

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

"Юго-Западный государственный университет"

Факультет Строительства и архитектуры

(полное наименование факультета)

Кафедра Инфраструктурных энергетических систем

(полное наименование кафедры)

Направление подготовки (специальность) 08.04.01 Строительство

(шифр и название направления подготовки, специальности)

ОТЧЕТ

Производственная практика. Научно-исследовательская работа

(наименование вида и типа практики)

На кафедре Теплогазоводоснабжения

(наименование предприятия, организации, учреждения)

Студента 2 курса, ТВ-81м

(курс, группа)

Умеренков Артем Сергеевич

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель практики от
предприятия, организации,
учреждения

(должность, фамилия, и.о.)

Оценка

(подпись, дата)

Руководитель практики от
университета

(должность, звание, степень)

(фамилия, и.о.)

Оценка

(подпись, дата)

Члены комиссии

(подпись, дата)

(фамилия, и.о.)

(подпись, дата)

(фамилия, и.о.)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

"Юго-Западный государственный университет"

Кафедра теплогазоводоснабжения

Утверждаю
Заведующий кафедрой
Семичева Н.Е.

(подпись, инициалы, фамилия)

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИКИ

Тип и вид практики Производственная практика. Научно-исследовательская работа

Студент Умеренков А.С. шифр 18-05-0379 группа ТВ-81м
(фамилия, инициалы)

1. Тема: Литературный обзор по проектированию энергоэффективных систем вентиляции с разработкой рекомендаций по применению способов и инновационных устройств для рекуперации сбросного тепла

Приказ о направлении на практику от « ____ » _____ 2020 г. № _____

2. Срок представления отчета по практике к защите «_» _____ 2020 г.

3. Содержание отчета:

3.1. Введение

3.2. Характеристика деятельности предприятия

3.3. Основная часть отчета

3.4. Заключение

3.5. Список используемой литературы

4. Перечень графического материала (если предусмотрено заданием):

графический материал не предусмотрен

Руководитель практики _____
(подпись, дата)

Э.В.Умеренкова
(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись, дата)

А.С. Умеренков
(инициалы, фамилия)

Содержание

Введение.....	#
1. Характеристика деятельности предприятия.....	#
2. Основная часть отчета.....	#
2.1 Литературный обзор по проектированию энергоэффективных систем вентиляции.....	#
2.2 Разработкой рекомендаций по применению способов и инновационных устройств для рекуперации сбросного тепла. Кожухомультитеплотрубный теплообменник.....	#
2.3 Схема работы предлагаемого устройства.....	#
Заключение.....	#
Список используемых источников.....	#

Введение

В настоящее время руководители производственных предприятий и контролирующие органы ставят задачу рационального использования имеющихся энергоресурсов и оптимизации энергобаланса за счет модернизации производств и внедрении современных технических решений. Важным фактором снижения потребления энергоресурсов является снижение количества выбросов двуокиси углерода, оказывающее заметное влияние на глобальные изменения. В условиях растущих цен на энергоносители многие промышленные предприятия принимают активные действия в этом направлении [1].

Современные строительные материалы позволяют уменьшить теплопотери здания и в то же время делают их герметичными, нарушая воздухообмен. Приточно-вытяжные установки с рекуператором тепла восстанавливают воздухообмен без лишних затрат на подогрев свежего воздуха, в свою очередь, рекуператоры позволяют сократить значительную долю потерь на нагрев воздуха.

Следует отметить, что соблюдение санитарных норм на производстве включает в себя такой важный и проблемный пункт, как кратность вентиляции помещений. Чем выше загрязненность, тем интенсивнее обмен и больше кратность. При этом рекомендуемое превышение объема поступающего воздуха должно составлять 10–15 %, создавая избыточное давление [2].

Главной целью разработки инновационных решений для увеличения эффективности работы рекуперативных установок, осуществляющих нагрев холодного приточного воздуха за счет вытяжного, без ущерба для окружающей среды является уменьшения температуры уходящих сбросных вентиляционных выбросов, а также снижение расходов энергоресурсов в производственно-отопительный период.

1. Характеристика деятельности предприятия

Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ) - ведущий вуз центральной России классического типа со сбалансированным набором естественно-научных, гуманитарных, экономических, сервисных и инженерных специальностей, развитыми системами подготовки и аттестации кадров высшей квалификации, дополнительного профессионального образования и довузовской подготовки, последние шесть лет университет входит в число лучших вузов страны. В университете сконцентрирован значительный научный потенциал, реализуется более 200 образовательных программ.

Кафедра инфраструктурных энергетических систем (далее – кафедра) (сокращенное наименование – ИЭС) организована в соответствии с приказом ректора университета от 27.11.2023 г. № 1801, изданным на основании решения ученого совета университета от 27.11.2023 г. (протокол № 5) путем переименования кафедры теплогазоводоснабжения (кафедра ТГВ). Приказом ректора университета от 27.11.2023 г. № 1801, изданным на основании решения ученого совета университета от 27.11.2023 г. (протокол № 5), в состав кафедры инфраструктурных энергетических систем была введена кафедра электроснабжения (кафедра ЭС).

Кафедра *"Теплогазоводоснабжение"* образована путем слияния двух кафедр: *"Теплогазоснабжение и вентиляция"* и *"Водоснабжение и охрана водных ресурсов"* 1 июля 2014 года.

Специальность 290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция» в Курском политехническом институте образована в 1972 году по приказу Министерства ВиСССО №509 от 24.02.1972г, а кафедра образована приказом Министерства ВиСССО №287 от 25.06.1976г. Первый выпуск специалистов состоялся в 1977 году в количестве 42 человек.

Первым заведующим кафедрой ТГВ был избран Битюков Вячеслав Александрович – к.т.н., доцент, действительный член Международной

академии наук по открытиям и изобретениям. Он руководил кафедрой 13 лет. При его непосредственном участии были созданы 3 лаборатории оснащённые установками полупромышленного типа: теплоснабжения и отопления, газоснабжения и вентиляции, научно-исследовательская; разработана и издана методическая документация для нужд учебного процесса.

С 1976 по 1989 год было выпущено 1440 молодых специалистов, многие из которых впоследствии стали руководителями крупных предприятий, а выпускники – Ошевнев К.К. директором Курского монтажного техникума. За этот период кафедра выполнила хоздоговорные темы на сумму 740тыс. руб. По научным результатам этих работ защитили кандидатские диссертации: Лопатин А.Д., Дорохов Э.В., Сварич В.Д., Тимонов И.С., Сасин А.В., Новиков С.Г.

Научное направление Битюкова В.А. – «Использование полимерных материалов и энергосбережение в системах ТГВ». Им опубликовано 148 научных работ: статьи, 4 патента, авторские свидетельства на изобретения, доклады на научных конференциях, монография и учебное пособие.

В 1989 году кафедру возглавил Лукашов Юрий Михайлович – д.т.н., профессор. Он проработал в этой должности до 1997 года.

Юрий Михайлович организовал при кафедре подготовку аспирантов по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение». Под его руководством защитила кандидатскую диссертацию Котенко Э.В. по теме «Исследование характеристик теплового аккумулятора на фазовом переходе»

В период с 1997 по 2002 гг. зав. кафедрой являлся Токарь Борис Зельманович – к.т.н., доцент.

С 2002 г. и по 2016 г. зав. кафедрой являлся Кобелев Николай Сергеевич д.т.н., профессор. С его приходом на кафедре было сформировано новое научное направление - «Энергосберегающие технологии, трубопроводы и оборудование систем теплогазоснабжения и вентиляции». На базе кафедры были проведены конференция «Энергосбережение Курской области»,

технический семинар «Внедрение автоматики регулирования тепловой энергии», открыт областной демонстрационный класс Энергосбережения, созданы класс энергосбережения Курска и Курской области с оборудованием на 520 тыс. руб. и промышленная лаборатория – тепловой пункт КурскГТУ. Получают активную поддержку научные исследования молодых преподавателей, работающих над диссертацией (Павлов С.В., Щедрина Г.Г., Семичева Н.Е., Моржавин А.В.). В настоящее время за кафедрой закреплены 17 аспирантов очной и заочной форм обучения. За 2005г. являлся руководителем хоздоговорных и госбюджетных тем на 625 тыс. руб. Является действительным членом академии СПАНИ, член-корреспондент РАЕН, заслуженный изобретатель РФ. Результаты научных исследований опубликовал в 347 статьях и брошюрах, докладывал на международных конференциях, в том числе имеет более 250 авторских свидетельств на изобретение и патенты, опубликовал 3 монографии и 2 учебных пособия с грифом УМО.

В настоящий момент кафедрой успешно руководит доцент, кандидат технических наук Наталья Евгеньевна Семичева. В 2018 профили направлений подготовки, закрепленные за кафедрой ТГВ были аккредитованы сроком на 6 лет.

Кафедра осуществляет образовательную деятельность по очной и заочной формам обучения. Региональная специфика определяет высокую востребованность специалистов по специальности 290700, особенно в области газоснабжения и теплоснабжения. Стабильный конкурс по заявлениям составляет более 4 человек на место. За время существования кафедрой подготовлено более 1800 дипломированных специалистов. Выпускники кафедры занимают высокие посты в г. Курске и Курской области (Ошевнев Н.К. – директор Курского монтажного техникума; Кушенир И.А. – зам. директора завода «Прибор»; Рязанцев Н.М. – главный инженер ОАО «Курские тепловые сети» ТЭЦ-4 и др.).

Учебно-производственная база кафедры представлена лабораториями газоснабжения, теплоснабжения, отопления (в том числе учебным классом на базе действующего автоматизированного теплового пункта), а также материально-технической базой филиалов кафедры (ОАО «Курскгаз», ОАО «Курские тепловые сети» ТЭЦ-4).

В период существования кафедры было защищено 7 кандидатских диссертаций, в том числе по тематике хоздоговорных тем. С 1990 года осуществляется набор и обучение в аспирантуре по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение». Научные интересы кафедры относятся к области энергосберегающих технологий, в частности аккумулирования тепловой энергии, защиты окружающей среды от вредных выбросов теплогенерирующих установок. По данным тематикам оформлены патенты РФ (более 400); ведутся регулярные публикации в центральной печати России и зарубежных изданиях.

Выпускающая кафедра "Водоснабжение и канализация" была основана в 1975 году. Помещение кафедры находилось по ул. Челюскинцев, в 1979 г. кафедра была переведена в главный корпус. В 1990 году кафедра "Водоснабжение и канализация" переименована в кафедру "Водоснабжение и охрана водных ресурсов".

С 1975 г. по 1986 г. кафедру возглавлял к.т.н., доцент Викторов Г.В. С 1986 года по 2012 г. кафедру возглавлял к.т.н., профессор Морозов В.А. С 2012 г. по 2014 г. кафедру возглавляла к.т.н., доцент Поливанова Т.В.

2. Основная часть отчета

2.1 Литературный обзор по проектированию энергоэффективных систем вентиляции

В проектируемом здании в холодный период как минимум 25–50% тепла расходуется на нагрев приточного воздуха. Рост цен на энергоносители стимулирует рост интереса к рекуперации тепловой. В этой связи повысился интерес к вентиляционным агрегатам, снабженным роторными или пластинчатыми теплообменниками типа «воздух-воздух» производства ряда зарубежных и отечественных фирм [3].

Одним из высокотехнологичных агрегатов, обеспечивающих энергосбережение, являются рекуперативные теплообменники. Помимо использования в составе централизованных вентиляционных агрегатов, большой практический интерес рекуперативные теплообменники представляют сами по себе как наиболее доступное средство внедрения энергосберегающих технологий при реконструкции существующих систем вентиляции путем осуществления обмена теплом между притоком и вытяжкой. Установка рекуперативного теплообменника при этом принципиально возможна без замены основных узлов существующей системы [4].

При сопоставлении различных средств обмена теплом между притоком и вытяжкой следует различать следующие основные понятия. Эффективность рекуператора, характеризующая работу устройства как такового вне зависимости от особенностей его установки и работы в составе системы в целом. При этом отдельно рассматривают эффективность по явному теплу, выражаемую формулой:

$$\eta_t = (t_{12} - t_{11}) / (t_{21} - t_{11}) \quad (2.1)$$

Общая эффективность рекуператора (по явному и скрытому теплу) выражается формулой:

$$\eta_t = (H_{12} - H_{11}) / (H_{21} - H_{11}). \quad (2.2)$$

Некоторые рекуператоры, например, роторные теплообменники типа «воздух-воздух», осуществляют перенос как явного, так и скрытого тепла, сосредоточенного в парах воды, переносимой между вытяжкой и притоком, в связи с чем в данном случае следует использовать последнюю формулу. Большинство же теплообменников, таких как пластинчатые теплообменники типа «воздух-воздух», водяные контуры, а также тепловые насосы, непосредственным образом осуществляют перенос только явного тепла, в связи с чем справедливой является первая формула. При этом следует иметь в виду, что при наличии конденсации влаги помимо собственно рекуперации имеет место регенерация тепла, оказывающая соответствующее влияние на рассматриваемые показатели эффективности. В связи с этим рассматривают отдельно так называемые «сухую» эффективность рекуператоров (без учета конденсации) и «мокрую» эффективность рекуператоров (с учетом конденсации). Эффективность рекуперации, характеризующая работу устройства в составе конкретной системы вентиляции или кондиционирования воздуха. В данном аспекте показатель эффективности существенным образом зависит от соотношения весовых расходов воздуха на притоке и вытяжке [5].

Эффективность рекуперации по явному теплу при этом выражается формулой:

$$\varepsilon_t = W_5 (t_{11} - t_{12}) / W_{min} (t_{11} - t_{21}) = W_b (t_{22} - t_{21}) / W_{min} (t_{11} - t_{21}). \quad (2.3)$$

Последнее выражение характеризует отношение фактически имеющей место передачи тепла к максимально возможной ее величине с термодинамической точки зрения. При условии $W_5 = W_b$ формулы совпадают между собой. Известны следующие основные средства рекуперации тепловой энергии [6,7,8,9].

Пластинчатые теплообменники. Пластинчатые теплообменники являются рекуператорами со стыкующимися плоскостями. Это означает, что тепловыделяющий и теплопоглощающий воздушные потоки проходят вдоль разделяющих их плоскостей, обладающих высокой теплопроводностью, через

которые происходит процесс теплопередачи. В зависимости от конструктивного исполнения пластинчатые теплообменники могут обладать эффективностью η_t от 40 до 70 % и иметь потерю напора по притоку и вытяжке от 50 до 250 Па [10].

Основные преимущества: пластинчатые теплообменники имеют простейшее устройство и не содержат движущихся частей, при надлежащей аппаратурной обвязке (вытяжной вентилятор до теплообменника и вытяжной вентилятор за теплообменником) исключено загрязнение приточного воздуха за счет утечек на вытяжке, практически отсутствует необходимость технического обслуживания, за исключением случаев установки оборудования в условиях особо загрязненной воздушной среды (например, покрасочные камеры), что предполагает периодическую чистку съемных теплообменников путем их промывки в растворителях, которая существенно облегчена при использовании теплообменников с увеличенным расстоянием между пластинами, в связи с отсутствием дополнительных потребителей электрической энергии минимальное увеличение потребляемых кВт•ч, затрачиваемых вентиляторами на преодоление незначительной добавленной потери напора на притоке и вытяжке [11].

Основные недостатки: использование возможно при условии пересекающихся между собой приточного и вытяжного воздуховодов, при условиях, способствующих обмерзанию теплообменника в зимний период, необходимо периодически на притоке осуществлять автоматическую остановку вентилятора либо использовать байпас, отсутствует влагообмен между притоком и вытяжкой.

Роторные теплообменники. Роторные теплообменники классифицируются как рекуператоры с вращающимся аккумулятором тепла. Ротор снабжен насадкой, обладающей высокой теплоемкостью, которая при использовании противоточной схемы попеременно нагревается и охлаждается тепловыделяющим и теплопоглощающим воздушными потоками. В зависимости от параметров воздуха и свойств используемой насадки процесс

теплопереноса может также в той или иной степени сопровождаться переносом влаги. Известны роторные теплообменники конденсационного типа, осуществляющие преимущественно перенос тепла и только той влаги, которая конденсируется на поверхности насадки в местах, имеющих температуру ниже точки росы. Используются также роторные теплообменники гигроскопического типа, осуществляющие перенос как тепла, так и влаги, впитываемой насадкой, имеющей специальное гигроскопическое покрытие. Третий тип роторных теплообменников сорбционного типа осуществляет преимущественно перенос влаги. Для этого на насадку, имеющую небольшую теплоемкость (например, стекло), наносят слой сорбента (соли лития, силикагель и т.п.). В зависимости от конструктивного исполнения роторные теплообменники могут обладать общей эффективностью η_t от 60 до 85 % и иметь потерю напора по притоку и вытяжке от 75 до 500 Па [12].

Основные преимущества: возможность использования роторов различного типа обеспечивает широкий спектр практических приложений; благодаря тому, что процесс тепломассообмена осуществляется по большой удельной поверхности используемой насадки, агрегат в целом имеет минимальные габариты; регулирование скорости вращения ротора позволяет управлять общей эффективностью рекуператора [12].

Основные недостатки: использование возможно при условии параллельного расположения приточного и вытяжного воздуховодов в непосредственной близости друг от друга, имеет место дополнительный расход электроэнергии, потребляемой приводом ротора и вентиляторами на преодоление добавленной потери напора на притоке и вытяжке, загрязненный воздух частично переносится из вытяжки в приток. Загрязнение может быть уменьшено за счет использования ряда мероприятий конструктивного характера, таких как устройство зоны очистки, но не может быть устранено полностью, в связи с чем использование роторных теплообменников в

условиях присутствия токсичных и дурно пахнущих веществ недопустимо [12].

Водяные циркуляционные системы. Водяные циркуляционные системы включают два ребренных теплообменника типа «вода-воздух», объединенных между собой гидравлическим контуром, в котором осуществляется прокачка воды или водо-гликолевой смеси. Теплообменники размещаются в приточном и вытяжном воздуховоде, которые могут быть разнесены между собой на определенное расстояние. Тепло, поглощаемое из одного воздушного потока, промежуточным теплоносителем переносится во второй теплообменник, через который передается другому воздушному потоку. В зависимости от конструкции водовоздушных теплообменников и используемой запорно-регулирующей арматуры водяные циркуляционные системы могут обеспечивать эффективность рекуперации ϵ_t от 50 до 65 % и иметь потерю напора по притоку и вытяжке от 200 до 900 Па [13].

Основные преимущества: отсутствует необходимость смежного расположения приточного и вытяжного воздухопроводов, что исключает надобность изменения их трассировки при реконструкции существующих систем вентиляции и кондиционирования воздуха, перетекание загрязненного воздуха из вытяжки в приток полностью исключено, поскольку они изолированы между собой через промежуточный теплоноситель.

Основные недостатки: высокий дополнительный расход электроэнергии, потребляемой циркуляционным насосом, который в сумме со сравнительно небольшим дополнительным расходом электроэнергии, потребляемой вентиляторами на преодоление добавленной потери напора на притоке и вытяжке, при определенных обстоятельствах делает достигаемую рекуперацию тепла экономически нецелесообразной, наличие циркуляционного насоса и большого количества запорно-регулирующей арматуры обуславливают необходимость эксплуатационного технического обслуживания в значительных объемах, отсутствует влагообмен между притоком и вытяжкой [14].

Тепловые трубы. Тепловые трубы представляют собой фреоновый контур, в котором циклическим образом осуществляются фазовые переходы теплоносителя из жидкого в газообразное состояние и обратно. Тепло, поглощаемое из одного воздушного потока с использованием промежуточного теплоносителя, осуществляющего указанные фазовые переходы за счет протекания через разделительную капиллярную трубку, передается другому воздушному потоку. Эффективность тепловых труб η_t составляет от 45 до 65 % и может регулироваться за счет изменения наклона по отношению к вертикальному положению. Перетекание загрязненного воздуха из вытяжки в приток полностью исключено, поскольку они изолированы между собой через промежуточный теплоноситель. Среди других средств рекуперации тепловые трубы отличаются наибольшей компактностью. Использование их возможно при условии параллельного расположения приточного и вытяжного воздуховодов, непосредственно примыкающих друг к другу [15].

Тепловые насосы. Тепловые насосы представляют собой традиционный холодильный контур с компрессором, расширительным клапаном, а также испарителем и конденсатором, расположенными отдельно в приточном и вытяжном воздуховодах. Отличительной особенностью является наличие 4-ходового перепускного клапана, обеспечивающего реверсирование движения теплоносителя, что позволяет в зависимости от сезона осуществлять перенос тепла с вытяжки на приток и наоборот. При этом приточный и вытяжной воздуховоды могут быть разнесены между собой в пределах допустимой длины холодильного контура. Перетекание загрязненного воздуха из вытяжки в приток полностью исключено, поскольку они изолированы между собой через промежуточный теплоноситель. Производительность теплового насоса зависит от расхода воздуха и температуры его на входе в испаритель и конденсатор. Чем выше расход воздуха и температура его на входе в испаритель, тем выше производительность теплового насоса. Снижение температуры воздуха на входе в конденсатор приводит также к увеличению

производительности при пониженном энергопотреблении. На единицу затрачиваемой электрической энергии осуществляется транспортировка 4–5 единиц тепловой энергии. В целом наибольшая экономия за счет использования тепловых насосов достигается при наличии на вытяжке большого количества скрытого тепла [16].

Тепловые камеры. Тепловая камера представляет собой емкость, разделенную на две части, которые с помощью системы клапанов попеременно заполняются приточным и вытяжным воздухом. За счет большой теплоемкости камеры, таким образом, осуществляется передача тепла между воздушными потоками. Эффективность данной системы может быть достаточно велика, однако она характеризуется значительными капитальными затратами. Кроме того, она практически неприемлема при наличии сколь-либо существенного загрязнения воздуха на вытяжке.

Динамическая теплоизоляция. Динамическая теплоизоляция предусматривает проникновение свежего воздуха сквозь наружные стены, имеющие пористую структуру. Таким образом, достигается компенсация значительной доли теплотерь, обусловленных теплопроводностью ограждающих конструкций. При этом также обеспечивается равномерное распределение свежего воздуха внутри помещений. Поскольку каждое из рассмотренных средств рекуперации тепловой энергии обладает определенными преимуществами и недостатками, наибольший интерес представляет их сочетанное применение, позволяющее в условиях суточного и годового хода температуры наружного воздуха достигать наивысших итоговых показателей энергосбережения. Простейшей же комбинацией является использование того или иного средства рекуперации тепла совместно с рециркуляцией воздуха, которая сама по себе обеспечивает экономию тепловой энергии наиболее действенным образом [17].

Пластинчатые теплообменники. Перекрестные потоки теплого (вытяжного) и холодного (свежего) воздуха разделены тонкими алюминиевыми пластинами, не соприкасающимися между собой. Пластины

соединяются между собой методом двойной фальцовки. В результате, на входных и выходных гранях блока теплообменника места соединения пластин, образованные фальцами, имеют толщину, равную 6-кратной толщине пластины, что обеспечивает высокую прочность конструкции блока. Кроме того, обтекаемость профиля соединения позволяет значительно уменьшить не только потери напора, но и отложения грязи. Качественная фальцовка обеспечивается высокой точностью вырубki пластин, осуществляемой в ходе полностью автоматизированного технологического процесса, начиная от оптимального раскроя материала и заканчивая операциями окончательной сборки и упаковки изделий. Высокая эффективность пластинчатых теплообменников достигается за счет специального профиля пластин, образуемого путем автоматизированной штамповки. Уникальный профиль пластин обеспечивает следующие положительные качества рассматриваемых теплообменников: высокая степень турбулизации воздушного потока, за счет чего происходит утончение воздушного пограничного слоя на поверхности пластин и интенсификация конвективного теплообмена; возможность стока конденсата в любом направлении, за счет чего утончается слой воды, формируемый на поверхности пластин, и интенсифицируется кондуктивный теплообмен; повышенная прочность и жесткость пластин за счет специальной ориентации вертикальных и горизонтальных выштамповок и рифлений, что обеспечивает отсутствие механических деформаций при разности давления обрабатываемых теплого и холодного воздушных потоков вплоть до 1500 Па; выровненная эпюра скоростей обрабатываемых воздушных потоков потока внутри теплообменника, благодаря чему минимизированы потери напора обрабатываемых воздушных потоков, как в теплом, так и в холодном плечах теплообменника; . точное расстояние между пластинами благодаря использованию автоматизированной штамповки, что способствует повышению суммарной эффективности теплообмена и снижению потерь напора; . малая зависимость эффективности рекуперации от скорости воздушного потока. Изготавливаются теплообменники двух типов: N (с

выштамповками) и F (с рифлением). Тип N используется в обычных системах вентиляции с расходом воздуха до 50 тыс. м³/ч. Тип F, обладая большей прочностью и жесткостью, используется в составе технологического оборудования, а также в системах вентиляции с расходом воздуха до 100 тыс. м³/ч. Кроме того, возможен выбор одного из трех вариантов исполнения, что определяется конкретными особенностями применения [18].

В результате реконструкция осуществляется с минимальными экономическими затратами. Ограничения на габаритные размеры важны при проектировании теплообменников, встраиваемых в центральные агрегаты систем вентиляции и кондиционирования воздуха или в иное технологическое оборудование. При конструировании можно также, например, ограничиться максимальным расстоянием между пластинами, несмотря на то, что по цене и теплотехническим показателям более рациональным было бы иметь малое, среднее или большое расстояние между пластинами. Указанное ограничение, в частности, используется при конструировании пластинчатых теплообменников для рекуперации тепла в системах вентиляции покрасочных камер, где чрезвычайно важное значение приобретает удобство мойки с целью удаления осаждаемых аэрозолей краски путем окунания теплообменника в емкость с растворителем. Максимальное расстояние между пластинами в этом случае существенно упрощает процесс мойки. Как правило, заданному набору исходных данных и, если необходимо, то также дополнительно введенным ограничениям на результирующие технические параметры могут отвечать несколько вариантов конструкции теплообменников. С одной стороны, пластинчатый теплообменник за счет рекуперации тепла способствует экономии тепловой энергии. С другой стороны, дополнительное аэродинамическое сопротивление, создаваемое теплообменником, как по притоку, так и по вытяжке, приводит к увеличенному расходу электроэнергии. Полученные в результате расчета сроки окупаемости существенным образом зависят от климатических условий и действующих тарифов. Тем не менее, ожидаемые сроки окупаемости в большинстве своем не превышают 1,5–2

года, а в ряде случаев составляют 8–9 месяцев. Пластинчатый теплообменник сам по себе является необходимым высокотехнологичным элементом рекуперативной установки теплообменник может быть оснащен рядом дополнительных элементов, существенно упрощающих дальнейшую внешнюю обвязку теплообменника собственными силами. К числу указанных дополнительных элементов (опций) принадлежат: байпасная секция, встраиваемая в тот же корпус, что и блок пластин теплообменника (сбоку от него или посередине); рециркуляционный клапан, обеспечивающий более эффективное регулирование теплопроизводительности. Рециркуляционный клапан монтируется в байпасной секции. Таким образом, помимо рекуперации тепла появляется возможность рециркуляции воздуха, регулируемой в пределах от 0 до 100 %. Необходимость использования указанных опций определяется условиями эксплуатации теплообменника. Байпас может устанавливаться как в теплом, так и в холодном плечах теплообменника. Установка байпаса в холодном плече диктуется условиями, способствующими обмерзанию теплообменника в зимний период. Байпас в теплом плече устанавливается, когда необходима реализация режима ночного выхолаживания, что характерно для регионов с резко континентальным климатом. Необходимость установки рециркуляционного клапана определяется условиями целесообразности совмещения между собой рекуперации тепла и рециркуляции воздуха (рекуперация + рециркуляция) [19].

Роторные теплообменники. Теплоутилизирующая насадка образована узкими треугольными каналами, изготовленными из тонкой фольги. Толщина насадки (в направлении воздушных потоков) составляет 200 мм, а высота воздушных каналов — от 1,9 до 2,4 мм, в зависимости от сферы применения. При таком геометрическом соотношении в воздушных каналах образуется ламинарное течение. Поставляются два типа роторов. Простой алюминиевый ротор, в котором теплоутилизирующая насадка выполнена из гладкого необработанного алюминия. В этом случае перенос влаги осуществляется

только при ее конденсации из теплого воздуха на стенках каналов. Часть влаги уносится потоком холодного воздуха. Конденсация вызывает увеличение падения давления и возникает только при наличии избыточного влагосодержания в воздушном потоке. При большой разности температур, что характерно для зимнего периода, эффективность переноса влаги может достигать 60 %. Простые алюминиевые роторы пригодны для рекуперации тепла и переноса влаги в системах вентиляции без механического охлаждения, т.е. в системах, предназначенных для работы в зимний период. Алюминиевый ротор со слоем силикагеля. В этом случае влагопоглощающие свойства слоя силикагеля позволяют осуществлять перенос влаги за счет процесса сорбции без конденсации. С падением разности температур эффективность переноса влаги снижается незначительно. Алюминиевые роторы со слоем силикагеля пригодны к эксплуатации в летний период, когда имеет место механическое охлаждение свежего воздуха. Принципиально возможна также поставка алюминиевых роторов с протравленным поверхностным слоем. Теплоутилизирующая насадка роторов данного типа изготавливается из металла с капиллярной структурой поверхности, которая образуется в результате химической обработки металла методом травления. В этом случае влага переносится за счет процесса сорбции совместно с ее конденсацией. При этом перенос влаги в основном осуществляется за счет конденсации. Процесс сорбции имеет гораздо меньшую интенсивность, вследствие чего перенос влаги в летний период невелик. В результате роторы с протравленным поверхностным слоем используются крайне редко, поскольку не отличаются высокой влагопоглощающей способностью ни зимой, ни летом [20,21].

Рассмотренные задачи, методы и средства рекуперации тепловой энергии в системах вентиляции имеют своей задачей существенное сокращение энергопотребления, а также снижение нагрузки на окружающую среду.

При наличии ряда положительных свойств роторных теплообменников следует отметить следующие их особенности, требующие внимательного

отношения к их монтажу и эксплуатации: наличие вращающегося ротора, обладающего значительной массой и проходящего на заводе-изготовителе как статическую, так и динамическую балансировку, предполагает тщательную регулировку положения агрегата по отношению к горизонтальной плоскости во избежание биения ротора и связанного с этим преждевременного износа опорных подшипников; ротор, представляющий собой теплоутилизирующую насадку, образованную узкими каналами значительной длины, в которых имеют место ламинарные воздушные потоки, уязвим по отношению к механическому загрязнению, что требует тщательного контроля за состоянием фильтров, устанавливаемых на входах, чтобы исключить возможность попадания загрязненного воздуха на ротор при разрыве фильтрующего материала.

Несмотря на повышенные габариты и эффективность, уступающую таковой для роторных теплообменников, пластинчатые теплообменники не связаны с указанными выше ограничениями, поскольку они не содержат движущихся частей и при наличии увеличенного размера между пластинами позволяют производить их чистку путем продувки сжатым воздухом либо промывки с использованием воды, различного рода детергентов и растворителей. Экономическая обоснованность применения рекуператоров вообще и пластинчатых теплообменников в частности более чем очевидна, поскольку она непосредственным образом зависит от температурного контраста. Чем больше разница температур воздуха снаружи и внутри здания, тем больше достигаемый экономический эффект. Единственным видимым препятствием к их широкому внедрению является опасность обмерзания. В связи с этим особое внимание следует обращать на проблемы обеспечения работоспособности и эффективности функционирования теплообменников с учетом особенностей их эксплуатации в суровых климатических условиях.

2.2 Разработкой рекомендаций по применению способов и инновационных устройств для рекуперации сбросного тепла. Кожухомультитеплотрубный теплообменник

Предлагаемое изобретение относится к теплоэнергетике и может быть использовано для проведения процессов теплообмена, в частности, для утилизации низкопотенциальной тепловой энергии.

Известен теплообменник, содержащий корпус, разделенный на полости (камеры охлаждения и нагрева) горячего и холодного газов (горячей и холодной среды), в которых происходит охлаждение горячего и нагрев холодного газов, плоским диском на вращающемся валу с размещенными на нем параллельно валу тепловыми трубами, состоящими из корпуса с расположенными в нем зонами испарения, транспорта (капиллярного материала-фитиля) и конденсации, частично заполненными рабочей жидкостью.

Основным недостатком известного теплообменника является необходимость подвода механической энергии для вращения вала, что снижает его эффективность и надежность.

Более близким к предлагаемому изобретению является мультитеплотрубный теплообменник, который содержит корпус, внутри которого расположены камера охлаждения, снабженная патрубками входа и выхода горячей среды, зона испарения которой состоит из испарительных гильз, размещенных в шахматном порядке, с внутренней поверхностью покрытой полосами капиллярного материала (фитиля), образующими между собой канавки, коллекторная камера со слоем фитиля, соединенная через отверстия с открытыми торцами испарительных гильз и полосами фитиля камеры охлаждения соответственно, камера нагрева, снабженная патрубками входа и выхода холодной среды, в которой зона конденсации состоит из конденсационных гильз, также размещенных в шахматном порядке со смещением своих осей относительно осей испарительных гильз, крышки

которых соединены с фитилем коллекторной камеры подъемными фитилями, проходящими через центр конденсационных гильз, не касаясь поверхности их внутренних стенок, соединенных с отверстиями в крышке коллекторной камеры, причем зона транспорта состоит из соприкасающихся между собой полос в испарительных гильзах камеры охлаждения, массива в коллекторной камере и подъемных в конденсационных гильзах камеры нагрева фитилей.

Основными недостатками известного мультитеплотрубного теплообменника являются сложность и громоздкость его конструкции, обусловленная наличием промежуточной коллекторной камеры и разделением тепловых труб на два элемента: испарительные гильзы и конденсационные гильзы, а также недостаточное предохранение от опасности образования паровой пленки на внутренней поверхности испарительных и конденсационных гильз, что снижает его эффективность и надежность.

Техническим результатом предлагаемого кожухомультитеплотрубного теплообменника является повышение эффективности и надежности.

Технический результат достигается в кожухомультитеплотрубном теплообменнике, который содержит корпус, внутри которого расположены камеры охлаждения и нагрева, снабженные патрубками входа и выхода горячего и холодного теплоносителей соответственно, отделенные друг от друга перегородкой, через отверстия в которой пропущены тепловые трубы, размещенные в шахматном порядке, каждая из которых снабжена подъемными фитилями, проходящими через их центры, соприкасаясь с их торцами и не касаясь поверхности внутренних боковых стенок, соединенных в торцах с решеткой, выполненной из полос капиллярного материала, образующих ячейки, которая покрывает внутренние боковую и торцевую поверхности тепловых труб, причем каждая из них делится снаружи перегородкой на зону испарения, находящуюся в камере охлаждения, и зону конденсации, находящуюся в камере нагрева.

На рисунке 2.1 приведен общий вид, рис. 2.2 - разрез, рисунки 2.3 и 2.4 - узел предлагаемого кожухомультитеплотрубного теплообменника (КМТТТО).

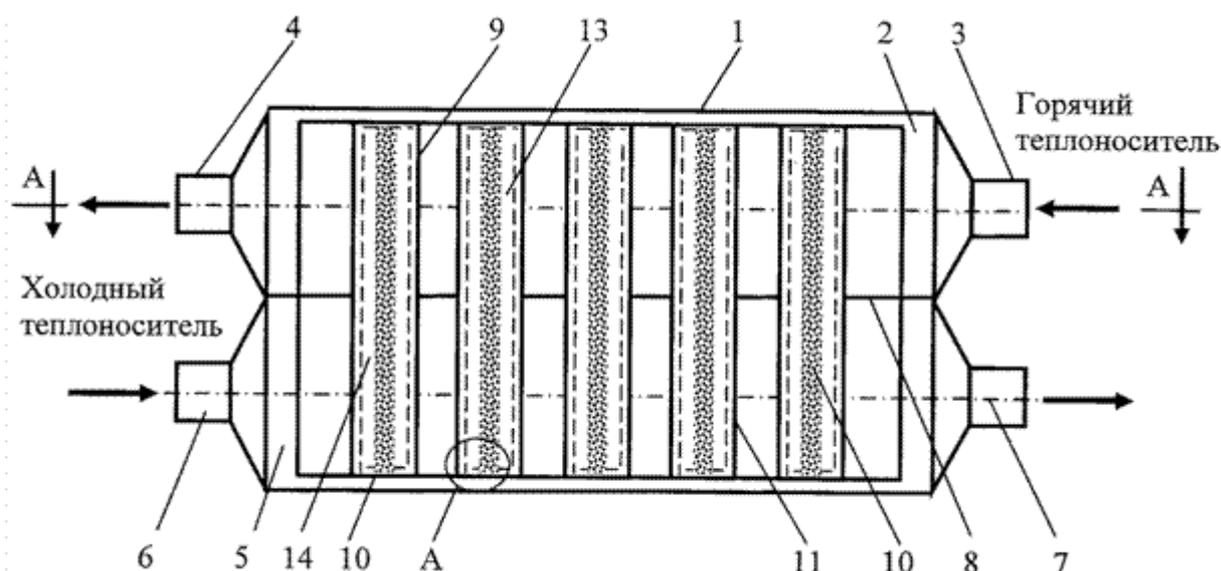


Рисунок 2.1 – Общий вид теплообменника: 1 – корпус; 2 – камера охлаждения; 3 – патрубок горячего теплоносителя; 4 – патрубок холодного теплоносителя; 5 – камера нагрева; 6 – патрубок входа; 7 – патрубок выхода; 8 – перегородка; 9 – тепловые трубы; 10 – подъемный фитиль; 11 – решетка; 12 – ячейки; 13 – зона испарения; 14 – зона конденсации.

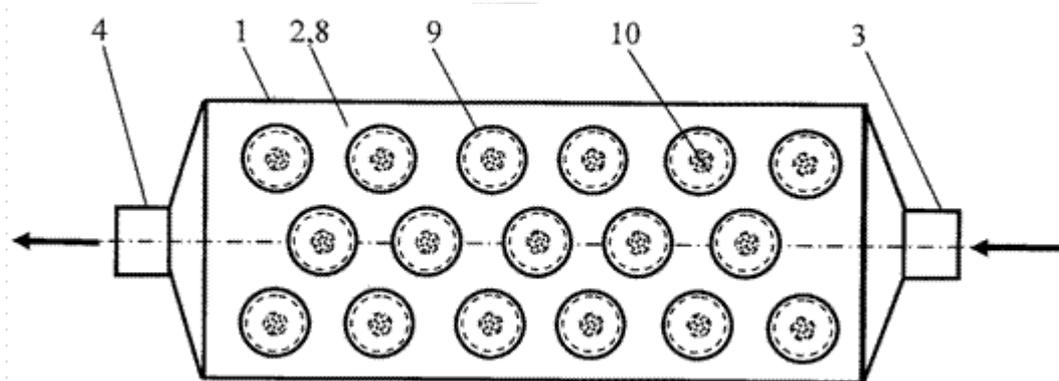


Рисунок 2.2 – Разрез А-А.

КМТТТО состоит из корпуса 1, внутри которого расположены камера охлаждения 2, снабженная патрубками входа и выхода горячего теплоносителя 3 и 4 соответственно, и камера нагрева 5, снабженная патрубками входа и выхода холодного теплоносителя 6 и 7 соответственно, отделенные друг от друга перегородкой 8, через отверстия в которой

пропущены тепловые трубы 9, размещенные в шахматном порядке, каждая из которых снабжена подъемными фитилями 10, проходящими через их центры, соприкасаясь с их торцами и не касаясь поверхности внутренних боковых стенок, соединенных в торцах с решеткой 11, выполненной из полос капиллярного материала, образующих ячейки 12, которая покрывает внутренние боковую и торцевую поверхности тепловых труб, причем каждая из них делится снаружи перегородкой 8 на зону испарения 13, находящуюся в камере охлаждения 2, и зону конденсации 14, находящуюся в камере нагрева 5.

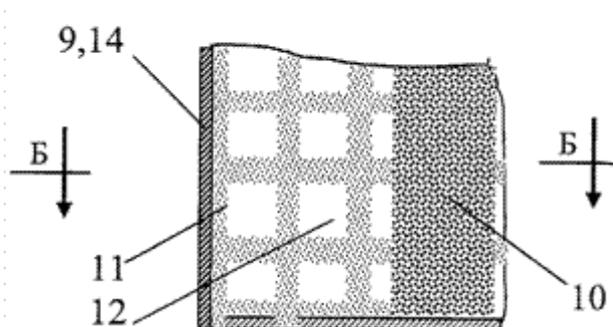


Рисунок 2.3 – Узел А

2.3 Схема работы предлагаемого устройства

Предварительно, перед началом работы из камер 2, 5 удаляют воздух и закачивают рабочую жидкость, которую выбирают в зависимости от температурного потенциала холодного и горячего теплоносителя до полного насыщения фитилей 10 и капиллярного материала решеток 11 (штуцера для удаления воздуха и подачи рабочей жидкости на фиг.1-4 не показаны), в количестве, достаточном для заполнения объема их пор и пара в паровом пространстве. После этого в камеру охлаждения 2 КМТТГО через патрубок 3 подают горячий теплоноситель (жидкость или газ), а в камеру нагрева 5 через патрубок 6 - холодный теплоноситель (жидкость или газ). Непрерывная циркуляция холодного и горячего теплоносителей обеспечивает интенсивный теплообмен рабочего тела (пара и жидкости) в камерах нагрева и охлаждения 10 и 2 с этими теплоносителями за счет создания в камерах 2 и 5 турбулентных потоков. При нагреве испарительных зон 13 тепловых труб 9, размещенных в

камере охлаждения 2, происходит испарение рабочей жидкости, находящейся в капиллярном материале решетки 11 и подъемных фитилях 10, которые транспортируют рабочую жидкость в зону испарения 13, предотвращают образование паровой пленки на внутренней поверхности испарительной зоны тепловых труб 9 и таким образом интенсифицируют процесс испарения. Процесс испарения протекает на внутренней поверхности испарительных зон 13 в ячейках 12, в результате чего образуется пар.

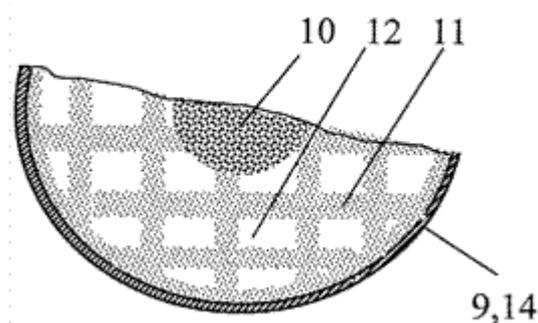


Рисунок 2.4 – Узел Б

Полученный пар по паровому пространству попадает в конденсационные зоны 14 тепловых труб 9, размещенные в камере нагрева 5, где конденсируется на их внутренней поверхности в ячейках 12, образовавшийся конденсат под действием капиллярных сил и сил тяжести поступает на их дно, поглощается подъемными фитилями 10, соединенными с решеткой 11, и подается в испарительную зону 13, после чего цикл повторяется. При этом процесс теплообмена с горячим и холодным теплоносителями протекает со скоростью, многократно превышающей скорость аналогичного процесса в обычных теплообменниках, обусловленной высокими значениями коэффициента теплопередачи в процессах испарения и конденсации, а покрытие решеткой из полос капиллярного материала боковых поверхностей и торцов тепловых труб по сравнению с покрытием их просто полосами пористого материала позволяет уменьшить толщину паровой пленки на теплообменной поверхности, что также интенсифицирует процесс теплопередачи [23,24,25].

Заключение

Одной из форм энергосбережения и создания оптимальных условий работы обслуживающего персонала, а также эффективного хранения техники на предприятиях сервиса является поддержание комфортного температурно-влажностного микроклимата. Для создания этих условий могут быть использованы приточно-вытяжные установки, к примеру кожухомультитеплотрубный теплообменник (КМТТТО).

Конструкция предлагаемого КМТТТО и использование решетки из полос капиллярного материала, образующих ячейки на внутренней поверхности тепловых труб, в совокупности с достоинствами известного мультитеплотрубного теплообменника позволяет:

- значительно упростить конструкцию теплообменника;
- повысить эксплуатационные характеристики, что позволяет использовать его в промышленных масштабах;
- обеспечить высокую эффективность и надежность, в том числе и при утилизации низкопотенциальной энергии уходящего вентиляционного газа и выбросов.

Список используемых источников

1. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты».
2. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1). Введен 17.06.2017. М.: Стандартинформ, 2017.
3. Кокорин, О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК) / О.Я. Кокорин. – М.: Проспект, 1999. – С. 28–36.
4. Старцева, Н.А. Интеллектуальные здания / Н.А. Старцева, В.А. Алексенцев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения.- 2010. - № 1. - С. 68-75.
5. Яременко, С.А. Системы вентиляции встроенно-пристроенных помещений жилых зданий как источник аэродинамического шума / С. А. Яременко // Жилищное строительство – Рекламно-издательская фирма "Стройматериалы" (Москва). - 2008. – Вып. № 7. - С. 22-23.
6. Скляр, К.А. Особенности расчета рациональных режимов работы местной и общеобменной вентиляции / К.А. Скляр, С.А. Колодяжный, С.И. Трусов, В.Р. Амирова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2011. - № 2. - С. 30-34.
7. Мелькумов, В.Н. Нестационарные процессы формирования системами вентиляции воздушных потоков в помещениях / В.Н. Мелькумов, С.Н. Кузнецов, А.В. Черемисин, К.А. Скляр // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. - 2007. - № 3-15. - С. 36-39.
8. Сушко, Е.А. Разработка методики расчета рациональных режимов систем вентиляции производственных помещений / Е.А. Сушко, К.Н. Сотникова, С.Л. Карпов // Научный вестник Воронежского государственного

архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 2. - С. 143-149.

9. Иванов О. П., Рымкевич А. А. Методика комплексной оценки эффективности использования утилизации тепла и холода в системах кондиционирования воздуха. // Холодильная техника. 1980. № 3. С. 34–38.

10. Промышленная вентиляция [Электронный ресурс] // Daikin: [сайт]. [2014]. URL: <http://www.daikin.ru/>

11. Приточные воздухообрабатывающие агрегаты [Электронный ресурс] // Systemair: [сайт]. [2014]. URL: <http://www.systemair.com/>

12. Приточно-вытяжная вентиляционная установка с рекуперацией тепла [Электронный ресурс] // Ecotherm: [сайт]. [2014]. URL: <http://www.ecotherm.ru/>

13. Колюнов О. А, Иванов О. П. Энергосбережение в системах вентиляции и кондиционирования за счет применения утилизации теплоты удаляемого воздуха. // Холодильная и криогенная техника. 2003. № 1. С. 16–19.

14. Основы современной энергетики [Текст]: учеб.: в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. – Т.1:

15. Золотонос, Я.Д. Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет: Монография / Я.Д. Золотонос, А.Г. Багоутдинова, А.Я. Золотонос. - СПб.: Лань, 2018. - 272 с.

16. 11. Маринюк, Б. Расчеты теплообмена в аппаратах и системах низкотемпературной техники / Б. Маринюк. - М.: Машиностроение, 2015. - 272 с.

17. Исследование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергией. Каратаева Е.С., Казанцева Н.С. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 320-321.

18. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов, ч.2 М: Химия, 2005. 400 с.

19. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 260 с

20. Справочник по теплообменникам: в 2-х т. / пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-Т.2. – 352 с.

21. Теплообменники энергетических установок: учебник для вузов / К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин и др.; под ред. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: Сократ, 2003. – 986 с.

22. Пат. 2465530 Российская Федерация МПК F28D Кожухомультитеплотрубный теплообменник / В.С. Ежов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). – 2010125713/06; заявл. 23.06.2010; опубл. 27.10.2012, Бюл. №30.

23. А.Н.Плановский, П.И.Николаев. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987, с.146.

24. В.В.Харитонов и др. Вторичные теплоэнергоресурсы и охрана окружающей среды. - Минск: Высш. школа, 1988, с.106.

25. Тепловые трубы и теплообменники: от науки к практике. Сборник научн. трудов. М., 1990, с.22.