

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные	6
1.1 Климатические данные района строительства	6
1.2 Параметры внутреннего воздуха.....	7
1.3 Архитектурно-планировочное описание объекта	7
1.4 Характеристика технологических процессов, осуществляемых в здании	8
1.5 Технические условия подключения к существующим инженерным коммуникациям	9
2 Аналитический обзор.....	10
2.1 Аналитический обзор литературы	10
2.2 Патентный поиск.....	16
3 Теплотехнический расчет.....	26
3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	26
3.2 Проверка внутреннего ограждения конструкции на вероятность выпадения конденсата	29
3.3 Определение теплотерь здания	30
3.4 Определение теплоступлений в здание	32
3.5 Тепловой баланс	35
4 Проектирование системы отопления и вентиляции	37
4.1 Конструирование системы отопления	37
4.2 Тепловой расчет нагревательных приборов.....	37
4.3 Гидравлический расчет двухтрубной системы отопления.....	41
4.4 Определение требуемых воздухообменов.....	44
4.5 Воздушный баланс	46
4.6 Выбор принципиальных решений и конструирование.....	47
4.7 Аэродинамический расчет	49
4.8 Расчет и подбор оборудования	53

5 Автоматизация.....	56
5.1 Описание системы автоматизации.....	56
5.2 Подбор основного оборудования теплового пункта.....	58
6 Техничко-экономические показатели.....	66
Заключение.....	68
Список используемых источников.....	69

Введение

Актуальность. В последние годы все чаще используются пазогребневые плиты в качестве внутренних перегородок. Потому что они отличаются простотой монтажа, легкостью, дешевизной, экологичностью и паропроницаемостью, они отлично поддаются обработке и не осуществляют значительных нагрузок на перекрытия здания.

Актуальностью строительства нового завода по производству пазогребневых плит является насыщение рынка данной продукцией и создание новых рабочих мест.

Объект исследования: системы создания микроклимата.

Предмет исследования: параметры микроклимата при производстве и хранении пазогребневых плит.

Цель исследования: проанализировать и выполнить расчет систем обеспечения микроклимата с учетом требований к производству и хранению пазогребневых плит.

Методы исследования: в процессе работы были применены аналитический метод исследования, анализ нормативно-технической документации.

Научная новизна исследования: завод по производству пазогребневых плит со складом готовой продукции в г. Екатеринбург.

Практическая значимость работы состоит в том, что в данной работе запроектированы системы отопления и вентиляции, подобрано оборудование, которое сможет обеспечить требуемые параметры внутреннего воздуха для комфортного пребывания человека в производственном здании.

Личное участие автора в организации и проведения исследования состоит в сборе исходных данных для проектирования; выполнении аналитического обзора нормативной документации, относящейся к созданию системы обеспечения микроклимата в производственных зданиях, выполнении патентного поиска по объекту – воздушно-тепловая завеса; выполнении теплотехнического расчета ограждающих конструкций,

определении теплопотерь и теплопоступлений по зданию; проектировании системы обеспечения микроклимата; подборе оборудования теплового пункта, выполнение технико-экономическое обоснование принятым решениям.

Апробация работы: основные положения работы изложены в двух публикациях:

1. Эффективное кондиционирование производственных помещений с повышенной тепловой / М.Н. Кучеренко, Е.Д. Гуляева // «Студенческие Дни науки в ТГУ» : научно-практическая конференция (Тольятти, 2–27 апреля 2018 года) : сборник студенческих работ / отв. за вып. С.Х. Петерайтис. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – с. 17-19.

2. Эффективное использование теплоты удаляемого воздуха в системе вентиляции посредством применения рекуператора / Е.Д. Гуляева // Инновационное развитие: технический и технологический аспекты: сборник статей Международной научно-практической конференции (1 июня 2019 г, г. Таганрог). - Уфа: Аэтерна, 2019. – с. 19-22.

На защиту выносятся:

1. Результаты аналитического обзора нормативной документации;
2. Результаты патентного поиска по объекту воздушно-тепловая завеса;
3. Принципиальные решения по системам отопления и вентиляции;
4. Техничко-экономическое обоснование принятых проектных решений.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, содержит 5 рисунков, 25 таблиц и списка используемой литературы (37 источников) Работа изложена на 72 страницах машинописного текста, графическая часть диссертации изложена на 10 листах.

1 Исходные данные

1.1 Климатические данные района строительства

Данные по параметрам наружного воздуха в холодный и теплый период года, для г. Екатеринбург, принимаем по СП [1], и сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Климатические данные района строительства

Параметры наружного воздуха	Условное обозначение	Ед. изм.	Значение
1	2	3	4
Холодный период (по параметру Б)			
Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	t_n	°С	– 32
Количество дней со среднесуточной температурой наружного воздуха меньше 8 °С	$Z_{от.пер}$	сут	221
Средняя температура периода, в котором температура наружного воздуха меньше 8 °С	$t_{от.пер}$	°С	– 9,2
Средняя скорость ветра м/с, за период со среднесуточной температурой воздуха 8 °С	v	м/с	4.0
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	φ	%	84
Теплый период (по параметру А)			
Барометрическое давление	B	Па	982
Температура воздуха с обеспеченностью 0,95	t	°С	23
Удельная энтальпия наружного воздуха	I	кДж/кг	50
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца	φ	%	69
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	v	м/с	2,7

1.2 Параметры внутреннего воздуха

На проектируемом объекте имеются складское и производственное помещения, параметры внутреннего которых определяются по ГОСТ [2]:

В холодный период года температура воздуха в производственных помещениях:

$$t_{вн} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$v = 0,2 \text{ м/с.}$$

В холодный период года температура воздуха на складе готовой продукции:

$$t_{вн} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$v = 0,2 \text{ м/с.}$$

В теплый период года температура воздуха в помещениях:

$$t_{вн} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$v = 0,3 \text{ м/с.}$$

1.3 Архитектурно-планировочное описание объекта

Завод по производству пазогребневых плит со складом готовой продукции расположен в промышленной зоне г. Екатеринбург. Размеры в плане 147 x 72 м, площадь застройки 9850 м², строительный объем 59100 м³. Фасад здания ориентирован на юг. Высота этажа 8 м. В осях Г-З, 1-25 располагается производственный цех, в осях А-Г, 1-25 склад готовой продукции.

Здание одноэтажное, стены выполнены из сэндвич-панели, бесчердачное, технический этаж отсутствует. В помещениях запроектированы окна из ПВХ профиля.

Тепловой пункт с вентакмерой расположен в осях Е-Д, 1-2. Вентиляция здания осуществляется за счет вентиляционных установок канальной серии.

1.4 Характеристика технологических процессов, осуществляемых в здании

Гипсовое вяжущее из расходного бункера подают с помощью питателя в весовой дозатор гипсового вяжущего. Из дозатора гипсовое вяжущее направляют в гидродинамический смеситель. Предварительно в смеситель подают воду и добавки в заданных количествах.

В смесителе, оснащённом перемешивающими устройствами и высокоскоростными активаторами производят перемешивание гипсового раствора. По окончании процесса перемешивания с помощью поворотного механизма, раствор заливают в блок - форму формовочного агрегата. Блок - форма является формообразующей частью формовочного агрегата и представляет собой прямоугольную конструкцию, разделённую перегородками и планками на секции по количеству одновременно получаемых пазогребневых плит. В блок – форме осуществляется управляемое схватывание и твердение гипсового раствора. По достижении заданной прочности с помощью специального устройства производят формование верхней грани плиты.

После завершения формования верхней грани плиты, с помощью гидравлического привода производят выталкивание плит из отсеков блок – формы. Извлеченные из блок - формы плиты, с помощью манипулятора устанавливают на сушильные вагонетки по заданной схеме.

Сушильные вагонетки, загруженные отформованными плитами, направляют в сушило. В сушило, по заданному режиму осуществляется подача теплоносителя. Пазогребневые плиты проходя по каналу сушила обезвоживаются до заданного значения влажности.

После завершения процесса сушки и выхода из сушила, плиты перегружаются с вагонеток грейферным захватом на роликовый транспортёр и доставляются к участку укладки на поддоны и/или упаковки.

В случае надобности возможна поставка автоматической установки для упаковки пакетов ППП в стретч-плёнку или в термоусадочную плёнку.

С помощью вилочного погрузчика штабеля пакетов ППП транспортируются к участку складирования или непосредственно на станцию отгрузки.

Высушенные плиты транспортируют на склад готовой продукции, где выдерживают до достижения температуры окружающей среды.

Плиты подвергают приёмочным испытаниям и отгружают потребителям.

1.5 Технические условия подключения к существующим инженерным коммуникациям

Теплоснабжение производственного цеха и склада готовой продукции выполнено от стационарной котельной. В качестве теплоносителя используется теплофикационная вода с расчетным перепадом температур 95-70° С.

Подключение внутренней системы теплоснабжения осуществляется посредством блочного теплового пункта (БТП) заводской готовности производства ООО «ТОР ТЗПО». БТП состоит из модуля ввода, модуля системы отопления и модуля системы вентиляции.

Выводы по разделу 1

1. Произведен сбор исходных данных климатических данных района строительства;
2. Определены параметры внутреннего воздуха для производственного и складского помещения;
3. Выполнено архитектурно-планировочное описание объекта;
4. Описана характеристика технологических процессов, осуществляемых при производстве пазогребневых плит.

2 Аналитический обзор

2.1 Аналитический обзор литературы

В производственных зданиях температура внутреннего воздуха в холодный период года принимается 15°C . Для поддержания заданной температуры в холодный период года, должна быть предусмотрена система отопления. Параметры ее работы должны учитывать особенности конструктивных элементов здания и быть увязаны с работой других инженерных систем, прежде всего, с рабочими параметрами системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Согласно ТУ 5742-001-04001462-2006 [3] цеха по производству плит гипсовых пазогребневых необходимо оборудовать общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением по ГОСТ 12.4.021-75 [4], местными отсосами, а также аварийной системой вентиляции с механическим побуждением.

Хранение плит гипсовых пазогребневых должно осуществляться в помещении с сухим и нормальным влажностным режимом, отдельно по типам, с соблюдением требований техники безопасности и сохранности продукции. Срок хранения при соблюдении данных требований не ограничен [3].

При производстве пазогребневых плит используется сушильная камера, которая выделяет значительное количество тепла в производственное помещение.

Эти тепловыделения, как правило, больше теплотерь. Согласно санитарным нормам, производственные помещения с избытками явного тепла при теплонапряженности более 20 ккал/м^3 в 1 ч относят к помещениям со значительными тепловыделениями.

Одной из сложнейшей и основной задачей при проектировании системы вентиляции является расчет теплового баланса, т.е. поступающего и уходящее из рабочей зоны тепла.

Вентиляция с механическим побуждением, сочетающаяся с аэрацией, является одним из способов борьбы с избытками явной теплоты в производственных помещениях. [5]

Применяется аэрация для производственных помещений с большими теплопоступлениями. Аэрация способствует не только удалению большого количества тепла, но так же вредных газов и паров. Для аэрации здания используются проемы со специальными фрамугами. Аэрационные проемы находятся в стене на двух уровнях. Первый - на высоте 1 - 1,5 м от пола, второй - на высоте 4 - 6 м от пола.

Для удаления аэрационного воздуха в перекрытии оборудуются застекленные светоаэрационные фонари, проемы которых снабжены фрамугами, способными открываться на необходимую величину.

В теплый период года наружный воздух поступает в открытые нижние проемы и удаляется через верхние. В холодный период года наружный воздух поступает через верхние проемы. Высота верхнего проема определяется расчетом, чтобы поступающий холодный воздух успевал нагреваться до нормируемой температуры рабочей зоны, путем перемешивания с внутренним воздухом. Такая схема воздухообмена исключает переохлаждение работников.

Количество поступающего и удаляемого воздуха регулируется углом положения створок фрамуг. Расчетом определяется площадь проемов для аэрации. Расчет производится для самого неблагоприятного для аэрации летнего периода при безветрии.

Под действием ветра воздухообмен усиливается, что сказывается благоприятно. Но так же может происходить и задувание через верхние проемы. Чтобы исключить задувание используют незадуваемые фонари с ветрозащитными щитами.

Так же приточный воздух можно охлаждать, путем установки в приточные проемы форсунки, которые предназначены для тонкого распыления воды. При испарении воды, температура понижается, а влажность

воздуха немного увеличивается. Такой способ охлаждения обычно применяется в южных регионах нашей страны.

Помещения, в которых применяется аэрация должны отвечать определенным архитектурно-строительным требованиям. По периметру здания не допускается расположение оборудования и других препятствующих воздухообмену предметов, т.к. это затруднит поступление воздуха через аэрационные фонари.

Лучшие аэрационные условия создаются в одноэтажных достаточно высоких зданиях. Возможно размещение аэрируемых цехов в верхних этажах многоэтажных зданий.

Здания, у которых ширина больше ста метров, проектирование аэрации затруднительна, поскольку подача свежего воздуха в центр помещения практически невозможна. Для этого применяют аэрационные незадуваемые фонари конструкции Батурина. Но при этом нужно учитывать, что в зимнее время в многопролетных зданиях с большими избытками тепла, в которых применяется аэрация с притоком через отверстия в кровле, может привести к переохлаждению рабочей зоны. И поэтому нужно предусмотреть вентиляцию с механическим побуждением и нагревом воздуха.

Для возможности управления аэрацией устраиваются надежные механизмы. Преимущество аэрации заключается в возможности осуществления больших воздухообменов без затрат электрической энергии на привод вентиляторов. Устройство системы аэрации дешевле механических систем вентиляции. Однако системы аэрации значительно сложнее в управлении, так как эффективность их работы во многом зависит от метеорологических условий: скорость ветра, его направление, температура внутри и снаружи здания влияют на величину воздухообмена. В результате этого в летнее время эффективность проветривания может значительно снижаться вследствие повышения температуры наружного воздуха, особенно в безветренную погоду. При аэрации не всегда бывает возможно осуществить подачу свежего воздуха на все рабочие места, особенно отдаленные.

Стоит отметить, что использование аэрации не всегда допустимо, так как помимо тепловых избытков удаляемый воздух может содержать вредные пары, газы, аэрозоли, который недопустимо выбрасывать в атмосферу без предварительной очистки, а аэрация не предусматривает очистку воздуха. [5]

Согласно СП 60.13330.2012 [6] в производственных помещениях горячих цехов при облучении с поверхностной плотностью лучистого теплового потока 140 Вт/м² и более следует предусматривать охлаждающие панели или душирование рабочих мест воздухом; температуру и скорость движения воздуха на рабочем месте следует принимать по приложению Г. В помещениях для отдыха рабочих горячих цехов следует принимать температуру воздуха 20 °С в холодный период года и 23 °С - в теплый период года.

Применение систем воздушного душирования совместно с системами другого назначения недопустимо.

Концентрацию вредных веществ в приточном воздухе при выходе из воздухораспределителей и других приточных отверстий следует принимать по расчету с учетом фоновых концентраций этих веществ в местах размещения воздухоприемных устройств, но не более 30% ПДК в воздухе рабочей зоны. [6].

Если в теплый период года системой вентиляции не может быть обеспечены требуемый параметры микроклимата без охлаждения воздуха, то допускается использование системы кондиционирования в пределах допустимых норм.

Свод правил [6] регламентирует: «Системы кондиционирования, а также системы приточной общеобменной вентиляции, предназначенные для круглосуточного и круглогодичного обеспечения требуемых параметров воздуха в общественных и производственных помещениях, следует предусматривать не менее чем с двумя установками. При выходе из строя одной из установок необходимо обеспечить не менее 50% требуемого расхода воздуха (но не менее расхода воздуха, необходимого для

обеспечения санитарных норм или норм взрывопожаробезопасности). При этом допускается снижение температуры воздуха в помещении (но не менее 12 °С) в холодный период года. При наличии технологических требований или по заданию на проектирование для поддержания требуемых параметров воздуха допускается предусматривать установку резервных кондиционеров или вентиляторов, или электродвигателей» [6].

Приемные устройства наружного воздуха не допускается размещать на расстоянии менее 8 м по горизонтали от мест сбора мусора, интенсивно используемых мест парковки для трех автомобилей и более, дорог с интенсивным движением, погрузо-разгрузочных зон, систем испарительного охлаждения, верхних частей дымовых труб, мест выброса вытяжного воздуха и мест с выделениями других загрязнений или запахов. Приемные устройства наружного воздуха, расположенные: - в верхней части здания при одинаковой концентрации загрязнений с обеих сторон здания - следует размещать с наветренной стороны; - на открытых местах, вблизи крыш или стен - следует защищать от перегрева воздуха в теплый период года.

Воздухозабор необходимо осуществлять на высоте более одного метра устойчивого снегового покрова, но не ниже чем на два метра от уровня земли.

В производственные помещения приточный воздух следует подавать в рабочую зону из воздухораспределителей:

- а) горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой воздухораздаче;
- б) наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 3 м и более от пола;
- в) вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более от пола.

При незначительных избытках теплоты приточный воздух допускается подавать из воздухораспределителей (в том числе перфорированных), расположенных в верхней зоне производственных помещений.

В помещениях с выделениями пыли приточный воздух следует, как правило, подавать струями, направленными сверху вниз из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне.

Не допускается перетекание воздуха из зон с большим загрязнением в зоны с меньшими, поэтому приточный воздух необходимо подавать не нарушая данное требование и работу местных насосов. Так же свежий воздух необходимо подавать на постоянные рабочие места, если они находятся рядом с источником вредных выделений, а организация местных отсосов невозможна.

Удалять воздух из помещения нужно из наиболее грязненных зон или из зон, где температура воздуха наиболее высокая. Удаление воздуха из нижней зоны осуществляется в помещениях в которых отсутствуют тепловыделения, а вредностями являются пыль и аэрозоли.

В производственных помещениях с избытками явной теплоты, вредными выделениями в виде паров и газов, воздух удаляется из верхней зоны. Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вытяжной вентиляции из верхней зоны помещения следует размещать:

- а) под потолком или покрытием, но не ниже 2 м от пола до низа отверстий - для удаления избытков теплоты, влаги и вредных газов;
- б) не ниже 0,4 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий - для удаления взрывоопасных смесей газов, паров и аэрозолей (кроме смеси водорода с воздухом);
- в) не ниже 0,1 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий в помещениях высотой 4 м и менее или не ниже 0,025 высоты помещения (но не более 0,4 м) в помещениях высотой более 4 м - для удаления смеси водорода с воздухом.

Вытяжные устройства для удаления загрязненного воздуха из нижней зоны общеобменной вентиляцией должны быть не выше тридцати сантиметров от пола до низа отверстий.

Воздух удаляемый местными отсосами, находящиеся в рабочей зоне, необходимо учитывать как удаление воздуха рабочей зоны.

Согласно [7] во входах в здания в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 15 °С и ниже следует предусматривать устройство тамбуров-шлюзов или воздушно-тепловых завес.

2.2 Патентный поиск

Описание объекта патентного поиска

Воздушно - тепловая завеса – это оборудование, предназначенное для того, чтобы разделять различные тепловые зоны. Создавая мощный тепловой поток, тепловая завеса отделяет холодную среду от теплой. Поэтому в помещении, где установлены тепловые завесы, всегда сохраняется комфортный микроклимат.

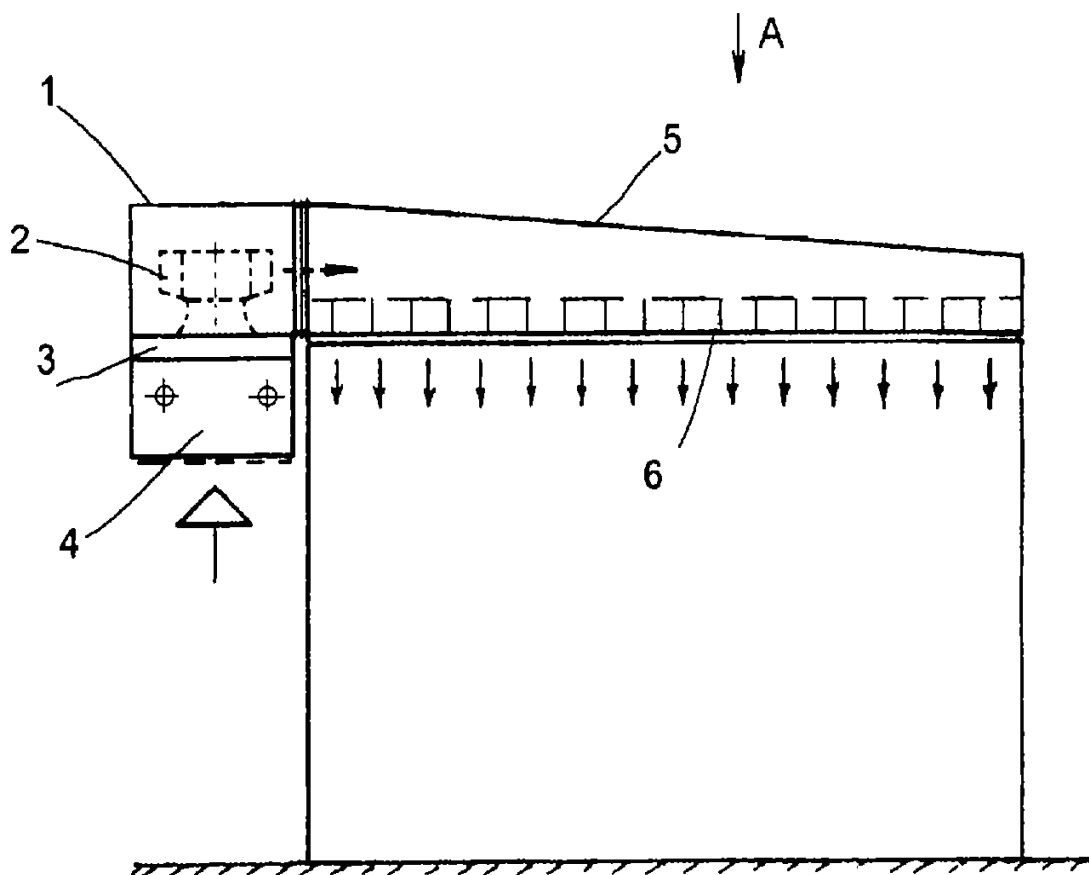
Как правило, воздушные завесы устанавливаются на входе в помещение, чтобы свести к минимуму теплообмен между улицей и внутренними залами. Благоприятный микроклимат в здании – это не единственное преимущество, которым обладают тепловые воздушные завесы. Установка этого оборудования ведет к значительному снижению энергозатрат на обогрев помещений. Современный диапазон тепловых завес позволяет выбрать оптимальную модель для любого типа зданий.

Создание более совершенных устройств воздушно-тепловых завес особенно необходимо в случае проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха для новых высокотехнологичных производств. В связи с этим необходимо провести патентные исследования, чтобы установить достигнутый уровень и тенденции развития воздушно-тепловых завес.

Описание объекта

Воздушно-тепловая завеса представляет собой соединение блоков, таких как вентиляторный, нагревательный и раздаточный. Раздаточный блок состоит из участков воздуховода, содержащий распределительную решетку, которая формирует струю. Нагревательный блок находится в кожухе, оснащенным калорифером. Вентиляторный блок состоит из корпуса с канальным вентилятором с электроприводом.

Техническим результатом изобретения является снижение потребляемой энергии и уменьшение габаритов.



1- кожух вентилятора, 2 - вентилятор, 3- канальный радиатор, 4- решетка, 5- кожух завесы,
6- распределительная решетка

Рисунок 1 – Воздушно-тепловая завеса

Формирование программы исследования

Определение категории объекта

Воздушно-тепловая завеса характеризуется: элементами и их взаимосвязью, и формой исполнения элементов. Все это является признаками устройства, следовательно, Воздушно-тепловая завеса является устройством.

Выявление технических решений, подлежащих исследованию

Исследуемый воздухораспределитель содержит следующие технические решения:

- а) Воздушно-тепловая завеса – устройство в целом;
- б) основные узлы и детали;
- в) принцип работы;
- г) использование воздушно-тепловой завесы по другому назначению.

Вывод: в качестве объекта исследования выбираем пункт:

а) Воздушно-тепловая завеса – устройство в целом.

Определение стран поиска

Исследуемое устройство относится к разделу «Отопление и вентиляция». В этой области ведущими странами являются Россия (СССР), США, ФРГ, и другие.

Установление глубины поиска

Для определения достигнутого уровня и тенденций развития техники патентные исследования проводятся с ретроспективностью 20 лет, т.е. с 2000 г. до 2020г.

Выбор источников информации

Источниками информации могут служить: бюллетени изобретений, реферативные журналы «Изобретения стран мира», полное описание изобретений к авторскому свидетельству или патенту, информационные ресурсы сайта www.fips.ru.

Такой объем и вид патентной документации достаточен для проведения исследований достигнутого уровня развития вида техники «Воздушно-тепловая завеса».

Определение классификационных рубрик МПК

Для определения рубрики МПК7 предмета поиска (Воздушно-тепловая завеса), определяем ключевое слово. За ключевое слово принимаем слово «завеса». Далее по алфавитному предметному указателю определяем предположительную рубрику:

раздел F – Механика; Освещение; Отопление;

класс F24 – отопление и вентиляция, печи и плиты;

подкласс F24F – кондиционирование воздуха; увлажнение воздуха; вентиляция; использование воздушных потоков для экранирования;

группа F24F 9/00 – Применение воздушных потоков для экранирования, например, воздушные завесы.

Регламент поиска

Оформляем регламент поиска в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Регламент поиска

Объект Воздушно-тепловая завеса

Вид исследований: Исследование достигнутого уровня развития вида техники

Дата проведения поиска: с 1.10.2019 до 15.11.2019.

Предмет поиска	Страна поиска	Индекс МПК	Ретроспективность	Источник информации
1	2	3	4	5
Воздушно-тепловая завеса	Россия (СССР),	F24F 9/00	20 лет	Бюллетень изобретений и полезных моделей
				Научно-технические журналы
				Описания к авторским свидетельствам и патентам
				Сайт: www.fips.ru

Патентный поиск

Цель: обеспечение достаточной полноты и достоверности исследования достигнутого уровня развития техники «Воздушно-тепловой завесы» путем тщательного отбора и исследования патентной документации.

Научно-техническая документация

Научно-техническая информация представлена в таблице 3.

Выбор патентно-технической документации

Поскольку исследуемый объект (воздушно-тепловая завеса) относится к небольшому числу классификационных рубрик, выбираем тематический вид поиска. Производим отбор патентно-технической документации, имеющей отношение к исследуемому объекту и сводим найденные сведения в таблицу 3

Таблица 3 – Научно-техническая документация, отобранная для анализа

Предмет поиска	Автор(ы), УДК	Наименование	Сущность технического решения
1	2	3	4
1. Воздушно-тепловая завеса	Б.М.Торговников В.Е.Табачник Е.М.Ефанов 697.9 (035.8)	Проектирование промышленной вентиляции: Справочник/ Б.М.Торговников ,В.Е.Табачник, Е.М.Ефанов – Киев : Будівельник , 1983-256с.	Количество калориферов , размеры воздухораздаточного короба , мощность вентилятора
2. Воздушно-тепловая завеса	В.П. Титов Э.В.Сазонов Ю.С.Краснов В.И.Новожилов 697.911 (075.8)	Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: Учеб.пособие для ВУЗов/ В.П. Титов, Э.В.Сазонов, Ю.С.Краснов, В.И.Новожилов.- М.: Стройиздат,1985-208с.	Применение шиберов , способ подачи воздуха
3. Воздушно-тепловая завеса	Н.Н.Павлов и др. 697.9 (035.5)	Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2/Б.В.Баркалов, Н.Н.Павлов,С.С.Амирджанов,и др.; Под.ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера.- 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1992-416с.	Применение различных теплоносителей , автоматизация

Таблица 4 – Патентная документация, отобранная для патентного анализа

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Автор, страна, дата приоритета, дата публикации, название	Сущность изобретения, цель его создания или технический результат	Подлежит (не подлежит) исследованию
1	2	3	4	5
1. Воздушно-тепловая завеса	Россия (11) 2213911 (51) F24F 9/00	Караджи В.Г., Московко Ю.Г. Россия 13.11.2001 20.06.2003 Воздушно-тепловая завеса	«Изобретение относится к области вентиляции, в частности к воздушно-тепловым завесам. Воздушно-тепловая завеса содержит соединенные между собой вентиляторный, нагревательный и раздаточный блоки, раздаточный блок содержит воздуховод с участками, оснащенными средствами формирования струи, нагревательный блок размещен в корпусе и оснащен калорифером, вентиляторный блок содержит размещенный в корпусе канальный радиальный вентилятор, оснащенный энергоприводом, рабочим колесом, расположенным между основным и покрывным дисками, всасывающим патрубком с криволинейным профилем в меридиональном сечении, кольцевым кожухом, охватывающим рабочее колесо и выполненным с двумя кромками, одна из которых перекрывает часть лопаток рабочего колеса на величину d не менее $0,01$ их ширины h со стороны покрывного диска и отстоит от указанных лопаток на расстояние d_1 не менее $0,01$ диаметра D рабочего колеса, а другая кромка расположена над внутренней поверхностью покрывного диска с образованием конфузорного кольцевого зазора между внутренними поверхностями кольцевого кожуха и покрывного диска на входе в рабочее колесо, но, в отличие от наиболее близкого аналога, нагревательный блок соединен с всасывающим патрубком вентилятора, корпус вентиляторного блока выполнен с, по меньшей мере, одним вырезом на боковой панели, одна из кромок контура которого смещена в сторону основного диска не ближе, чем до уровня кромки кольцевого кожуха со стороны покрывного диска рабочего» [31].	Подлежит

1	2	3	4	5
			«колеса, другая кромка расположена в промежутке между основным диском и торцевой поверхностью корпуса вентилятора, а соответствующий воздуховод совмещен с корпусом вентиляторного блока по контуру указанного выреза. Техническим результатом изобретения является снижение потребляемой энергии и уменьшение габаритов» [31].	
2. Воздушно-тепловая завеса	Россия (11) 38903 (51) F24F 9/00	Шелехов И.Ю. Степанов В.С. Тюменцев В.А. Денисихина Д.М. Россия 25.12.2003 10.07.2004 Воздушно-тепловая завеса	«Воздушно-тепловая завеса, содержащая корпус с защитными решетками, отражатель, систему вентиляции, нагреватели и термовыключатель, отличающаяся тем, что завеса содержит дополнительные отражатели, количество которых зависит от длины завесы, и систему управления ориентацией отражателей, включающую шток, на котором укреплены дополнительные отражатели и капиллярные трубки, выведенные в отверстия, выполненные в основании корпуса и укрепленные вдоль проемов дверей, а система вентиляции содержит два вентилятора, установленных в боковых стенках корпуса, а в стороне, противоположной основанию, установлены жалюзи, к которым прикреплены биметаллические регуляторы» [32].	Подлежит
3. Воздушно-тепловая завеса	Россия (11) 31278 (51) F24F 9/00	Пестерев Ю.Г., Теплых В.А. Россия 18.03.2003 27.07.2003 Воздушно-тепловая завеса	«1. Воздушно-тепловая завеса, содержащая вентиляторный агрегат и соединенный с ним нагревательный блок, размещенные в корпусе с отверстиями для забора и выхода воздуха, и вентиляторный агрегат состоит из вентилятора и привода, отличающаяся тем, что нагревательный блок состоит из двух частей, каждая из которых представляет собой установленный внутри патрубка объемный нагреватель, выполненный в виде тонкого протяженного нагревательного элемента из резистивного материала, зигзагообразно закрепленного между двумя изолирующими пластинами,» [33]	Подлежит

1	2	3	4	5
			«установленными внутри патрубка параллельно воздушному потоку, а вентиляторный агрегат состоит из приводного электродвигателя и двух связанных с ним центробежных вентиляторов, каждый из которых соединен с одной из частей нагревательного блока . 2. Воздушно-тепловая завеса по п.1, отличающаяся тем, что входные сечения патрубков нагревательного блока больше их выходных сечений. 3. Воздушно-тепловая завеса по пп.1 и 2, отличающаяся тем, что поворотная решетка установлена в отверстии для выхода воздуха в корпусе воздушно-тепловой завесы» [33].	
4. Воздушно-тепловая завеса	Россия (11) 28911 (51) F24F 9/00	Жиров П.Г., Казачек Е.С. Россия 14.11.2002 20.04.2003 Воздушно-тепловая завеса	«Воздушно-тепловая завеса содержит корпус, нагревательные элементы, всасывающий и нагнетающий патрубки и размещенный между ними вентилятор барабанного типа, а также коммутационные устройства, входящие в систему управления, рассчитанную на возможность работы полной или частичной мощности нагрева или без него, отличающаяся тем, что система управления нагревательными элементами выполнена в виде пульта дистанционного управления, содержащего замыкатели управляющих сигналов, связанные с оптопарами, воздействующими на исполнительные органы, выполненные в виде симисторов» [34].	Подлежит
5. Воздушно-тепловая завеса	Россия (11) 2307291 (51) F24F 9/00	Звездин Л.Н. Россия 06.03.2006 27.09.2007 Воздушно-тепловая завеса	«Воздушно-тепловая завеса состоит из корпуса с цилиндрическим и плоским участками, тангенциального колеса вентилятора, установленного в корпусе, привода, электронагревательных элементов, закрепленных на боковых перегородках корпуса, направляющей потоков воздуха, установленных в корпусе, рассекателя потоков, причем корпус между цилиндрическим и плоским участками выполнен криволинейного профиля, ось тангенциального колеса смещена в сторону плоского участка корпуса, электронагревательные элементы закреплены на боковых перегородках корпуса соосно цилиндрическому участку корпуса, направляющая потоков закреплена на боковых перегородках корпуса и выполнена в виде Г-образного элемента. Технический результат - технологичность конструкции и повышение теплоотдачи устройства» [35].	подлежит

Оценка преимуществ и недостатков аналогов

Чтобы определить достигнутый технический уровень объекта техники, необходимо из множества показателей качества этого объекта техники выделить основные технические характеристики (показатели) и провести их сопоставление с показателями лучших аналогов с учетом технико-экономических показателей. Лучший объект техники должен превосходить другие хотя бы по одному показателю.

Для оценки преимуществ и недостатков аналогов определяем показатели положительного эффекта.

У воздушно-тепловой завесы в качестве показателей можно выбрать следующие технические характеристики:

- Энергосбережение;
- Простота конструкции;
- Простота эксплуатации;
- Надёжность работы.

Для оценки достоинств и недостатков аналогов используем девяти балльную шкалу: оценки от – 4 до + 4. Оценки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка преимуществ и недостатков аналогов

Показатели	База	Аналоги				
		Пат. №2213911	Пол.модель №38903	Пол.модель №31278	Пол.модель №28911	Пат. №2307291
Энергосбережение	0	+2	-1	-3	-3	-3
Простота конструкции	0	0	-1	-2	-2	-2
Простота эксплуатации	0	0	-1	-2	+3	-4
Надёжность работы	0	0	+3	-1	-1	-1
Суммарный балл:	0	0	-1	-5	-2	-6

Выводы по результатам исследований

По проделанной работе можно сделать следующие выводы:

1. Техническое решение по патенту № 2213911 РФ наряду с базовым техническим решением являются по основным показателям самыми прогрессивными из рассмотренных .
2. Техническое решение по полезной модели № 28911 является наиболее простым в эксплуатации.

Тенденции развития

По рассмотренным описаниям изобретений можно выделить следующие тенденции развития воздушно-тепловых завес :

1. Энергосбережение повышается в зависимости от возможностей регулировки завесы , прогрессивна автоматизация процесса;
2. Повышается экономичность работы путем внедрения водяного обогрева вместо электрического;
3. Простота установки и эксплуатации возрастает благодаря уменьшению габаритов завес и использования более легких материалов.

Вывод по разделу 2

Произведен литературный обзор существующей нормативно-технической документации в области особенностей проектирования систем обеспечения микроклимата производственных зданий, осуществляющих производство и хранение строительных смесей. Выполнен патентный поиск, объектом патентного поиска была принята воздушно-тепловая завеса, определены тенденции развития и применения данного вида техники в производственных зданиях

3 Теплотехнический расчет

3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций выполняем в соответствии с методикой, предложенной СП [8]. Расчет ведется из условия энергосбережения, с учетом что $R_o \geq R_0^{mp}$.

Состав ограждающих конструкций, толщина отдельных слоев, а также теплотехнические характеристики материалов сводим в таблицы 6 и 7..

Таблица 6 – Состав ограждающей конструкции (наружная стена)

Материал	Толщина, δ ,м	Плотность, γ_0 ,кг/м ³	Теплопроводность, λ ,Вт/м°С
Сэндвич-панель с утеплителем из минеральной ваты	X	140	0,05

Таблица 7 – Состав ограждающей конструкции (бесчердачное покрытие)

Материал	Толщина, δ ,м	Плотность, γ_0 ,кг/м ³	Теплопроводность, λ ,Вт/м°С
ПВХ-мембрана, типа LOGICROOF VRP	-	-	-
Теплоизоляция типа ТЕХНОРУФ В60	X	165	0,038
Теплоизоляция типа ТЕХНОРУФ Н30	X	165	0,038
Пароизоляция (полиэтиленовая пленка)	-	-	-
Профлист Н75-750-0,9	-	-	-
Несущая стальная конструкция	-	-	-

Определяем градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$ГСОП = (t_b - t_{от})z_{от}, \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{сут/год}, \quad (1)$$

$$ГСОП = (15 + 9,2) \cdot 221 = 5348 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{сут/год}$$

Минимально требуемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяем по формуле:

$$R_0^{mp} = a \times ГСОП + b, \text{ } \text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2)$$

где a, b – коэффициенты, принимаемые по данным СП [8, табл. 3].

Так, для производственных зданий коэффициенты a и b для наружной стены принимаются: $a=0,0002$; $b=1,0$.

$$R_0^{mp} = 0,0002 \times 5348 + 1,0 = 2,07 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Расчет ограждающих конструкций бесчердачного покрытия, оконных и дверных проемов ведем аналогично наружной стене и сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Требуемые значения теплопередачи ограждающих конструкций.

Наименование ограждающей конструкции	$R_0^{mp}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$
Оконные проемы	0,45
Дверные проемы	0,28
Наружная стена	2,07
Бесчердачное покрытие	2,84

Дальнейший расчет ведем согласно методике, изложенной в ГОСТ [10].
Результаты расчетов сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Ограждающая конструкция	$R_0^{тп}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$k, Вт / м^2 \cdot ^\circ C$
Наружная стена	2,16	0,46
Бесчердачное перекрытие	2,19	0,46
Оконные проемы	0,45	2,22
Дверные проемы	0,79	1,27
Зенитные фонари	0,9	1,11

Полы, лежащие на грунте

Состав пола производственных помещений, лежащего на грунте приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Состав пола производственных помещений, лежащего на грунте.

Слой	Толщина $\delta, м$	Плотность, $\gamma, кг / м^3$	Коэффициент теплопроводности, $\lambda, Вт / м^2 \cdot ^\circ C$
Щебень из доменного шлака	0,06	800	0,21
Бетон класса В20	0,2	2390	1,75
Топинг мастер ТОП 450	-	-	-

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче полов, лежащих на грунте ведем согласно справочному пособию [36]. Результаты расчетов сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Ограждающая конструкция	$R_0^{тп}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$k, Вт / м^2 \cdot ^\circ C$
Пол I зона	2,5	0,4
Пол II зона	4,7	0,21
Пол III зона	9	0,11
Пол IV зона	14,6	0,07

3.2 Проверка внутреннего ограждения конструкции на вероятность выпадения конденсата

Расчетный температурный перепад Δt_0 , между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин, указанных в [2, табл. 5], и определяются по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_B - t_H)}{\alpha_B R_o}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

$$\Delta t_0 = \frac{1 \cdot (15 - (-32))}{8,7 \cdot 2,16} = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C} < 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как $2,5^\circ\text{C} < 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, значит выпадения конденсата не будет.

На внутренней поверхности остекления температура не должны быть ниже $3 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$\tau_B^{\text{OK}} = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_o \cdot \alpha_B}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

$$\tau_{\text{int}}^{\text{OK}} = 15 - \frac{(15 - (-32))}{0,45 \cdot 8} = 1,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как $1,94^\circ\text{C} < 3 \text{ } ^\circ\text{C}$, значит выпадения конденсата не будет.

Внутренняя поверхность углов и оконных проемов должна иметь температуру выше температуры точки росы на 3°C , и определяться по формуле:

$$\tau_B^{\text{HC}} = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_o \cdot \alpha_B}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5)$$

$$\tau_B^{\text{HC}} = 15 - \frac{(15 - (-32))}{2,16 \cdot 8,7} = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Формула для определения температуры точки росы:

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e_B)^2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$e_B = \frac{\varphi_B}{100} \cdot E_B, \text{ Па} \quad (7)$$

$$e_g = \frac{50}{100} \cdot 2338 = 1169 \text{ Па}$$

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot 1169)^2 = 8,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$8,9+3=11,9^\circ\text{C} < 12,5^\circ\text{C}$ – значит выпадения конденсата не будет.

Вывод: Расчеты показали, что вероятность выпадения конденсата на внутреннюю поверхность ограждающих конструкций исключена. Расчетный температурный перепад Δt_0 , между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности на внутренней ограждающей конструкции не превышает требуемой величины.

3.3 Определение теплопотерь здания

Расчет теплопотерь ограждающих конструкций ведем согласно методике, изложенной в справочном пособии [36] и сведем в таблицы 12 и 13.

Таблица 12 – Расчет теплопотерь через полы

Производственный цех				
№	F, м ²	K, Вт/м ² °C	Q, Вт	ΣQ, Вт
1	388,87	0,4	7311	19189
2	365,14	0,21	3604	
3	349,14	0,11	1805	
4	1966,45	0,07	6470	
Склад готовой продукции				
№	F, м ²	K, Вт/м ² °C	Q, Вт	ΣQ, Вт
1	499,32	0,4	9387	38946
2	464,76	0,21	4587	
3	448,74	0,11	2320	
4	6884,95	0,07	22651	

Таблица 13 – Расчет теплотерь через ограждающие конструкции

Участок	Наименование ограждения	Ориент	Площадь, м ²	K, Вт/(м2 °С)	Δt, °С	n	Q, Вт	На ориент	Прочее	Σb	Q(1+Σb), Вт	Qinf, Вт	Qпол, Вт	ΣQ, Вт
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Цех ПГП	окна	ю	75	2,222	47	1	7833		0,05	0,05	8225			
	фонари		224	1,111	47	1	11698				11698			
	стена	З	178,8	0,463	47	1	3891	0,05	0,05	0,1	4280			
	стена	В	178,8	0,463	47	1	3891	0,05	0,05	0,1	4280			
	стена	Ю	990,5	0,463	47	1	21553	0	0,05	0,05	22631			
	перекрытие		2837,9	0,36	47	1	47807				47807			
	ворота		28,8	1,266	47	1	1713	0,05	0,05	0,1	1713			
										Σ	100633	16364	19189	136186
Склад готовой продукции	окна	С	110	2,222	47	1	11488	0,1	0,05	0,15	13211			
	фонари		624	1,111	47	1	32583				32583			
	стена	З	422,68	0,463	47	1	9198	0,05	0,05	0,1	10118			
	стена	В	422,68	0,463	47	1	9198	0,05	0,05	0,1	10118			
	стена	С	1087,03	0,463	47	1	23655	0,1	0,05	0,15	27203			
	перекрытие		5741,26	0,36	47	1	97142			0	97142			
	ворота		41,25	1,266	47	1	2454	0,1	0,05	0,15	2823			
										Σ	193198	25325	38946	257469

3.4 Определение теплоступлений в здание

Основными теплоступлениями цеха по производству пазогребневых плит и склада готовой продукции являются тепло от людей, освещения, солнечной радиации и оборудования.

Теплоступления от людей

Тепло выделяемое людьми в помещение Q_L , Вт, определяется по формуле:

$$Q_L = qn \quad (8)$$

Расчет поступлений тепла от людей представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет теплоступлений от людей

№ помеще ния	Чис ло люде й N	Удельное теплоступ ление, Вт	Теплоступ ления от людей, Qл, Вт	Теплоступления от людей, Qл, Вт	
				холодный период	теплый период
1	2	3	4	5	6
ПП	10	150	1500	84	840
СКЛАД	10	150	1500	84	840

Теплоступления от освещения

Тепло, выделяемое освещением $Q_{осв}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (9)$$

Расчет сведен в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет теплоступлений от людей

№ помещен ия	Число людей N	Удельное теплоступ ление, Вт	Теплоступ ления от людей, Qл, Вт	Теплоступления от людей, Qл, Вт	
				холодный период	теплый период
1	2	3	4	5	6
ПП	10	150	1500	84	840
СКЛАД	10	150	1500	84	840

Поступление тепла от оборудования

Оборудованием излучающим тепло при производстве пазогребневых плит является сушило тоннельного типа. Расчет поступления тепла ведем по формулам (3), (4), (5) и сводим в таблицу 16.

Таблица 16 – поступление тепла от тоннельного сушила.

Участок	Площадь, м ²	К, Вт/(м ² °С)	Δt, °С	n	Q, Вт	ΣQ, Вт
1	5	6	7	8	9	16
Сушило	1416.038	0.170	67.5	1	16276	16276

Поступление тепла от солнечной радиации

Тепло, поступающее от солнечной радиации $Q_{C.P}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{CP} = (q_{ВЛ} + q_{ВР}) \cdot F_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \beta_{C3}, \quad (10)$$

Расчет тепла, поступающего от солнечной радиации, сведем в таблицу 17.

Таблица 17 - Расчет поступлений тепла от солнечной радиации

Показатель	Часы суток													
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ю, цех ППП, вертикальные														
$q_{ВП}, \text{Вт/м}^2$			83	207	327	428	479	479	428	327	207	83		
$q_{ВР}, \text{Вт/м}^2$	46	78	101	114	120	122	124	124	122	120	114	101	78	46
$F_0, \text{м}^2$	75													
k_1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
k_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\beta_{СЗ}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Q_{СР}, \text{Вт}$	1553	2633	6210	10834	15086	18563	20351	20351	18563	15086	10834	6210	2633	1553
Горизонтальная поверхность, цех ППП														
$q_{ВП}, \text{Вт/м}^2$	140	237	359	482	572	650	691	691	650	572	482	359	237	140
$q_{ВР}, \text{Вт/м}^2$	56	77	96	105	119	122	126	126	122	119	105	96	77	56
$F_0, \text{м}^2$	224													
$Q_{СР}, \text{Вт}$	19757	31651	45864	59170	69653	77818	82354	82354	77818	69653	59170	45864	31651	19757
$\Sigma Q_{СР}, \text{Вт}$	21309	34284	52074	70003	84739	96380	102705	102705	96380	84739	70003	52074	34284	21309
С, склад, вертикальная поверхность														
$q_{ВП}, \text{Вт/м}^2$	159	64											64	159
$q_{ВР}, \text{Вт/м}^2$	76	90	87	83	78	77	74	74	77	78	83	87	90	76
$F_0, \text{м}^2$	110													
$Q_{СР}, \text{Вт}$	11633	7623	4307	4109	3861	3812	3663	3663	3812	3861	4109	4307	7623	11633
С, склад, горизонтальная поверхность														
$q_{ВП}, \text{Вт/м}^2$	140	237	359	482	572	650	691	691	650	572	482	359	237	140
$q_{ВР}, \text{Вт/м}^2$	56	77	96	105	119	122	126	126	122	119	105	96	77	56
$F_0, \text{м}^2$	624													
$Q_{СР}, \text{Вт}$	9702	15543	22523	29057	34205	38214	40442	40442	38214	34205	29057	22523	15543	9702
$\Sigma Q_{СР}, \text{Вт}$	21335	23166	26829	33165	38066	42026	44105	44105	42026	38066	33165	26829	23166	21335

3.5 Тепловой баланс

Основные виды теплопотерь, для рассматриваемых цеха производства пазогребневых плит и склада готовой продукции, это потери тепла через ограждающие конструкции и потери тепла с инфильтрационным воздухом.

Основными теплопоступлениями являются тепло от людей, освещения, солнечной радиации и оборудования.

Размер прочих теплопотерь и теплопоступлений составляет 5% от основных.

Уравнение теплового баланса:

$$-Q_{np} - \sum Q + Q_L + Q_{ocv} + Q_{C.P} + \sum Q_{OB} + Q'_{np} = \pm \Delta t, \quad (11)$$

Тепловой баланс каждого помещения объекта сводится в таблицу 18.

Выводы по разделу 3

1. Выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций, сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций соответствуют требованиям нормативной документации, общие теплопотери здания составляют $Q = 393,66$ кВт;

2. Произведен расчет теплопоступлений от людей, освещения, солнечной радиации и оборудования. Суммарные теплопоступления в здание составляют $Q = 205,7$ кВт;

3. Составлен тепловой баланс здания.

Таблица 18 – Тепловой баланс

Наименование	Период года	Объем $V, \text{ м}^3$	Теплопоступления, Вт						Теплопотери, Вт				Избытки		Общие $-\Delta Q$	Удель- ные
			$\sum Q_{об}$	$Q_{осв}$	$Q_{Л}$	$Q_{с.р}$	Q'_{np}	$\sum Q$	$\sum Q_o$	Q_{inf}	Q_{np}	$\sum Q$	$+\Delta Q$	Удель- ные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПГП	ТП	22872	16276		840	102705	5991	158507					158507	6,9303		
	ХП		16276	32696	1500	-	2524	52995	119822	16364	6809	142996			-90000	-3,935
СКЛАД	ТП	69969,0			840	44105	2247	47192					47192	0,6745		
	ХП			22099	1500	-	1179,9	24779	232144	25325	12873	270342			-	-
															245563	3,5096

4 Проектирование системы отопления и вентиляции

4.1 Конструирование системы отопления

В данной научной работе, в цехе по производству пазогребневых плит и склада готовой продукции принята горизонтальная двухтрубная система отопления с тупиковым движением теплоносителя. Теплоносителем является вода с параметрами 95°C и 70°C для подающей и обратной магистрали соответственно. Система отопления запроектирована из стальных электросварных труб (ГОСТ 10704-91) диаметрам от 20 до 80 мм. Отопительными приборами приняты регистры из гладких труб. Прокладка труб осуществляется вдоль наружных стен, проектируемого здания, уклон магистрали 0,003 в сторону теплового узла. Краны для опорожнения системы расположены в узле управления и в основании каждого регистра, удаление воздуха из системы осуществляется через автоматические воздухоотводчики, установленные в верхней точке системы отопления.

4.2 Тепловой расчет нагревательных приборов

Расчет теплоотдачи регистра из горизонтальных металлических труб при свободном движении воздуха был выполнен на основании программы производителя TOP ТЗПО по методике, описанной ниже.

Меняя исходные данные можно смоделировать любую «температурную ситуацию» для любого типоразмера регистра отопления.

Для принятых регистров выписываются значения диаметров труб D , мм, Длина регистра L , м, количество труб в регистре N , шт, температуру теплоносителя в подающем трубопроводе t_n , °C, температуру теплоносителя в обратном трубопроводе t_o , °C, температуру воздуха в помещении t_b , °C.

Вид наружной поверхности труб выбираем из выпадающего списка

Постоянную Стефана-Больцмана C_0 , Вт/(м²К⁴) и ускорение свободного падения g , м/с², остаются неизменными.

Результаты расчетов:

Степень черноты излучающих поверхностей труб ε автоматически определяется по выбранному виду наружной поверхности.

Средняя температура стенок труб $t_{ст}$, °С, определяется по формуле:

$$t_{ст} = \frac{t_n + t_o}{2}, \quad (12)$$

Температурный напор d_t , °С рассчитывается по формуле:

$$d_t = t_{ст} - t_b, \quad (13)$$

Коэффициент объемного расширения воздуха β , 1/К, вычисляется по формуле:

$$\beta = \frac{1}{(t_b + 273)}, \quad (14)$$

В зависимости от температуры внутреннего воздуха в помещении вычисляется кинематическая вязкость воздуха ν , м²/с, определяется критерий Прандтля Pr и рассчитывается коэффициент теплопроводности воздуха λ ;

Площадь теплоотдающих поверхностей труб регистра A , м², определяется по формуле:

$$A = \pi \cdot \frac{D}{1000} \cdot L \cdot N, \quad (15)$$

Тепловой поток излучения с поверхностей труб регистра отопления $Q_{и}$, Вт, вычисляется по формуле:

$$Q_{и} = C_o \cdot \varepsilon \cdot A \cdot ((t_{ст} + 273)^4 - (t_b + 273)^4) \cdot 0,93^{N-1}, \quad (16)$$

Коэффициент теплоотдачи при излучении $\alpha_{и}$, Вт/(м²К), рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{и} = \frac{Q_{и}}{d_{и} \cdot A}, \quad (17)$$

Критерий Грасгофа Gr , вычисляется по формуле:

$$Gr = g \cdot \beta \cdot \left(\frac{D}{1000}\right)^3 \cdot \frac{d_t}{\nu^2}, \quad (18)$$

Критерий Нуссельта Nu находится по формуле:

$$Nu = 0,5 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25}, \quad (19)$$

Конвективную составляющую теплового потока Q_k , Вт, вычисляется по формуле:

$$Q_k = \alpha_k \cdot A \cdot d_t, \quad (20)$$

Коэффициент теплоотдачи при конвекции α_k , Вт/(м²К), определяется по формуле:

$$\alpha_k = Nu \cdot \frac{\lambda}{\frac{D}{1000}} \cdot 0,93^{N-1}, \quad (21)$$

Полную мощность теплового потока регистра отопления Q , Вт и Ккал/час считается соответственно:

$$Q \text{ (Вт)} = Q_{\text{и}} + Q_k, \quad (22)$$

$$Q \left(\frac{\text{Ккал}}{\text{ч}} \right) = Q \text{ (Вт)} \cdot 0,85985, \quad (23)$$

Коэффициент теплоотдачи от поверхностей регистра отопления воздуха α в Вт/(м²К) и Ккал/(час· м²К) находится соответственно:

$$\alpha \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right) = \alpha_{\text{и}} + \alpha_k, \quad (24)$$

$$\alpha \text{ (Ккал/(час} \cdot \text{ м}^2\text{К))} = \alpha \text{ (Вт/(м}^2\text{К))} \cdot 0,85985, \quad (25)$$

Расчет теплоотдачи регистров из горизонтальных металлических труб для цеха производства пазогребневых плит и склада хранения готовой продукции приведен в таблице 19 и таблице 20.

Таблица 19 – Расчет теплоотдачи регистра из горизонтальных металлических труб при свободном движении воздуха (для цеха ППП)

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	2	3	4	5
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	5,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	5	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	95	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	70	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	17	°С
7	Вид наружной поверхности труб	Краски эмалевые, лаки разных цветов		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C ₀ =	5,669E-08	Вт/(м ² *К ⁴)

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5
9	Ускорение свободного падения	$g=$	9,80665	м/с^2
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	$e=$	0,920	-
11	Средняя температура стенок труб	$t_{ст}=$	82,5	$^{\circ}\text{C}$
12	Температурный напор	$dt=$	67,5	$^{\circ}\text{C}$
13	К-т объемного расширения воздуха	$b=$	3,472E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	$\nu=$	1,464E-05	$\text{м}^2/\text{с}$
15	Критерий Прандтля	$Pr=$	0,7053	-
16	К-т теплопроводности воздуха	$\lambda=$	2,557E-02	$\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{К})$
17	Площадь поверхности регистра	$A=$	8,4823	м^2
18	Тепловой поток излучения	$Q_{и}=$	3 009	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	$a_{и}=$	5,3	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
20	Критерий Грасгофа	$Gr=$	1,352E+07	-
21	Критерий Нуссельта	$Nu=$	27,7826	-
22	Конвективный тепловой поток	$Q_{к}=$	2817	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	$a_{к}=$	4,9	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
24	Полная мощность теплового потока регистра	$Q=$	5 826	Вт
			5 010	Ккал/час
25	Коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	$k_{\approx a}=$	10,2	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
			8,7	Ккал/(час* $\text{м}^2\text{К}$)

Таблица 20 – Расчет теплоотдачи регистра из горизонтальных металлических труб при свободном движении воздуха (для склада)

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	2	3	4	5
1	Диаметр труб регистра	$D=$	219,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	$L=$	5,000	м
3	Количество труб в регистре ($N \leq 4$)	$N=$	5	шт
4	Температура воды на "подаче"	$t_{п}=$	95	$^{\circ}\text{C}$
5	Температура воды на "обратке"	$t_{о}=$	70	$^{\circ}\text{C}$
6	Температура воздуха в помещении	$t_{в}=$	17	$^{\circ}\text{C}$
7	Вид наружной поверхности труб	Краски эмалевые, лаки разных цветов		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	$C_0=$	5,669E-08	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5
9	Ускорение свободного падения	$g=$	9,80665	м/с^2
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	$e=$	0,920	-
11	Средняя температура стенок труб	$t_{ст}=$	82,5	$^{\circ}\text{C}$
12	Температурный напор	$dt=$	67,5	$^{\circ}\text{C}$
13	К-т объемного расширения воздуха	$b=$	3,472E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	$n=$	1,464E-05	$\text{м}^2/\text{с}$
15	Критерий Прандтля	$Pr=$	0,7053	-
16	К-т теплопроводности воздуха	$l=$	2,557E-02	$\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{К})$
17	Площадь поверхности регистра	$A=$	17,2002	м^2
18	Тепловой поток излучения	$Q_{и}=$	6 101	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	$a_{и}=$	5,3	$\text{Вт}/(\text{м}^2^{\circ}\text{К})$
20	Критерий Грасгофа	$Gr=$	1,127E+08	-
21	Критерий Нуссельта	$Nu=$	47,2105	-
22	Конвективный тепловой поток	$Q_{к}=$	4787	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	$a_{к}=$	4,1	$\text{Вт}/(\text{м}^2^{\circ}\text{К})$
24	Полная мощность теплового потока регистра	$Q=$	10 889	Вт
			9 363	Ккал/час
25	Коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	$k_{\approx a}=$	9,4	$\text{Вт}/(\text{м}^2^{\circ}\text{К})$
			8,1	Ккал/(\text{час}^{\circ}\text{м}^2^{\circ}\text{К})

4.3 Гидравлический расчет двухтрубной системы отопления

Гидравлический расчет системы отопления был выполнен в расчетной программе Valtec и результаты приведены в таблице 21 и 22

Таблица 21 – Гидравлический расчет системы водяного отопления цех производства пазогребневых плит.

Участок	Ø внутр. мм	Темп. °С	Расход		Длина уч. м	Скор. м/с	Лин. потери давл., Па	Потери на КМС Па	Общие потери давл., Па
			л/с	кг/с					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	65	95	0.931	0.896	9.2	0.28	180	19	199
2	65	95	0.873	0.84	6.6	0.26	115	17	132
3	50	95	0.815	0.784	7.1	0.42	408	66	474
4	50	95	0.756	0.728	12.7	0.39	632	36	668
5	50	95	0.698	0.672	20.1	0.36	850	104	954
6	40	95	0.64	0.616	15.7	0.51	1804	62	1866
7	40	95	0.582	0.56	16.1	0.46	1529	52	1581
8	40	95	0.524	0.504	5.5	0.42	423	75	498
9	40	95	0.466	0.448	5.8	0.37	352	59	411
10	40	95	0.407	0.392	12.1	0.32	563	25	588
11	32	95	0.349	0.336	11.9	0.43	1313	45	1358
12	32	95	0.291	0.28	13	0.36	996	32	1028
13	32	95	0.233	0.224	12.1	0.29	613	20	633
14	25	95	0.175	0.168	11.5	0.36	1159	30	1189
15	20	95	0.116	0.112	17.7	0.37	2558	192	2750
16	20	95	0.058	0.056	14	0.19	532	88	620
17	20	95	0.116	0.112	18	0.37	2602	73	2675
18	25	95	0.175	0.168	12.3	0.36	1240	30	1270
19	32	95	0.233	0.224	12.5	0.29	633	20	653
20	32	95	0.291	0.28	11.5	0.36	881	32	913
21	32	95	0.335	0.335	11.3	0.43	1247	45	1292
22	40	95	0.407	0.392	11.9	0.32	554	25	579
23	40	95	0.466	0.448	6.1	0.37	371	59	430
24	40	95	0.524	0.504	5.5	0.42	423	75	498
25	40	95	0.582	0.56	16.2	0.46	1538	52	1590
26	40	95	0.64	0.616	16	0.51	1838	62	1900
27	50	95	0.698	0.672	20	0.36	848	104	952
28	50	95	0.756	0.728	11.3	0.39	562	36	598
29	50	95	0.815	0.784	6.8	0.42	392	66	458
30	65	95	0.873	0.84	6.7	0.26	116	17	133
31	65	95	0.931	0.896	9.2	0.28	180	19	199
ИТОГО:					366,3		27452	1638	29089
Участок	Ø внутр. мм	Темп. °С	Расход		Длина уч. м	Скор. м/с	Лин. потери давл., Па	Потери на КМС Па	Общие потери давл., Па
			л/с	кг/с					
16	20	95	0,58	0,056	14	0,19	532	88	620
							Невязка	52,98%	620

Таблица 22 – Гидравлический расчет системы водяного отопления цех производства пазогребневых плит

Участок	Ø внутр. мм	Темп. °С	Расход		Длина уч. м	Скор. м/с	Лин. потери давл., Па	Потери на КМС, Па	Общие потери давл., Па
			л/с	кг/с					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
001	80	95	2.581	2.483	9.5	0.51	466	140	606
002	80	95	2.474	2.38	7	0.49	317	58	376
003	80	95	2.366	2.276	8.6	0.47	355	53	408
004	80	95	2.258	2.173	8.1	0.45	304	49	353
005	80	95	2.151	2.069	7.2	0.43	245	44	290
006	80	95	2.043	1.966	8.1	0.41	249	40	289
007	80	95	1.936	1.862	7.5	0.39	206	57	263
008	80	95	1.828	1.759	8.6	0.36	213	32	244
009	80	95	1.721	1.655	10	0.34	217	28	246
010	80	95	1.613	1.552	9.3	0.32	178	25	202
011	80	95	1.506	1.448	10.1	0.3	175	22	196
012	80	95	1.398	1.345	9.7	0.28	145	19	164
013	65	95	1.291	1.242	9.4	0.39	344	73	417
014	65	95	1.183	1.138	8.2	0.36	252	31	282
015	65	95	1.075	1.035	34.6	0.32	877	162	1039
016	65	95	0.968	0.931	7	0.29	149	20	169
017	65	95	0.86	0.828	7.8	0.26	131	16	147
018	65	95	0.753	0.724	11	0.23	142	20	162
019	50	95	0.645	0.621	7.4	0.33	268	52	320
020	50	95	0.538	0.517	7.3	0.27	190	18	208
021	50	95	0.43	0.414	13.5	0.22	227	60	287
022	40	95	0.323	0.31	15.4	0.26	466	29	495
023	32	95	0.215	0.207	11.3	0.27	490	17	507
024	20	95	0.108	0.103	11.8	0.34	1450	824	2274
025	20	95	0.108	0.103	11.8	0.34	1450	19	1450
026	32	95	0.215	0.207	11.3	0.27	490	17	507
027	40	95	0.323	0.31	14.3	0.26	433	29	462

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1028	40	95	0.43	0.414	20.4	0.34	1059	203	1262
029	50	95	0.516	0.516	7.3	0.26	175	50	225
030	50	95	0.645	0.621	7.4	0.33	268	26	294
031	65	95	0.753	0.724	9	0.23	117	37	154
032	65	95	0.86	0.828	7.8	0.26	131	16	147
033	65	95	0.968	0.931	6.9	0.29	146	20	167
034	65	95	1.075	1.035	39	0.32	989	162	1151
035	65	95	1.183	1.138	8.2	0.36	252	31	282
036	80	95	1.291	1.242	9.4	0.26	120	48	167
037	80	95	1.398	1.345	9.7	0.28	145	19	163
038	80	95	1.506	1.448	10.2	0.3	176	22	198
039	80	95	1.613	1.552	9.2	0.32	176	25	201
040	80	95	1.721	1.655	9.9	0.34	216	28	244
041	80	95	1.828	1.759	8.6	0.36	212	32	244
042	80	95	1.936	1.862	7.3	0.39	202	36	237
043	80	95	2.043	1.966	8.5	0.41	262	40	301
044	80	95	2.151	2.069	7.2	0.43	143	44	187
045	80	95	2.258	2.173	8.1	0.45	304	49	353
046	80	95	2.366	2.276	8.6	0.47	355	53	408
047	80	95	2.474	2.38	7.3	0.49	329	58	387
048	80	95	2.581	2.483	9.5	0.51	262	76	338

Участок	Ø внутр. мм	Темп. °С	Расход		Длина уч. м	Скор. м/с	Лин. потери давл., Па	Потери на КМС Па	Общие потери давл., Па
			л/с	кг/с					
16	20	95	0,58	0,056	14	0,34	1450	824	2274
						Невязка	65,34%		2274

Настройка клапана 2

4.4 Определение требуемых воздухообменов

Для теплого и холодного периода года производят расчет воздухообмена по явному теплу, согласно методике, указанной в [37]

Расчет:

Теплый период ПГП:

$$t_{II} = t_H = 23^{\circ}C;$$

$$t_V = 23 + 1,4 \cdot (25 - 23) = 25,8^{\circ}C;$$

$$\Delta Q_{Я}^{PB} = 158507 \text{ Вт};$$

$$L = \frac{3,6 \cdot 158507}{1,2 \cdot (25,8 - 23)} = 169828 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Холодный период ППП:

$$t_{II} = 17 - 5 = 12 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{V} = 12 + 1 \cdot (17 - 12) = 17 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta Q_{Я}^{PB} = 50472 \text{ Вт};$$

$$L = \frac{3,6 \cdot 50472}{1,2 \cdot (17 - 12)} = 30283 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Теплый период склад:

$$t_{II} = t_{H} = 21,2 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{V} = 21,2 + 1 \cdot (25,2 - 21,2) = 25,2 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta Q_{Я}^{PB} = 47341 \text{ Вт};$$

$$L = 1200 + \frac{3,6 \cdot 47341 - 1200 \cdot 1,2(25,2 - 21,2)}{1,2 \cdot (25,2 - 21,2)} = 35506 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Холодный период склад:

$$t_{II} = 17 - 3,4 = 13,6 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{V} = 13,6 + 1 \cdot (17 - 13,6) = 17 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta Q_{Я}^{PB} = 3363 \text{ Вт};$$

$$L = 1200 + \frac{3,6 \cdot 3363 - 1200 \cdot 1,2(17 - 13,6)}{1,2 \cdot (17 - 13,6)} = 2967 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4.5 Воздушный баланс

Таблица 23 – Воздушный баланс

Наименование помещения	Период года	Объем помещения, V, м ³	Избытки/недостатки тепла	Вытяжная вентиляция							Приточная вентиляция				
				Местная, м ³ /ч		Общеобменная, м ³ /ч		Всего, м ³ /ч	Кратность, ч ⁻¹	t _в , °С	Общеобменная, м ³ /ч		Всего, м ³ /ч	Кратность, ч ⁻¹	t _п , °С
				естественная	искусственная	естественная	искусственная				естественная	искусственная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПП	ТП	22872	158507	-			169828	169828	7.425	25.8		169828	169828	7.425	23
	ХП		142996	-			30283	30283	1.324	17		30283	3546	0.155	15.0
СКЛАД	ТП	69969	47192	-			35506	35506	0.507	25.8		35506	35506	0.507	23
	ХП		270342	-			2967	2967	0.042	17		2967	3546	0.051	15.0

4.6 Выбор принципиальных решений и конструирование

В помещении цеха по производству пазогребневых плит устраивается механическая общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, которая обеспечивает требуемый воздухообмен.

Воздуховоды изготавливаются из тонколистовой оцинкованной стали круглого сечения.

Ввиду большого объема приточного воздуха в цех производства пазогребневых плит, принято подавать воздух сверху вниз плоскими струями через перфорированные воздухораспределители типа ВПК2.00.000-04.

Расчет воздухораспределителей осуществляется по следующей методике:

Для обеспечения нормируемых параметров воздуха для всей рабочей зоны, ВПК следует размещать таким образом, чтобы их длина соответствовала длине обслуживаемого участка помещения, а отношение ширины струи в месте поступления в рабочую зону b_g , м, к ширине обслуживаемого участка B_p , м находилось в пределах:

$$\frac{b_g}{B_p} = 0,2 \div 0,5 \text{ – при подаче охлажденного воздуха}$$

Величина b_g , м, определяется по формуле:

$$b_g = 2,6d_{mt} + 0,44, \quad (26)$$

$$10d_{mt} \geq x \geq 1,5 d_{mt}, \quad (27)$$

где x – длина пути развития струи, м,

d_{mt} – диаметр воздухораспределителя.

Расчет воздухораспределителей ВПК2.00.000-04 сводится к подбору их количества n , шт, и диаметров с целью обеспечения максимальных скоростей в образующемся воздушном потоке, не превышающие нормируемые.

Удаление воздуха из помещения в случае применения перфорированных воздухораспределителей возможно из верхней зоны помещения.

Для принятых воздухораспределителей выписываются значения расчетной ширины щелевидного отверстия $b_{\text{перф}}$, м, длина воздухораспределителя b , м, расчетный воздухообмен основного помещения L , м³/ч, диаметр воздухораспределителя, $d_{\text{мт}}$.

Максимальная скорость движения воздуха в рабочей зоне V_x , м/с, и перепад температур Δt_x , °С, определяют по формуле:

$$V_x = V_0 \cdot \sqrt{k_{\text{ж.с}}} \cdot k_c \cdot k_H, \quad (28)$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \cdot \sqrt{k_{\text{ж.с}}} \cdot \frac{1}{k_c \cdot k_H}, \quad (29)$$

Где, k_c – коэффициент стеснения, принимается равным 0,4;

V_0 - скорость воздуха на выходе из перфорированной панели, м/с, определяемой по формуле:

$$V_0 = \frac{L}{3600 \cdot b_{\text{перф}} \cdot b \cdot n \cdot k_{\text{жс}}}, \quad (30)$$

где k_H - коэффициент неизотермичности струи, для перфорированных воздухораспределителей определяется по формуле:

$$k_H = \sqrt[3]{1 + a \cdot \left(\frac{x}{d_{\text{мт}}}\right)^{3/2} \cdot \frac{d_{\text{мт}} \cdot \Delta t_0}{\sqrt{k_{\text{ж.с}}} \cdot V_0^2}}, \quad (31)$$

где, x - высота от воздухораспределителя до рабочей зоны;

a – для подачи вертикально вдали от ограждений равна 0,192;

Расчет:

Цех по производству пазогребневых плит:

Расчетная ширина щелевидного отверстия $b_{\text{перф}} = 1,57$, м;

Длина воздухораспределителя $b = 15,88$, м,

Расчетный воздухообмен основного помещения $L = 169828$, м³/ч,

Диаметр воздухораспределителя $d_{\text{мт}} = 1,25$, м.

$$\frac{b_g}{B_p} = \frac{3,76}{8} = 0,47;$$

$$b_g = 2,6 \cdot 1,25 + 0,44 = 3,76;$$

$$12,5 \geq 4 \geq 1,875;$$

$$V_0 = \frac{169828}{3600 \cdot 1,57 \cdot 15,88 \cdot 8 \cdot 0,07} = 3,38 \text{ м/с};$$

$$k_H = \sqrt[3]{1 + 0,192 \cdot \left(\frac{4}{1,25}\right)^{3/2} \cdot \frac{1,25 \cdot 2}{\sqrt{0,07} \cdot 3,38^2}} = 1,24;$$

$$V_x = 3,38 \cdot \sqrt{0,07} \cdot 0,4 \cdot 1,24 = 0,44 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x = 2 \cdot \sqrt{0,07} \cdot \frac{1}{0,4 \cdot 1,24} = 1,07 \text{ }^\circ\text{C};$$

По данным расчета такой вид раздачи воздуха допустим для производственных помещений и не превышает допустимое отклонение.

В качестве вытяжных устройств приняты вентиляционные решетки «Арктос» АДН-К 1000х300 в количестве 48шт.

4.7 Аэродинамический расчет

Целью аэродинамического расчета является определение диаметров воздуховодов и потерь давления.

Аэродинамический расчет ведем согласно методике приведенной в справочнике [29].

Аэродинамический расчет сведем в таблицу 24.

Таблица 24 – Аэродинамический расчет

№	L,м/ч	l,м	d,мм	F,м	v,м/с	R,	Rl,	$\Sigma\xi$	R _д , Па	Z,	Rl+Z,	$RL+Z,$ Па	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Магистраль П1													
BP1	21229			1,23	4,81			1,8	13,87	24,96	24,96		
1	21229	31,56	1250	1,23	4,81	0,54	16,94	1,03	13,87	14,28	31,22	56,18	отв+тр.на прох
2	42457	20,36	1400	1,54	7,67	0,72	14,57	0,35	35,25	12,34	26,91	83,09	тр. на прох
3	63686	20,36	1400	1,54	11,50	0,92	18,73	0,35	79,32	27,76	46,49	129,58	тр. на прох
4	84914	19,994	1600	2,01	11,74	0,75	15,04	0,95	82,66	78,53	93,56	223,14	3 отв
Ответвления													
BP2	21229		1250	1,23	4,81			1,8	13,87	24,96	24,96		
5	21229	11,2	1250	1,23	4,81	0,54	6,01	1,53	13,87	21,22	27,23	52,19	тр. на отв
Невязка $= (56,18-52,19)/56,18*100=7\%$													
BP3	21229		1250	1,23	4,81			1,8	13,87	24,96	24,96		
6	21229	11,2	1250	1,23	4,81	0,54	6,01	3,73	13,87	51,73	57,74	82,70	тр. на отв
Невязка $= (83,09-82,7)/83,09*100=0,5\%$													
BP4	21229		1250	1,23	4,81			1,8	13,87	24,96	24,96		
7	21229	11,2	1250	1,23	5,46	0,54	6,01	3,9	17,89	69,76	75,77	100,73	тр. на отв
Невязка $= (129,58-100,73)/129,5*100=22,64\%$, требуется установка дроссель-клапана													

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Магистраль В1													
ВР1	3538									17			
1	3538	2	650	0,332	2,96	0,15	5,28	1,300	0,290	6,86	27,15	44,15	отв+ тр. на слиян
2	7076	2	800	0,503	3,91	0,19	9,21	0,400	0,379	3,68	4,06	48,21	тр. на слиян
3	10614	2	1000	0,785	3,75	0,14	8,47	0,350	0,270	2,97	3,24	51,45	тр. на слиян
4	14152	2	1000	0,785	5,01	0,23	15,12	0,450	0,460	6,81	7,27	58,72	тр. на слиян
5	17690	2	1250	1,227	4,00	0,12	9,64	0,350	0,235	3,37	3,61	62,33	тр. на слиян
6	21228	22,36	1250	1,227	4,81	0,16	13,94	1,030	3,679	14,36	18,04	80,37	отв+ тр. на слиян
7	42456	20,36	1400	1,539	7,66	0,39	35,35	0,350	6,888	12,37	19,26	99,63	тр. на слиян
8	63684	20,36	1400	1,539	11,49	0,71	79,54	0,350	14,485	27,84	42,32	141,95	тр. на слиян
9	84914	20	1600	2,011	11,73	0,63	82,90	0,950	12,646	78,75	91,40	233,35	3 отв
Ответвления													
ВР2	3538									17			
10	3538	2	650	0,332	2,96	0,15	5,28	1,300	0,290	6,86	27,15	44,15	отв+ тр. на слиян
11	7076	2	800	0,503	3,91	0,19	9,21	0,400	0,379	3,68	4,06	48,21	тр. на слиян
12	10614	2	1000	0,785	3,75	0,14	8,47	0,350	0,270	2,97	3,24	51,45	тр. на слиян
13	14152	2	1000	0,785	5,01	0,23	15,12	0,450	0,460	6,81	7,27	58,72	тр. на слиян
14	17690	2	1250	1,227	4,00	0,12	9,64	0,350	0,235	3,37	3,61	62,33	тр. на слиян
15	21228	2	1250	1,227	4,81	0,16	13,94	1,030	3,679	14,36	18,04	80,37	отв+ тр. на слиян
Невязка $= (80,37 - 80,37) / 80,37 * 100 = 0\%$													
ВР3	3538									17			
16	3538	2	650	0,332	2,96	0,15	5,28	1,300	0,290	6,86	27,15	44,15	отв+ тр. на слиян
17	7076	2	800	0,503	3,91	0,19	9,21	0,400	0,379	3,68	4,06	48,21	тр. на слиян
18	10614	2	1000	0,785	3,75	0,14	8,47	0,350	0,270	2,97	3,24	51,45	тр. на слиян
19	14152	2	1000	0,785	5,01	0,23	15,12	0,450	0,460	6,81	7,27	58,72	тр. на слиян
20	17690	2	1250	1,227	4,00	0,12	9,64	0,350	0,235	3,37	3,61	62,33	тр. на слиян
21	21228	2	1250	1,227	4,81	0,16	13,94	1,030	3,679	14,36	18,04	80,37	отв+ тр. на слиян

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Невязка $= (99,63 - 80,37) / 99,63 * 100 = 19,33\%$, требуется установка дроссель-клапана													
ВР4	3538									17			
22	3538	2	650	0,332	2,96	0,15	5,28	1,300	0,290	6,86	27,15	44,15	отв+ тр. на слиян
23	7076	2	800	0,503	3,91	0,19	9,21	0,400	0,379	3,68	4,06	48,21	тр. на слиян
24	10614	2	1000	0,785	3,75	0,14	8,47	0,350	0,270	2,97	3,24	51,45	тр. на слиян
25	14152	2	1000	0,785	5,01	0,23	15,12	0,450	0,460	6,81	7,27	58,72	тр. на слиян
26	17690	2	1250	1,227	4,00	0,12	9,64	0,350	0,235	3,37	3,61	62,33	тр. на слиян
27	21228	2	1250	1,227	4,81	0,16	13,94	1,030	3,679	14,36	18,04	80,37	отв+ тр. на слиян
Невязка $= (141,95 - 80,37) / 141,38 * 100 = 43,38\%$, требуется установка дроссель-клапана													

4.8 Расчет и подбор оборудования

Подбор приточных установок произведен специалистом завода-изготовителя ООО НПО «ЕВРОВЕНТ». Характеристика приточно вытяжной установки ПВ1.1 и ПВ1.2 показана на рисунке 2 и 3.

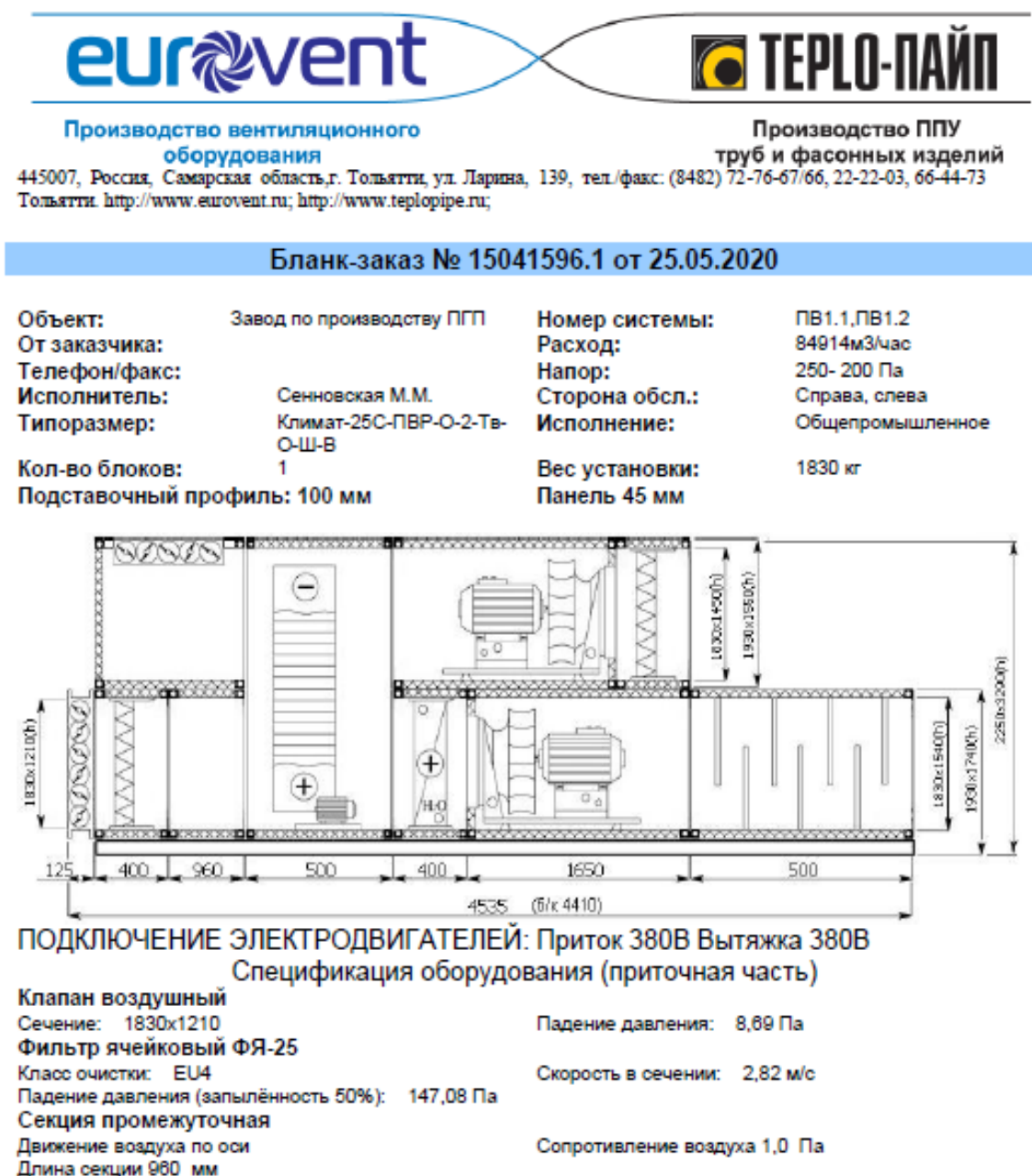


Рисунок 2 – Бланк-заказ приточно-вытяжной установки
ПВ1.1 и ПВ1.2. страница 1

Бланк-заказ № 15041596.1 от 25.05.2020

Рекуператор роторный PP-25

Производительность: 84914 м3/ч
 Температура выт. вход: 15 С
 Температура прит. вход: -32 С
 Влажность выт. вход: 45 %
 Влажность прит. вход: 85 %
 КПД: 54 %
 Мощность: 202,5 кВт

Сифон дренажа с клапаном: Ду 25

Нагреватель жидкостный Cu-Al BNB-25

Производительность: 84914 м3/ч
 Температура наружного воздуха: 3 С
 Температура воздуха на выходе: 15 С
 Температура теплоносителя: начальная: 95 С
 Температура теплоносителя конечная: 70 С
 Влажность наружного воздуха: 85 %
 Влажность воздуха на выходе: 32 %
 Скорость воздуха в сечении: 4,05 м/с

Вентиляторная секция

Вентилятор: ER71C
 Производительность: 84914 м3/ч
 Давление сети: 250 Па
 Полное давление: 682 Па
 Обороты колеса: 1619 Об/мин
 Механическая мощность: 8,24 кВт
 Номинальное напряжение: 380В/54Гц

Секция шумоглушителя ШП-25

Длина: 500 мм
 Падение давления: 49,79 Па

Вытяжная: установка

Клапан воздушный

(горизонтальный)

Сечение: 1830x1210

Вентиляторная секция

Вентилятор: ER71C
 Производительность: 84914 м3/ч
 Давление сети: 250 Па
 Полное давление: 682 Па
 Обороты колеса: 1448 Об/мин
 Механическая мощность: 6,58 кВт
 Номинальное напряжение: 380В/48Гц

Фильтр ячейковый ФЯ-25

Класс очистки: EU4
 Падение давления (запылённость 50%): 141,00 Па

Спектральные шумовые характеристики

дБ	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумма
Вход	80,5	79,9	80,0	81,0	75,9	72,6	70,0	68,5	83,1
Выход	77,7	73,9	69,3	64,3	59,5	59,7	57,2	57,0	70,9
Окружение	78,1	77,3	64,2	58,1	54,5	52,6	50,7	49,0	66,2

Температура прит. выход: 3 С
 Температура выт. выход: 0 С
 Влажность прит. выход: 13 %
 Влажность выт. выход: 100 %
 Рвьятяжки: 153 Па
 Рприточки: 169 Па
 Скорость в сечении: 4,07 м/с

Падение давления: 56 Па
 Расход теплоносителя: 4839,21 кг/ч
 Мощность воздухонагревателя: 140,70 кВт
 Теплоноситель: вода
 Термостат защиты от замерзания
 Падение давления теплоносителя: 9 кПа
 Присоединительные размеры патрубков: Ду50

Номинальная мощность: 15,00 кВт
 Двигатель: Z180L-4
 Номинальные обороты: 1500 Об/мин
 КПД: 68 %
 Сервисная панель

Скорость в сечении: 4,60 м/с

Падение давления: 7,15 Па

Номинальная мощность: 11,00 кВт
 Двигатель: Z132M2-4
 Номинальные обороты: 1500 Об/мин
 КПД: 67 %
 Сервисная панель

Скорость в сечении: 2,72 м/с

Рисунок 3 – Бланк-заказ приточно-вытяжной установки

ПВ1.1 и ПВ1.2. страница 2

Выводы по разделу 4

1. Запроектирована- двухтрубная горизонтальная система отопления с тупиковым движением теплоносителя, с открытой прокладкой трубопроводов, в качестве отопительных приборов были приняты регистры отопительные (пятитрубные), производства ООО «ТОР ТЗПО»;

2. Выполнен расчет нагревательных приборов и гидравлический расчет системы отопления:

3. Запроектировано 3 приточно-вытяжных, системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха, в качестве воздухораспределительных устройств используются перфорированные воздухораспределители типа ВПК, в качестве вытяжных устройств приняты вентиляционные решетки «Арктос» АДН.

4. Составлен воздушный баланс и выполнен аэродинамический расчет системы вентиляции.

5 Автоматизация

5.1 Описание системы автоматизации

Вентиляция

Приточные вентиляционные системы поставляются комплектно со средствами управления и контроля, обеспечивающими высокую точность регулирования и безопасность использования оборудования.

В состав комплектного оборудования каждой из вентиляционных систем входят:

- Датчики температуры воздуха и воды;
- Датчики перепада давления;
- Приводы воздушных и водяных клапанов;
- Циркуляционный насос;
- Пульт дистанционного управления;
- Шкаф управления.

Комплектная автоматика каждой из приточно-вытяжных систем ПВ1, ПВ2 обеспечивает:

- Местный и дистанционный режим управления;
- Режимы работы: летний, зимний, дежурный;
- Автоматическое регулирование температуры приточного воздуха;
- Контроль температуры приточного воздуха;
- Защиту калорифера от замораживания при работающей и неработающей системе:

а) при включении системы в зимнее время выполняется предварительный прогрев калорифера;

б) при работающей системе – при понижении температуры обратного теплоносителя и температуры воздуха в системе после калорифера ниже заданных значений.

При этом автоматически:

- отключается двигатель вентилятора;

- включается циркуляционный насос независимо от положений переключателя управления насосом и переключателя режима «зима-Лето»;

- открывается на 100% регулирующий клапан на обратном теплоносителе;

- закрывается воздушная заслонка наружного воздуха.

в) при неработающей системе – при понижении температуры обратного теплоносителя и температуры воздуха в системе после калорифера ниже заданных значения автоматически открывается регулирующий клапан на обратном теплоносителе.

- контроль засорения фильтра без остановки системы;

- контроль работы вентилятора;

- управление электроприводом воздушной заслонки;

- подогрев воздушной заслонки в зимнее время;

- управление регулирующим клапаном на теплоносителе;

- управление работой циркуляционного насоса;

- переход в дежурный режим (защита от замораживания активна) при пожаре по сигналу прибора пожарной сигнализации, вентилятор при этом выключен.

Приборы и средства автоматизации размещаются на автоматизируемом оборудовании, шкафы управления устанавливаются рядом с оборудованием, пульты дистанционного управления устанавливаются в обслуживаемых помещениях.

Индивидуальный тепловой пункт

Для подготовки воды системы отопления и теплоснабжения, в здании предусмотрен автоматизированный тепловой пункт общей мощностью 996кВт.

Система автоматизации на базе контроллера ECL Comfort 310 предусматривает зависимое качественное регулирование теплоносителя в системе отопления и в системе вентиляции. Регулирование ведется с погодной компенсацией температуры (с применением датчика температуры наружного

воздуха) и ограничением по графику температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловые сети. Комплект средств автоматизации включает датчики температуры и давления, установленные на трубопроводах модулей отопления и вентиляции, и регулирующие клапаны с электроприводом.

Управление циркуляционными насосами предусмотрено в ручном (аппаратурой на двери шкафа управления) и автоматическом режимах (управление по сигналу контроллера). В автоматическом режиме циркуляционные насосы переключаются в соответствии с расписанием их работы. Предусмотрена функция ротации насосов и автоматического ввода в работу резервного насоса в случае аварии рабочего. Данные функции настраиваются с помощью датчика перепада давления на насосах.

Контролируемые и настраиваемые параметры, режимы работы насосов выводятся на встроенный дисплей контроллера. Аварийные сигналы выводятся на дверь шкафа управления теплового пункта и на дисплей контроллера.

Для вывода информации в систему диспетчеризации предусмотрены следующие порты контроллера ECL310: порт RS485 (Modbus RTU), порт Ethernet (Modbus TCP).

5.2 Подбор основного оборудования теплового пункта

Для начала определяется максимальный расход воды в трубопроводе, т/ч:

$$G = 3,6 \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (32)$$

Где Q – максимальный тепловой поток, кВт;

c – удельная теплоемкость воды $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

t_1 – температура в подающем трубопроводе, $^\circ\text{C}$

t_2 – температура в обратном трубопроводе, $^\circ\text{C}$

Диаметр трубопровода выбирается исходя из скорости теплоносителя в трубопроводе. Скорость в трубопроводе должна быть в пределах 0,3-1,0 м/с и определяется по формуле:

$$V = \frac{G}{2.83 \cdot 0.001 \cdot D^2}, \quad (33)$$

где D – диаметр трубопровода, мм.

Диаметры трубопроводной и запорной арматуры выбираются равными диаметрам трубопровода.

Регулирующая арматура, например, такая как регулирующийся трехходовой клапан или регулятор перепада давления, выбирается исходя из значения Kvs .

Зависимость перепада давлений на клапане, объемного расхода жидкости через регулирующийся клапан, и условный объемный расход описывается следующим соотношением:

$$K_{vs} = \frac{G}{\sqrt{\Delta p}}, \quad (34)$$

где Δp – требуемый перепад давления на клапане, Бар.

Рабочие точки циркуляционных насосов систем отопления и теплоснабжения рассчитываются согласно методике, приведенной в п.4.10 [1]:

При установке насоса на обратном трубопроводе системы отопления или вентиляции, напор насоса определяется в зависимости от гидравлического сопротивления системы с запасом в 2-3 м.

Подача насоса G , т/ч, определяется по формуле

$$G = 1.1 G_{do} (1 + u), \quad (35)$$

Где u – коэффициент смешения, определяемый по формуле:

$$u = \frac{\tau_1 + \tau_{o1}}{\tau_{o1} - \tau_2}, \quad (36)$$

где τ_1 – температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования системы отопления или вентиляции, °С;

τ_{01} – температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления или вентиляции, °С;

τ_2 - температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления или вентиляции, °С.

Расчет: Имеющиеся исходные данные для подбора оборудования теплового пункта сведем в таблицу 25.

Таблица 25 - Исходные данные для подбора оборудования теплового пункта

Наименование	Ед. Изм.	Значение
Температура тепловой сети	°С	95/70
Температура системы отопления	°С	95/70
Температура системы вентиляции	°С	95/70
Температура системы теплоснабжения ВТЗ	°С	95/70
Давление тепловой сети P1/P2	МПа	0,6/0,4
Тепловая нагрузка на ИТП, в том числе:	кВт	996
Система отопления ПГП	кВт	136,19
Система отопления склада	кВт	257,47
Система вентиляции ПГП	кВт	394,51
Система вентиляции склада	кВт	140,47
Система теплоснабжения ВТЗ	кВт	67,36
Гидравлическое сопротивление системы отопления ПГП	кПа	19,48
Гидравлическое сопротивление системы отопления склада	кПа	29,09
Гидравлическое сопротивление системы вентиляции ПГП	кПа	15,61
Гидравлическое сопротивление системы вентиляции склада	кПа	15,35

Подбор регулятора перепада давления на вводе

По формуле (32) найдем расход, проходящий через регулятор перепада давления:

$$G = 3,6 \frac{996}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 34,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

K_{vs} клапана определяем по формуле (34):

$$K_{vs} = \frac{34,25}{\sqrt{0,3}} = 62,53, \text{ м}^3/\text{ч}$$

По каталогу производителя ООО «ВОГЭЗЭНЕРГО» выбираем ближайшее значение Kvs для клапана: ВРПД DN 80 Kvs 63.

Определяем фактический перепад по обратной формуле (34):

$$p = \left(\frac{34,25}{63}\right)^2 = 0,296, \text{ Бар}$$

Находим скорость в клапане по формуле (33):

$$V = \frac{34,25}{2,83 \cdot 0,001 \cdot 80^2} = 1,89, \text{ м/с}$$

Подбор трехходового клапана для системы отопления

Для системы отопления склада и цеха по производству пазогребневых плит предусмотрен один узел смешения, поэтому суммируем нагрузки $136,19+257,47=393,66\text{кВт}$.

По формуле (32) найдем расход, проходящий через регулятор перепада давления:

$$G = 3,6 \frac{393,66}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 13,54 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Kvs клапана определяем по формуле (34):

$$K_{vs} = \frac{13,54}{\sqrt{0,3}} = 24,75, \text{ м}^3/\text{ч}$$

По каталогу производителя «Honeywell» выбираем ближайшее значение Kvs для клапана: V5013R1081 DN 40 Kvs 25.

Определяем фактический перепад по обратной формуле (34):

$$p = \left(\frac{13,54}{25}\right)^2 = 0,293, \text{ Бар}$$

Находим скорость в клапане по формуле (33):

$$V = \frac{13,54}{2,83 \cdot 0,001 \cdot 40^2} = 2,99, \text{ м/с}$$

Подбор трехходового клапана для системы вентиляции

Для системы вентиляции склада и цеха по производству пазогребневых плит предусмотрен один узел смешения, поэтому суммируем нагрузки $394,51+140,47=534,98\text{кВт}$.

По формуле (32) найдем расход, проходящий через регулятор перепада давления:

$$G = 3,6 \frac{34,98}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 18,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

K_{vs} клапана определяем по формуле (34):

$$K_{vs} = \frac{18,4}{\sqrt{0,3}} = 33,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По каталогу производителя «Honeywell» выбираем ближайшее значение K_{vs} для клапана: V5013R1099 DN 50 K_{vs} 40.

Определяем фактический перепад по обратной формуле (34):

$$p = \left(\frac{18,4}{40}\right)^2 = 0,212 \text{ Бар}$$

Находим скорость в клапане по формуле (33):

$$V = \frac{18,4}{2,83 \cdot 0,001 \cdot 50^2} = 2,6 \text{ м/с}$$

Подбор циркуляционных насосов систем отопления и вентиляции

По формуле (36) найдем коэффициент смешения

$$u = \frac{95 - 70}{70 - 70} = 0$$

Так как коэффициент смешения равен нулю, то установка циркуляционных насосов возможна только на обратный трубопровод.

По формуле (35), определим расход циркуляционных насосов

Для системы отопления:

$$G = 1,1 \cdot 13,54 \cdot (1 + 0) = 14,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Напор насоса составит } H = 2,909 + 3 = 5,9 \text{ м}$$

Для системы вентиляции:

$$G = 1,1 \cdot 18,4 \cdot (1 + 0) = 20,24 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Напор насоса составит } H = 1,561 + 3 = 4,6 \text{ м}$$

Произведем подбор циркуляционных насосов систем отопления и вентиляции в программе подбора производителя «DAB». Выбираем циркуляционные насосы со встроенными частотными преобразователями. Для системы отопления EVOPLUS B 120/280.50 M, Для системы вентиляции

EVOPLUS В 100/340.65 М. На рисунке 4 и 5 приведены листы подбора циркуляционных насосов.

5.3 Выводы по разделу 5

1. Система автоматизации системы вентиляции обеспечивает:

- Местный и дистанционный режим управления;
- Режимы работы: летний, зимний, дежурный;
- Автоматическое регулирование температуры приточного воздуха;
- Контроль температуры приточного воздуха;
- Защиту калорифера от замораживания при работающей и неработающей системе;

2. Система автоматизации теплового пункта выбрана на базе контроллера ECL Comfort 310 фирмы «Danfoss» с погодозависимым регулированием (с применением датчика температуры наружного воздуха) и трехходовым регулирующим клапаном с электроприводом. Система отопления подключается по зависимой схеме через смесительный насос с частотным регулированием. Выбранные насосы имеют встроенную защиту от «сухого хода»;


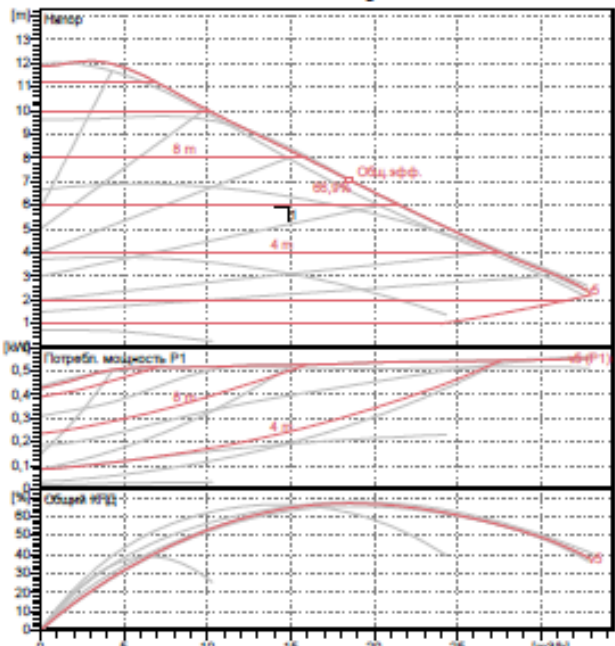
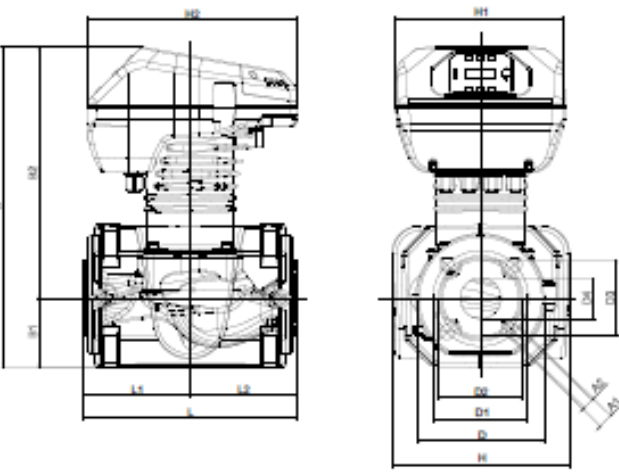
		ТЕХ. ДАННЫЕ 25/04/20 Страница 1 / 3		DAB PUMPS S.p.A. Via Marco Polo, 14 - 35035 Mestrino (PD), Italy Tel. +39 049 5125000 - Fax +39 049 5125950 www.dabpumps.com																																																	
Получатель		Отправитель																																																			
Society Reference Address Phone Fax E-mail																																																					
Art. № 60150974 Модель EVOPLUS B 120/280.50 M		<div style="text-align: center;"> Curve tolerance according to ISO 9906 </div> 																																																			
Характеристики насоса Максимальное давление 16 bar Мин. темп-ра жидкости -10 °C Макс. темп-ра жидкости 110 °C EEI : ≤ 0,20																																																					
Минимальный напор на всасывании : Температура °C 90 100 Минимальный напор на всасывании 20 25																																																					
Требуемые характеристики Расход : 14,90 m ³ /h Напор : 5,90 m Жидкость (%) : Вода Температура жидкости 70 °C Плотность : 0,97773 kg/dm ³ Кинематическая вязкость 0,4086 mm ² /s Давление паров 31,21 kPa																																																					
Действительные характеристики Расход : 14,90 m ³ /h Напор : 5,90 m																																																					
Материалы/Уплотнение вала Корпус насоса Cast Iron 250 UNI ISO 185 - CTF Рабочего колеса Технополимер Вал мотора Нержавеющая сталь Уплотнительное кольцо EPDM Кошук мотора алюминиевый сплав Закрывающий фланец Нержавеющая сталь Обойма упорного кольца Нержавеющая сталь																																																					
Характеристики двигателя								<div style="text-align: center;">  </div>																																													
Размеры mm																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>A1</td><td>19</td><td>D</td><td>165</td><td>H</td><td>230</td><td>L2</td><td>140</td></tr> <tr> <td>A2</td><td>14</td><td>D1</td><td>125</td><td>H1</td><td>220</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>B</td><td>413</td><td>D2</td><td>110</td><td>H2</td><td>273</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>B1</td><td>87</td><td>D3</td><td>99</td><td>L</td><td>280</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>B2</td><td>325</td><td>D4</td><td>53</td><td>L1</td><td>140</td><td></td><td></td></tr> </table>														A1	19	D	165	H	230	L2	140	A2	14	D1	125	H1	220			B	413	D2	110	H2	273			B1	87	D3	99	L	280			B2	325	D4	53	L1	140		
A1	19													D	165	H	230	L2	140																																		
A2	14	D1	125	H1	220																																																
B	413	D2	110	H2	273																																																
B1	87	D3	99	L	280																																																
B2	325	D4	53	L1	140																																																
Вес 21,8 kg																																																					
Соединения насоса: Вход DN 50 / PN6, PN10, PN16 (4 slotted holes) Вых DN 50 / PN6, PN10, PN16 (4 slotted holes)																																																					
Торговая марка DAB Потребляемая мощность P10,53 kW Напряжение 1~ 220-240 V 50 Hz Ном. ток 2,5 A Степень защиты IP 44																																																					

Рисунок 4 – Лист подбора циркуляционного насоса системы отопления

Получатель		Отправитель							
Society Reference Address Phone Fax E-mail									
Арт. № 60150960 Модель EVOPLUS B 100/340.65 M									
Характеристики насоса									
Максимальное давление	16 bar								
Мин. темп-ра жидкости	-10 °C								
Макс. темп-ра жидкости	110 °C								
EEI :	≤ 0,20								
Минимальный напор на всасывании :									
Температура	°C 90 100								
Минимальный напор на всасывании	20 25								
Требуемые характеристики									
Расход :	20,24 m ³ /h								
Напор :	4,60 m								
Жидкость (%) :	Вода								
Температура жидкости	70 °C								
Плотность :	0,97773 kg/dm ³								
Кинематическая вязкость	0,4086 mm ² /s								
Давление паров	31,21 kPa								
Действительные характеристики									
Расход :	20,24 m ³ /h								
Напор :	4,60 m								
Материалы/Уплотнение вала									
Корпус насоса	Cast Iron 250 UNI ISO 185 - CTF								
Рабочего колеса	Технополимер								
Вал мотора	Нержавеющая сталь								
Уплотнительное кольцо	EPDM								
Корпус мотора	алюминиевый сплав								
Закрывающий фланец	Нержавеющая сталь								
Обойма упорного кольца	Нержавеющая сталь								
Характеристики двигателя		Размеры mm							
Торговая марка	DAB	A1	19	D	185	H	280	L2	170
Полноценная мощность P10	5,9 kW	A2	14	D1	145	H1	220		
Напряжение	1~ 220-240 V 50 Hz	B	443	D2	130	H2	273		
Ном. ток	2,8 A	B1	110	D3	118	L	340		
Степень защиты	IP 44	B2	333	D4	69	L1	170		
		Вес		25 kg					
		Соединения насоса:							
		Вход		DN 65		/ PN6, PN10, PN16 (4 slotted holes)			
		Вых		DN 65		/ PN6, PN10, PN16 (4 slotted holes)			

Рисунок 5 – Лист подбора циркуляционного насоса системы вентиляции

6 Техничко-экономические показатели

Срок окупаемости приточно-вытяжной установки с рекуператором

Для начала необходимо рассчитать затраты теплоты для нагрева наружного воздуха в приточной установке без рекуператора:

$$Q^i = V \cdot \rho \cdot \frac{1}{3600} \cdot c \cdot (t_{np} - t_n), \quad (62)$$

$$Q^i = 84900 \cdot 1,299 \cdot \frac{1}{3600} \cdot 1,005 \cdot (15 - (-5,4)) = 628,07 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

где V – расход приточного воздуха, м³/ч; ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³; c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(кг·К);

t_{np} – температура воздуха, подаваемого в помещение °С; t_n^i – температура наружного воздуха, °С.

Годовые затраты тепла определяются по формуле:

$$Q_p = \sum Q_p^i, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$Q_p = 628,07 \cdot 221 \cdot 24 = 3331283, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год} \quad (63)$$

Для расчета сроков окупаемости и экономии тепловой энергии приточно-вытяжной установки с рекуперацией, стоимость которой $P_{yt}=8500000$ руб., необходимы следующие значения:

- Температура воздуха, подаваемого в помещение принимается $t_{np}=15^\circ\text{C}$;
- Температура воздуха удаляемого из помещения $t_{y1}=17^\circ\text{C}$;
- Температура наружного воздуха $t_n^i = -5,4^\circ\text{C}$.
- Температура воздуха на выходе из пластинчатого рекуператора

определяется по формуле:

$$t_{n2} = t_{n1} + \varepsilon \cdot (t_{y1} - t_{n1}), \quad (64)$$

$$t_{n2} = -5,4 + 0,54 \cdot (17 - (-5,4)) = 6,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

где ε - эффективность работы рекуператора;

- Количество теплоты, требуемое для догрева наружного воздуха от температуры на выходе из рекуператора до параметров на притоке:

$$Q^i = V \cdot \rho \cdot \frac{1}{3600} \cdot c \cdot (t_{np} - t_{n2}), \quad (65)$$

$$Q^i = 84900 \cdot 1,299 \cdot \frac{1}{3600} \cdot 1,005 \cdot (15 - 6,7) = 255,54 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовые затраты тепла:

$$Q_p = 255,54 \cdot 221 \cdot 24 = 1355384, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

Количество сэкономленной энергии:

$$\Delta Q_p = Q_p - Q_{ym}, \Delta Q_p = 3331283 - 1355284 = 1975899, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

Стоимость сэкономленной энергии находится по формуле:

$$\mathcal{E} = \Delta Q_p \cdot \Pi, \mathcal{E} = 1975599 \cdot 1,22 = 2410597, \text{ руб}$$

где Π - стоимость электрической или тепловой энергии в зависимости от типа используемого калорифера, руб/(кВт·ч).

Срок окупаемости ПВУ с рекуператором определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\Pi}{\mathcal{E}},$$
$$\tau = \frac{8500000}{2410597} = 3,5 \text{ года}$$

6.1 Вывод по разделу 6

Выполнен технико-экономический расчет рекуператора. Срок окупаемости приточно-вытяжной установки с рекуператором составил 3 года

Заключение

1. Произведен литературный обзор существующей нормативно-технической документации в области особенностей проектирования систем обеспечения микроклимата производственных зданий, осуществляющих производство и хранение строительных смесей. Выполнен патентный поиск, объектом патентного поиска была принята воздушно-тепловая завеса, определены тенденции развития и применения данного вида техники в производственных зданиях.

2. Выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций, сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций соответствуют требованиям нормативной документации, общие теплопотери здания составляют $Q = 393,66$ кВт.

3. В качестве систем обеспечения микроклимата спроектированы:

- двухтрубная горизонтальная система отопления с тупиковым движением теплоносителя, с открытой прокладкой трубопроводов, в качестве отопительных приборов были приняты регистры отопительные (пятитрубные), производства ООО «ТОР ТЗПО»

- 2 приточно-вытяжных, системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха, в качестве воздухораспределительных устройств используются перфорированные воздухораспределители ВПК, в качестве вытяжных устройств приняты вентиляционные решетки «Арктос» АДН.

4. В качестве предложений по уменьшению энергоемкости здания цеха производства пазогребневых плит и склада хранения готовой продукции были приняты приточно-вытяжные установки с рекуперацией тепла и автоматизированный тепловой пункт с погодозависимым регулированием температуры теплоносителя.

Список используемых источников

1. СП 131.13330.2012. - Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01. - 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004
3. ТУ 5742-001-04001462-2006. Плиты гипсовые пазогребневые. – Введ. 01-06-2006.
4. 4. ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы вентиляционные. Общие требования. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 1977.
5. Алексеев С.В Гигиена труда/С. В. Алексеев, В. Р. Усенко. М.: Медицина, 1988. – 575 с.
6. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2013-01-01.
7. СП 56.13330.2011. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. – Введ. 2011-05-20.
8. СП 50.13330.2012. - Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23.02.2003 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01.- 07. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293799/4293799306.pdf>
9. ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные неоднородные. Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче. [Электронный ресурс]. – Введ. 2012.- 05.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54851-2011>.
10. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Электронный ресурс]. – Введ. 2011.- 05. - 20. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084848>
11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1) 99

[Электронный ресурс]. – Введ. 2017.- 05. - 08. – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/456054197>

12. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.[Электронный ресурс] Введ. 1996.- 07.- 01. – Режим доступа:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851779.pdf>

13. Сергеев В.С. Безопасность жизнедеятельности. - М.: ОАО «Издательский дом «Городец», 2013. - 416 с.

14. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. - Ростов н/Д: «Феникс», 2010. - 416 с.

15. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции.-М.: Профиздат, 1965. - 608 с.

16. Сорокин В.В. Вентиляция на предприятиях строительных материалов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1994.- 384 с.

17. СП 1.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. [Электронный ресурс]. – Введ. 2009.- 05.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071143>

18. СП 7.13130.2013. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 02.- 25.- Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/1200098833>

19. В.Н. Богословский, Б.Д. Симаков, В.И. Новожилов, В.П. Титов. Отопление и вентиляция. Ч.II: Вентиляция – М.: Госстройиздат, 1976. – 439с.

20. СНиП 31-04-2001 Складские здания. [Электронный ресурс]. – Введ. 2002.-01.-01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200008166>

21. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

22. EN 13779:2007 Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. [access mode]: http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_25_Pre-FV_version_prEN_13779_Ventilation_for_non-residential_buildings.pdf

23. CR 1752:1998 Ventilation for buildings — design criteria for the indoor environment., 1998. – 73 p.
24. H. Roger. HVAC Systems Design Handbook. - Gardners Books, 2010. – 256 p.
25. K.Tamizi. Energy saving of HVAC Systems by Using Model Predictive Control (MPC). - OmniScriptum Publishing KS, 2018. - 84 p.
26. Brumbaugh James E. Audel HVAC Fundamentals, Volume 1. Heating Systems, Furnaces and Boilers. - John Wiley & Sons Limited, 2011. – 322 p.
27. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. Под. ред. И. Г. Староверова. Изд. 3-е, перераб. и доп. Ч. I. Отопление, водопровод, канализация - М.: Стройиздат, 1975. – 429 с.
28. Методика расчета системы VALTEK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://valtec.ru/document/TechCat_2017_web.pdf
29. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2 / Б.В. Баркларов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера.- М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
30. Системы вентиляции и кондиционирования: Рекомендации по проектированию и наладке / Ю.С. Краснов, А.П. Борисоглебская, А.В. Антипов: Москва 2004. – 373 с.
31. Патент на изобретение ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВАЯ ЗАВЕСА, № RU 2213911 C2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2213911&TypeFile=html
32. Патент на изобретение ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВАЯ ЗАВЕСА, № RU 38903 U1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU38903U1_20040710
33. Патент на изобретение Воздушно-тепловая завеса, № RU 31278 U1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU31278U1_20030727

34. Патент на изобретение Воздушно-тепловая завеса, № RU 28911 U1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU28911U1_20030420

35. Патент на изобретение ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВАЯ ЗАВЕСА, № RU 2307291 C1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2307291C1_20070927

36. Малявина, Е. Г. Теплотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. — М.:АВОК-ПРЕСС, 2007. - 144 с.

37. Отопление и вентиляция часть II. Под ред. В. Н. Богословского – М.: Стройиздат, 1976. – 441 с.