в секциях 24 давления движущегося потока воды. Это выравнивает гидравлическое сопротивление воды в секциях 24 и приводит к равномерному смыванию водой всего объема охладителя 5 даже при незначительном перепаде температур между атмосферным воздухом и охлаждаемой водой.

Увеличение скорости охлаждаемой воды в диффузорах 25 за счет уменьшения проходного сечения по мере движения потока приводит к возрастанию теплоты трения пограничного слоя о внутреннюю поверхность диффузоров 25, выполненных из материала 27, что приводит к увеличению температурного градиента [4,5]. Последующий переход движущегося потока охлаждаемой воды по конфузорам 26 секций 24 приводит к уменьшению его скорости и соответственно теплоты трения о внутреннюю поверхность диффузоров 25, выполненных из матери-

ала 28, что приводит к увеличению скорости и соответственно теплоты трения о внутреннюю поверхность конфузоров 26, выполненных из материала 28, что способствует резкому уменьшению температурного градиента.

В результате в секциях 24 на внутренних поверхностях диффузоров 25 и конфузоров 26, выполненных соответственно из материалов 27 и 28, имеющих коэффициенты теплопроводности, в 2,0-2,5 раза отличающиеся друг от друга. Например, при выполнении перегородки 24 из биометалла с материалом 27 из алюминия с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=204$  Вт/м·°С и материалом 28 из латуни с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=85$  Вт/м·°С [6,7] наблюдаются термовибрации, которые постоянно стряхивают твердые частицы с поверхностей перегородок 23 секций 24, не допуская их налипания [8]. Все это приводит к поддержанию постоянства теплообмена в секциях 24 при длительной эксплуатации охладителя 5.

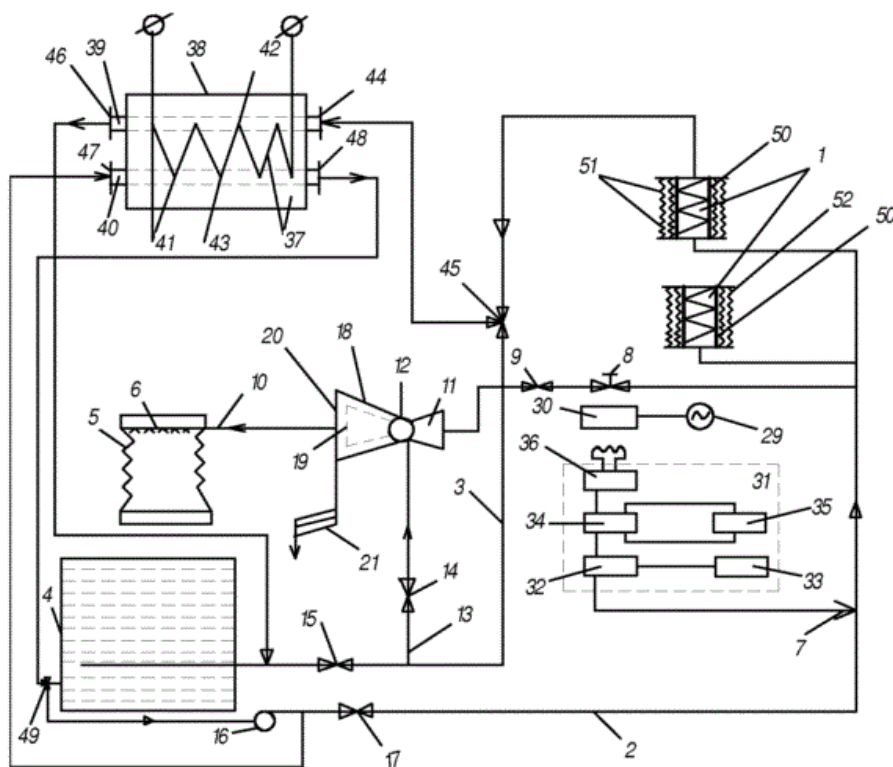


Рис. 1

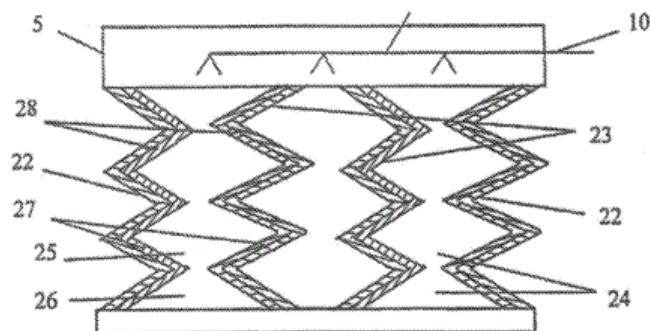


Рис.2

Известно, что вода, имеющая повышенную температуру, интенсифицирует процесс образования окалина и ржавчины, то есть загрязнений сопутствующих систем обратного водоснабжения. В результате наблюдается увеличение гидравлического сопротивления трубопроводов, возрастает частота закупорки (засорения) насадок оросителя 6 и, как следствие этого, эффективность работы системы обратного водоснабжения, и возрастают энергозатраты на насосную установку. Поэтому горячая вода с загрязнениями (окалина, ржавчина и т.д.), перемешанная в камере смешивания 12, поступает в сопловую часть 18 эжектора 11 и, перемещаясь по винтообразным канавкам 19, закручивается. Твердые частицы сталкиваются в канавках 19, перемещаются в кольцевую канавку 20 и далее в сборник загрязнений 21, откуда удаляются вручную или автоматически (не показано). Очищенный от загрязнений поток воды поступает в ороситель 6 и далее в охладитель 5 для более глубокого охлаждения [9,10]. Оптимальная всасывающая способность эжектора 11 поддерживается регулятором давления 15. Очищенная в эжекторе 11 и охлажденная в охладителе 5 вода смешивается в водосборном бассейне-смесителе 4 с горячей водой, поступающей из теплооб-

менников 1. В процессе смешивания постепенно понижается температура воды до расчетного минимального значения, что регистрируется датчиком температуры 7. При этом сигнал датчика температуры 7 превышает сигнал блока задания 33 регулятора температуры 31 и на выходе блока сравнения 32 появляется сигнал отрицательной полярности, который поступает на вход электронного усилителя 34. Туда же поступает и сигнал с блока нелинейной обратной связи 35, который вычитается из сигнала блока сравнения 32. Сигнал с выхода электронного усилителя 34 поступает на вход магнитного усилителя 36, где он усиливается по мощности, выпрямляется и поступает на обмотку регулятора скорости 30 в виде блока порошковых электромагнитных муфт привода 29 задвижки 8.

Отрицательная полярность сигнала электронного усилителя 34 вызывает уменьшение тока возбуждения на выходе магнитного усилителя 36, тем самым уменьшая передаваемый регулятором скорости 30 момент от привода 29, чем достигается закрытие задвижки 8 на некоторую величину, обеспечивающую частичное снижение (при необходимости и полное перекрытие) подачи воды из прямой напорной магистрали 2 в регулятор расхода 9 и далее по описанному циклу [11].

Оригинальность разработанного конструктивного решения заключается в том, что поддержание экологически безопасного и эффективного процесса теплообмена между охлажденной и горячей водой в теплообменниках при изменяющихся температурных условиях окружающей среды достигается за счет устранения тепловых потерь к внутреннему воздуху помещения, где расположены теплообменники.

#### Список литературы

1. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. М., 2003.
2. Кургавин В.М. Экономия тепловой и электрической энергии в поршневых компрессорах. М.: Машиностроение, 1985. 80 с
3. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергоатомиздат, 1984. 230 с
4. Ларионов Н.Н. Теплотехника. М.: Строительство, 1975. 369 с.
5. Дмитриев В.П. Биометаллы. Пермь: Наука, 1991. 487 с.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1975. 469 с.
7. Технические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / под общ. ред. В.М.Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1980. 560 с.
8. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1991. 386 с.
9. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1992. 567 с.
10. Кобелев Н.С. Павлова Е.В. Танигина Л.С., Теплотехнические основы автоматизированного контроля теплообмена на пористой перегородки очистного сооружения // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. №3. С. 237-241.
11. Патент РФ на изобретение № 2122067 от 20.09.2009 Бюл.26. Фильтр для очистки воздуха / Кобелев В.Н., Емельянов С.Г., Кобелев Н.С. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос.ун-т. №2009114608/22; заявл. 27.12.2009; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 11.

*Поступила в редакцию 29.09.17*

UDC 625.430.003

**N.S.Kobelev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**V.N.Kobelev**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**W.I.Senzenkow**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**S.A.Poliwanowa**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

**N.A.Satalova**, Assistant, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

#### **ENERGY-SAVING ENVIRONMENTAL AUTOMATED WATER SUPPLY SYSTEM FOR A CONSTRUCTION ENTERPRISE**

*The energy saving ecological water supply system is proposed. The system can be implemented both in heat power engineering, in particular in circulating water supply systems for industrial enterprises, and in construction industry where there are heat evolutions produced by equipment and due to technological processes.*

According to the forecasts of Russia's energy strategy, the production of thermal energy will increase by 22-34 % in 2020. At the same time, it is planned to increase the real heat consumption by 1.4-1.5 times due to reduction of losses in the conditions of high energy saving potential in all energy sectors beginning with production to transportation and rational use of energy sources.

The system of housing and utilities is extremely energy intensive, since utility infrastructure is worn out up to 80-90 %. The practical lack of biosphere-compatible technologies for engineering systems design and operation in Russia does not allow providing resource-saving at all stages of full life cycle of a building or a structure. Known studies and proposals based on the research and development decisions of RAASN Research Institute of Building Physics mainly relate to the thermal protection of the shell of a building and are not represented by engineering interconnected systems.

Therefore, the development and implementation of measures for the integrated development of utility infrastructure becomes topical.

The solution of this problem is related to complex of engineering and technical activities, including thermal protection by increasing thermal resistance of enclosing structures of buildings, upgrading heat and water supply systems, using non-traditional energy sources.

**Key words:** ecological system, recycling water supply, mixing basins, construction enterprise, water main, water-jet pump, spiral grooves, sections of diffuser and confuser, temperature control device, speed control device.

**DOI:** 10.21869/2223-1560-2017-21-6-60-67

**For citation:** Kobelev N.S., Kobelev V.N., Senzenkow W.I., Poliwanowa S.A., Satalova N.A. Energy-Saving Environmental Automated Water Supply System for a Construction Enterprise, Proceedings of the Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 6(75), pp. 60-67 (in Russ.).

\*\*\*

## Reference

1. SNiP 23-02-2003. Teplovaja zashhita zdaniy. Moscow, 2003.
2. Kurgavin V.M. Jekonomija teplovoj i jelektricheskoy jenergii v porshnevnyh kompressorah. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 80 p.
3. Ivanova G.M. Teplotekhnicheskie izmerenija i pribory. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1984. 230 p.
4. Larikov N.N. Teplotekhnika. Moscow, Stroitel'stvo Publ., 1975. 369 p.
5. Dmitriev V.P. Biometally. Perm': Nauka Publ., 1991. 487 p.
6. Nashhokin V.V. Tekhnicheskaja termodynamika i teploperedacha. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1975. 469 p.
7. Tekhnicheskie osnovy teplotekhniki. Teplotekhnicheskij jeksperiment. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1980. 560 p.
8. Merkulov A.P. Vihrevoj jeffekt i ego primenenie v tekhnike. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1991. 386 p.
9. Sedov L.I. Mekhanika sploshnoj sredy. Vol. 2. Moscow. Nauka Publ., 1992. 567 p.
10. Kobelev N.S. Pavlova E.V. Tanigina L.S., Teplotekhnicheskie osnovy avtomatizirovannogo kontrolja teplomassoobmena na poristoj peregorodki ochistnogo sooruzhenija. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2012, no. 3, pp. 237-241.
11. Patent RF na izobretenie № 2122067 ot 20.09.2009 Bjul.26 . Fil'tr dlja ochistki vozduha Emel'janov S.G., Kobelev N.S. [i dr.]; zajavitel' i patento-obladatel' Jugo-Zap. gos.un-t. №2009114608/22; zajavl. 27.12.2009; opubl. 20.10.2011, Bjul. № 11.