

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЯМОТОЧНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА С ФРЕОНОВЫМ ОХЛАДИТЕЛЕМ

В данной статье рассматриваются основные особенности проектирования, подбора, монтажа и работы фреоновой охладительной секции центрального кондиционера НС, работающего по прямоточной схеме, совместно с компрессорно-конденсаторным блоком MSAT. Работа носит рекомендательный характер и предназначена для того, чтобы обсудить накопленный практический опыт в данном вопросе.

Широкая гамма современного оборудования для систем вентиляции и кондиционирования воздуха позволяет реализовать самые разнообразные технические решения. С одной стороны, это дает широкий простор для инженерно-конструкторской мысли и позволяет выбирать самые оптимальные варианты с точки зрения стоимости, энергоэффективности, уровня создаваемого комфорта, сложности монтажа и так далее. Но с другой стороны, современный специалист должен знать основные особенности работы оборудования, его функциональные возможности и допустимые рабочие диапазоны.

Только в этом случае система вентиляции и кондиционирования будет работать надежно и обеспечивать комфортные условия в течение всего периода эксплуатации.

С точки зрения различных «тонкостей, особенностей и нюансов», одной из наиболее актуальных тем являются системы с фреоновым охлаждением.

Рассмотрим типичный случай проектирования и подбора испарительной секции центрального кондиционера, работающего без рециркуляции, то есть на 100% свежем воздухе, или, как еще говорят, «на прямотоке». Необходимо подчеркнуть, что приведенный далее пример не является рекомендуемым, а только лишь отражает возможную ситуацию.

Подбор оборудования.

При проектировании системы, расчет испарительной секции центрального кондиционера выполняется в соответствие с требованиями СНиП 2.04-05-91. В частности, для Москвы температура наружного воздуха по параметрам Б $T_n = 28,5^\circ\text{C}$, а удельная энтальпия 54 кДж/кг .

Допустим, что, согласно проекту, температура на выходе из испарительной секции кондиционера должна быть 14°C . Расход воздуха $10000 \text{ м}^3/\text{час}$. Компоновочная схема центрального кондиционера, работающего на прямотоке, приведена на рис. 1.

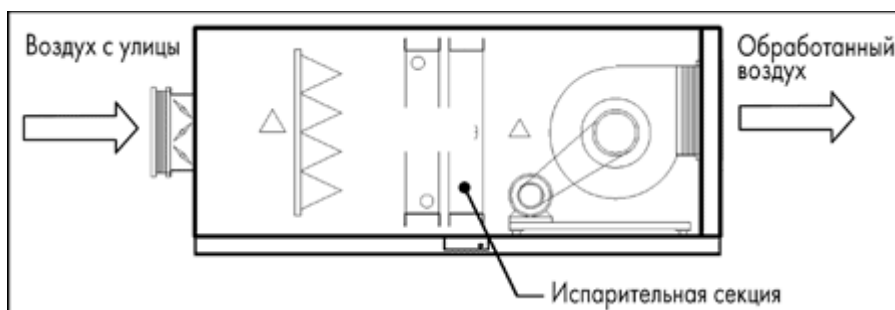


Рис.1 Схема центрального кондиционера работающего на прямотоке

При этом, перепад температуры по воздуху (разность между температурой воздуха на входе и выходе) составит $14,5^\circ\text{C}$. В то время как оптимальное рекомендуемое значение составляет $6-10^\circ\text{C}$.

По этим данным с помощью программы подборы центральных кондиционеров рассчитывается теплообменник непосредственного охлаждения для испарительной секции. При выполнении расчета необходимо задать температуру кипения фреона в теплообменнике (температуру испарения). Стандартно для R22 эта величина равна $7,5^\circ\text{C}$. Однако, на практике, чтобы сделать стоимость кондиционера более низкой, выбор оборудования производят при температуре кипения $+5^\circ\text{C}$. Таким образом, полный перепад температур на теплообменнике (разность между температурой воздуха на входе и температурой кипения фреона в теплообменнике) составит $23,5^\circ\text{C}$. Оптимальное рекомендуемое значение составляет $16-20^\circ\text{C}$.

Фреоновый охладитель

Геометрия P30 Cu-Al 1300x840 28NT 5R 2.5 p.a. NCx

Мощность	kW	64.0	Теплоноситель	R22
Расх. возд.	m ³ /h	10000	Темп. кипения	°C 5
Скор. возд.	m/s	2.54		
Сопр. по возд.	Pa	96		
Нач. темп. возд.	°C	28.5	Получ.	4.05
Влажность	%	41	Н.рядов	5
Кон. темп. возд.	°C	14.1	E%	
Влажность	%	85.1	DFW	0
Поддон		Алюминий		

OK ESC

Рис. 2 Расчет испарительного теплообменника по программе подбора

В результате, с помощью программы подбора центральных кондиционеров CLIVET определяются конструктивные параметры теплообменника и расчетные параметры воздуха на выходе из секции.

В данном случае был выбран теплообменник со следующими конструктивными параметрами: P30 Cu-Al 1300x840 28NT 5R 2.5.p.a. NCx. При этом, расчетная температура воздуха на выходе составит 14,1°C, относительная влажность 85,1% (рис. 2).

Полное количество теплоты, ассимилируемой из воздуха, составляет 64,0 кВт.

Соответственно подбирается компрессорно-конденсаторный блок, который, при температуре кипения фреона +5°C и температуре наружного воздуха $T_n = 28,5^\circ\text{C}$, обеспечивает холодильную мощность 64,0 кВт. Однако, на практике следует учитывать место размещения компрессорно-конденсаторного блока, и, если блок будет расположен на солнечной стороне или открытой кровле здания, к расчетной температуре наружного воздуха вводится дополнительная поправка 5-10°C, учитывающая дополнительный нагрев воздуха.

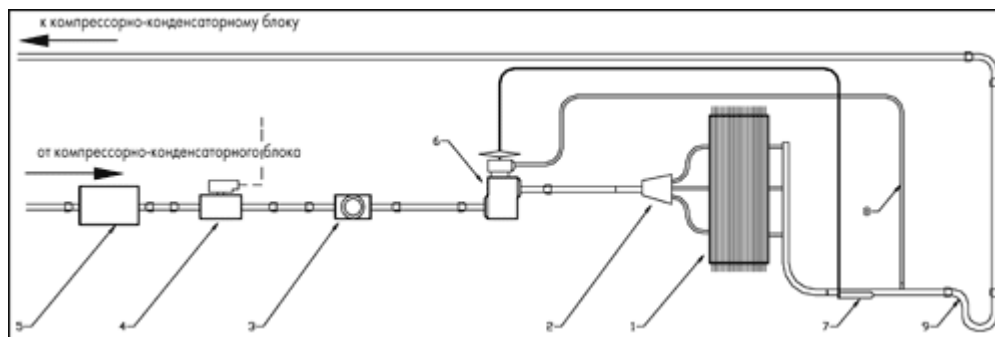


Рис.3 Схема соединения одного контура компрессорно-конденсаторного блока

В данном случае можно выбрать компрессорно-конденсаторный блок MSAT-202 с номинальной холодильной мощностью 63,9 кВт.

Особое внимание следует обратить на то, что требуемую холодильную мощность способен обеспечить, как правило, только двухконтурный компрессорно-конденсаторный блок. То есть блок, в котором установлено два компрессора и имеется, соответственно, два отдельных холодильных контура. Для оптимальной работы такого блока необходимо, чтобы каждый контур имел свой отдельный испарительный теплообменник. Это следует учитывать при заказе испарительной секции центрального кондиционера, так как изготовитель должен будет установить на ней два узла распределения жидкого фреона и два коллектора для газообразного фреона.

Монтаж.

При монтаже системы компрессорно-конденсаторный блок и испарительная секция центрального кондиционера соединяются между собой медными трубопроводами. На каждый холодильный контур необходимо использовать одну трубку для подачи жидкого фреона в испарительную секцию и одну трубку для возврата газообразного фреона в компрессорно-конденсаторный блок. Соответственно, для соединения с двухконтурным блоком используется четыре трубки. Расстояние между испарительной секцией и компрессорно-конденсаторным блоком не должно превышать 15-20 м, в зависимости от модели.

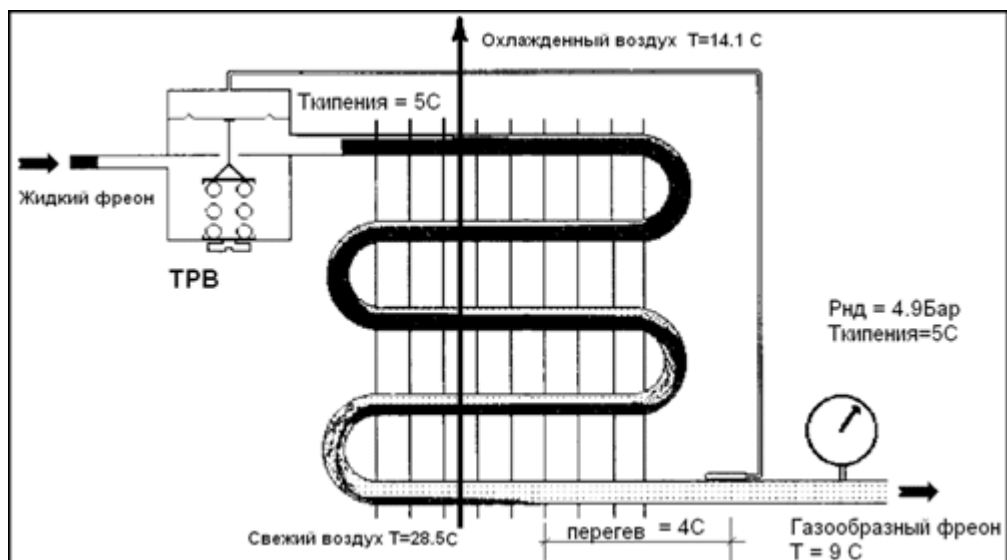


Рис. 4 Схема работы испарителя и ТРВ в расчетном режиме

Кроме этого, для обеспечения работы холодильного контура в трубку подачи жидкого хладагента устанавливают дополнительные элементы: электромагнитный клапан, фильтр-осушитель, смотровое стекло и терморегулирующий вентиль (ТРВ). Эскизная схема соединений показана на рис 3.

Основным элементом на соединительной схеме является ТРВ (позиция б). Без него работа холодильного контура невозможна. Терморегулирующий вентиль служит для регулирования количества жидкого хладагента подаваемого из компрессорно-конденсаторного блока в испарительный теплообменник.

Правильно подобранный и смонтированный ТРВ должен заполнить теплообменник таким количеством жидкого фреона, чтобы он полностью успел испариться за время прохождения через трубки теплообменника и не попал в компрессор. Для этой цели ТРВ поддерживает постоянным значение перегрева паров фреона. Для нормальной работы системы рекомендуемая величина перегрева должна составлять от 4 до 8°C. Слишком большой перегрев значительно снижает холодильную мощность системы, а слишком маленький — не гарантирует безопасность компрессора. Общая схема работы испарителя и ТРВ приведена на рис.4.

В некоторых случаях считается, что настройка ТРВ регулирует температуру кипения фреона в теплообменнике. На самом деле это не вполне корректно. Температура кипения определяется температурой, влажностью и объемом охлаждаемого воздуха, геометрией теплообменника и количеством поданного хладагента. В свою очередь, количество хладагента дозируется ТРВ таким образом, чтобы поддерживать заданную величину перегрева.

В результате, открытие ТРВ действительно приводит к незначительному увеличению температуры (давления) кипения фреона. Однако, при проектировании и наладке системы необходимо помнить, что регулировка температуры не входит в задачу ТРВ. Температура кипения фреона в испарителе, при расчетных параметрах работы, уже была определена конструктивно, при подборе секции центрального кондиционера. Функция ТРВ — оптимально заполнить теплообменник и поддерживать заданное значение перегрева, чтобы не допустить попадания жидкого фреона в компрессор.

Работа центрального кондиционера.

Если монтаж центрального кондиционера и компрессорно-конденсаторного блока выполнен правильно, то, несмотря на то, что полный перепад температур на теплообменнике и перепад температуры по воздуху превышают рекомендуемые значения, установка будет работать нормально и обеспечит поддержание расчетных параметров.

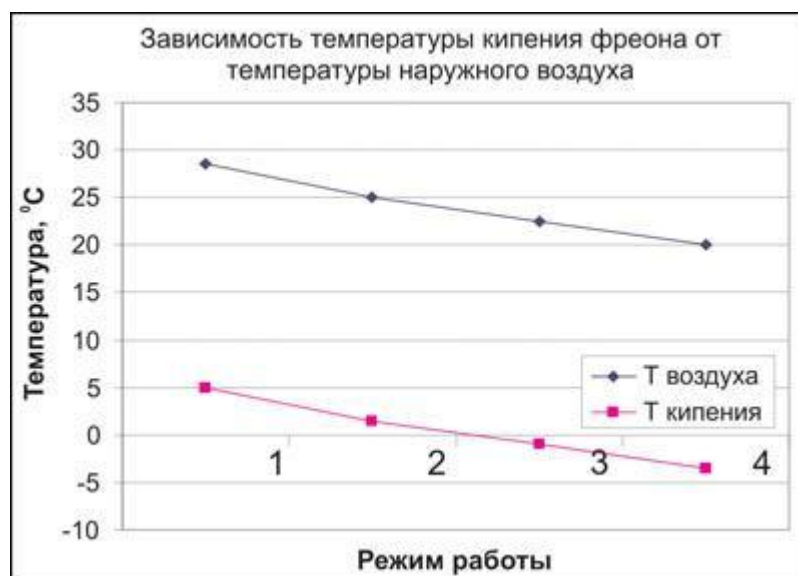


Рис. 5 Полный перепад температуры на теплообменнике

Реально центральный кондиционер работает в постоянно меняющихся условиях. В течение суток изменения температуры воздуха могут составить до 10°C. А учитывая российские климатические особенности, можно сказать, что большую часть времени кондиционеру придется работать не при расчетных +28,5°C, а при температуре наружного воздуха около 20°C. При этом, потребность в ассимиляции теплопритоков в обслуживаемых помещениях по ряду причин снижается не очень значительно.

Рассмотрим работу центрального кондиционера и компрессорно-конденсаторного блока при снижении температуры наружного воздуха.

Как показывает практический опыт эксплуатации систем кондиционирования, полный перепад температуры на теплообменнике испарительной секции остается практически постоянным, если не меняется давление конденсации. Безусловно, изменение температуры наружного воздуха оказывает влияние на давление конденсации. Однако, встроенная система автоматики компрессорно-конденсаторного блока обеспечивает поддержание давления конденсации за счет регулирования режимов работы вентилятора обдува конденсатора. Поэтому можно допустить, что полный перепад температуры на теплообменнике остается постоянным.

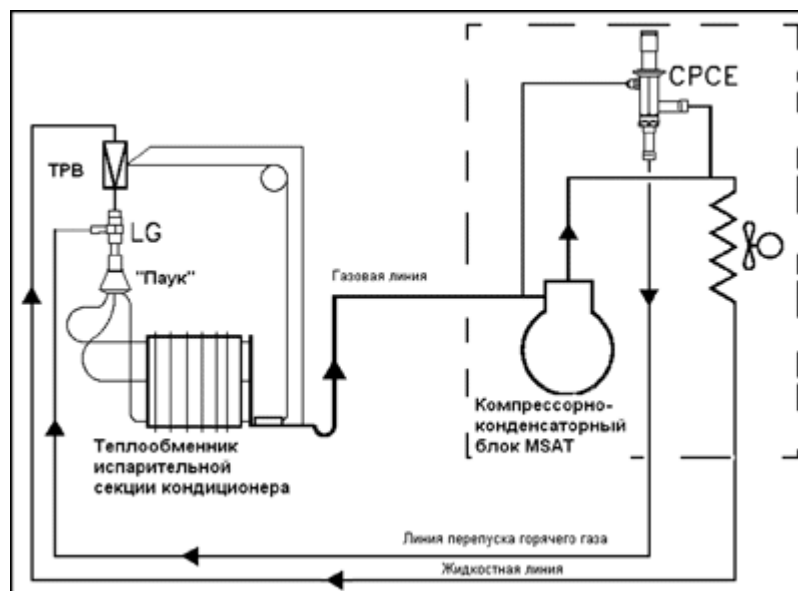


Рис. 6 Схема работы блока с опцией «Перепуск горячего газа»

В результате, при изменении температуры наружного воздуха для температуры кипения фреона в испарительном теплообменнике, получаем следующую зависимость (рис. 5).

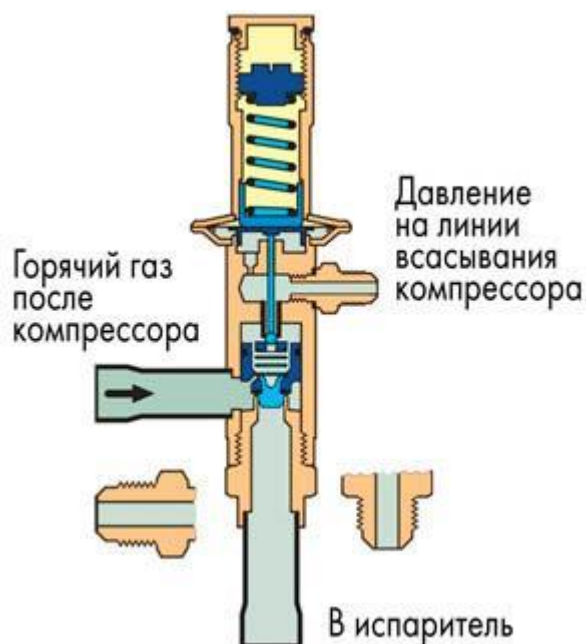


Рис. 7 Смесительный узел LG

В соответствии с графиком получается, что уже при температуре наружного воздуха $+23,5^{\circ}\text{C}$ температура кипения фреона опускается до 0°C .

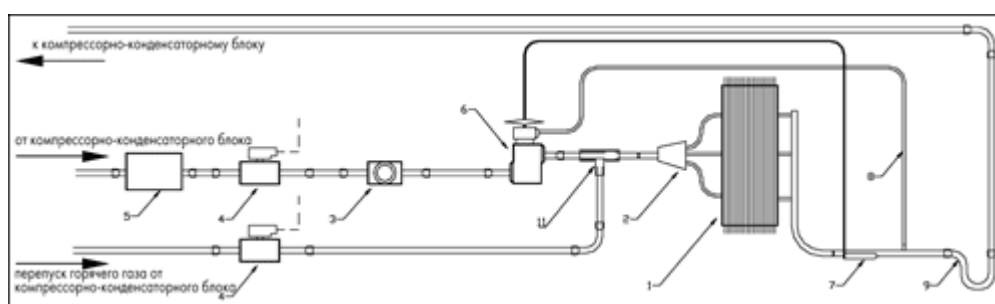


Рис.8 Схема соединения одного контура компрессорно-конденсаторного блока с опцией «Линия перепуска горячего газа»

Об этом свидетельствует появление первых кристаллов льда на поверхности теплообменника. Процесс обмерзания испарительного теплообменника идет практически необратимо, так как площадь теплообмена, покрываясь льдом, постоянно уменьшается. В результате, теплообменник полностью обмерзает и компрессорно-конденсаторный блок отключается из-за того, что давление на входе в компрессор становится недопустимо низким. И это уже при температуре наружного воздуха $+23,5^{\circ}\text{C}$. Разумеется, при более низких температурах наружного воздуха, работа центрального кондиционера в режиме охлаждения становится невозможной.

Складывается ситуация когда проектировщик сделал правильный проект, поставщик правильно подобрал оборудование, монтажники правильно все смонтировали и наладили, а в результате заказчик за свои деньги не получил желаемого результата.

Поэтому, большинство центральных кондиционеров работают в режиме с частичной рециркуляцией воздуха, когда за счет смешения наружного и рециркуляционного воздуха, температура воздуха перед испарителем поддерживается примерно на постоянном уровне и система работает в расчетном режиме, независимо от изменений параметров наружного воздуха.

Пути решения.

Вместе с тем, такой вариант не всегда приемлем и возникает реальная необходимость использовать центральный кондиционер с прямотоком при относительно низких температурах наружного воздуха ($18-22^{\circ}\text{C}$). Существует несколько вариантов решения этой задачи и еще на этапе проектирования важно принять правильное решение.

При конструктивном расчете испарительного теплообменника можно заложить температуру кипения фреона равную $10-12^{\circ}\text{C}$, что расширит рабочий диапазон системы в сторону более низких температур наружного воздуха. С другой стороны, это приведет к увеличению размеров испарителя, возрастанию потерь давления и, следовательно, увеличится стоимость оборудования и его эксплуатации. Но следует помнить, что проектировщик проектирует систему на расчетные параметры Б. Это предполагает, что некоторое время в году температура может быть значительно выше расчетной. Как было показано ранее, полный перепад температур на теплообменнике остается постоянным, поэтому, как только произойдет увеличение температуры наружного воздуха, увеличится и температура кипения фреона. Соответственно

увеличится давление и температура паров хладагента на входе в компрессорно-конденсаторный блок. Но, с другой стороны, существует конструктивное ограничение, согласно которому температура насыщенных паров фреона на входе в компрессор не должна превышать 12,5°C. Поэтому, если при проектировании заложить температуру кипения равную 12°C, а расчетную температуру наружного воздуха принять 28,5°C, то как только на улице станет 29°C сработает защита компрессора и компрессорно-конденсаторный блок будет остановлен. В результате заказчик в самую жару останется без кондиционирования. Следовательно, поднимать температуру кипения выше 7-8°C не рекомендуется.

Еще один вариант решения проблемы заключается в том, что воздух перед испарителем можно подогреть с помощью водяного или электрического нагревателя от 18°C до 25°C. Но, во-первых, это не экономично, а во-вторых, для управления такой системой потребуются специальная дорогостоящая автоматика.

С учетом изложенного, наиболее приемлемым для практического применения является метод принудительного повышения давления (кипения) фреона в испарительном теплообменнике. Сущность этого метода заключается в том, что как только возникает угроза обмерзания теплообменника, часть горячего газа с выхода компрессора с температурой 80-120°C и давлением 22 бар подается непосредственно в теплообменник испарительной секции. В результате, температура кипения фреона поддерживается на постоянном расчетном уровне, не зависимо от температуры наружного воздуха. При этом, холодильная мощность компрессорно-конденсаторного блока несколько уменьшается, но при снижении температуры наружного воздуха также снижается потребность объекта в холоде.

Опция «Перепуск горячего газа».

Для реализации этого решения фирма CLIVET предлагает компрессорно-конденсаторные блоки MSAT с опцией «Перепуск горячего газа», представленной на рис. 6.

В основе блока с опцией «Перепуск горячего газа» находится регулятор производительности CPCE фирмы Danfoss. Регулятор CPCE устанавливается в корпус блока MSAT и соединяется с компрессором. Регулятор контролирует давление на линии всасывания компрессора (НД — низкое давление) и, если оно становится ниже заданного значения, клапан открывает линию перепуска горячего газа (рис. 7). Давление открытия клапана можно отрегулировать в диапазоне от 0 до 6 бар, с помощью регулировочного винта. При открытии клапана часть фреона сразу же после компрессора подается в испаритель, что приводит к увеличению температуры конденсации и, соответственно, происходит увеличение давления паров фреона на линии всасывания компрессора. Клапан регулятора закрывается.

Подмес горячего газа в испарительный теплообменник выполняется с помощью специального узла смешения LG (рис. 7), который устанавливается между TPV и распределителем жидкости («пауком») и обеспечивает равномерное перемешивание двух потоков фреона.

Монтаж системы не представляет никаких проблем, для тех, кто уже имеет опыт монтажа обычных компрессорно-конденсаторных блоков. Только в данном случае, для каждого контура используется еще одна дополнительная трубка — «линия перепуска» (рис. 8). Ее диаметр составляет от 18 до 22 мм в зависимости от холодильной мощности блока. Для того, чтобы предотвратить возможность конденсации жидкого хладагента в компрессоре, в некоторых случаях в линию перепуска горячего газа рекомендуется устанавливать дополнительный электромагнитный клапан.

Таким образом, использование блока с опцией «Перепуск горячего газа» позволяет поддерживать температуру кипения фреона в испарительной секции центрального кондиционера и избегать обледенения теплообменника при постоянно меняющихся условиях эксплуатации системы.

Перечень обозначений, используемых на рис. 3 и рис. 8:

1. Испаритель
2. Распределитель хладагента
3. Смотровое стекло
4. Электромагнитный клапан
5. Фильтр осушитель
6. TPV
7. Термобалон
8. Линия внешнего уравнивания
9. Маслоподъемная петля
10. ---
11. Смесительный узел

Статья подготовлена:

*Ананьев В.А., главный инженер департамента вентиляции профессионального оборудования ЗАО «ЕВРОКЛИМАТ»,
Волков В.А., ведущий инженер, к.т.н.*