

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
Инженерно-строительный факультет

Кафедра технологии, организации и экономики строительства

УДК 692.842

**Н.И.Ватин, Т.В.Самопляс**

**Системы вентиляции жилых помещений  
многоквартирных домов**

Санкт-Петербург  
2004

## Содержание

Введение .....	3
1. Обзор литературы, постановка задачи исследования.....	5
1.1. Требования к микроклимату. Обеспечение норм воздухообмена .....	5
1.1.1. Человеческая потребность в вентиляции .....	5
1.1.2. Требования к системам вентиляции.....	7
1.2. Классификация систем вентиляции многоквартирных домов.....	11
1.2.1. Системы общеобменной вентиляции .....	11
1.2.2. Естественная вентиляция.....	13
1.2.3. Вентиляция с механическим побуждением на вытяжке.....	14
1.2.4. Вентиляция с механическим побуждением на притоке в квартиру.....	14
1.2.5. Вентиляция с механическим побуждением на вытяжке из квартиры ..	17
1.3. Классификация домов с точки зрения вентиляции .....	18
1.4. Схемы воздухообмена и воздухораспределения.....	18
1.5. Влияние воздухопроницаемости на проектирование систем вентиляции ..	19
1.6. Выводы по главе. Постановка задачи исследования.....	21
2. Вентиляция в многоквартирных домах из сборного железобетона.....	23
2.1. Анализ возможностей естественной вентиляции.....	23
2.1.1. Факторы побуждения.....	23
2.1.2. Случай постоянства температуры по высоте канала.....	23
2.1.3. Учет потерь тепла по длине канала.....	24
2.1.4. Анализ эффективности вентиляции с естественным побуждением ..	25
2.2. Падение давления на фильтрах .....	28
2.3. Система вентиляции для домов из сборного железобетона.....	31
2.4. Маркетинговый анализ вентиляционных систем.....	35
2.4.1. Расчет количества оборудования систем вентиляции.....	35
2.4.2. Расчет сметной стоимости .....	38
2.4.3. Обобщенные технико-экономические показатели.....	47
2.5. Выводы по главе .....	50
3. Вентиляция с механическим побуждением на притоке .....	52
3.1. Модельная квартира .....	52
3.1.1. Описание квартиры .....	52
3.1.2. Проект вентиляции .....	54
3.2. Экспериментальные исследования .....	57
3.2.1. Методика измерений .....	57
3.2.2. Результаты измерений.....	58
3.3. Выводы по главе .....	63
Заключение .....	64
Список использованных источников .....	65

## Введение

Учитывая катастрофический уровень загрязнения воздуха в городах и еще более низкое его качество в помещениях, мы вынуждены дышать воздухом с очень высоким содержанием опасных для жизни веществ. Причем эта проблема не зависит от места жительства, она одинаково актуальна как для загородного дома, так и для городской квартиры.

Проводя основную часть жизни в домах, где отсутствуют природные механизмы очищения воздуха, мы вынуждены очищать его своими легкими, ведь процесс его загрязнения идет постоянно. Человек за сутки вдыхает до 24 кг воздуха, это как минимум в 16 раз больше, чем количество выпиваемой в сутки воды.

По данным института Экологии человека АМН РФ в обычной квартире присутствует до 150 видов химических испарений, это испарения лака и краски, мебельного клея и ДСП, бытовой химии и антропоксинов - продуктов жизнедеятельности человека и домашних животных и т.д.

Последствия воздействия такой химической смеси на организм человека сравнимы с состоянием хронической интоксикации у токсикоманов.

Нахождение в помещении с высоким содержанием химических веществ в воздухе отрицательно сказывается на самочувствии и работоспособности, приводит к быстрой утомляемости и снижению концентрации внимания, многие химические вещества (фенолы, формальдегиды, углеводороды и т.д.) являются сильнейшими канцерогенами, вызывающими злокачественные новообразования и опухоли.

Современный городской житель 90% времени проводит в помещении. По оценкам экологов, воздух в доме в 4-6 раз грязнее и в 8-10 раз токсичнее уличного. Около 10% инфекционных и простудных заболеваний приобретается вне стен, а 90% - внутри помещений.

В природе происходит естественное обновление среды: большая часть пыли, микробов, токсических соединений разрушается, а в доме почти все способствует их сохранению, накоплению и размножению. По мнению специалистов, загрязненная атмосфера дома способствует заболеванию органов дыхания. Чаще, чем принято думать, загрязненный воздух становится причиной кожных и аллергических заболеваний.

Мы выучили еще в школе, что человек и животные при дыхании поглощают кислород, а выдыхают углекислый газ. Но далеко не все знают, что для организма совсем небезразлично соотношение отрицательно и положительно заряженных частиц в воздухе - аэроионов. В комнате, где много людей, количество положительных зарядов постоянно возрастает, а отрицательных - уменьшается. И люди ощущают духоту, вялость, головную боль - симптомы кислородного голодания.

Актуальность работы определяется тем, что из-за широкого применения современных воздухонепроницаемых строительных материалов и, не в последнюю очередь, окон со стеклопакетами все большее значение начинают иметь приточно-вытяжные системы механической вентиляции жилых помещений.

Семья из четырех человек выделяет в день около 10-15 л влаги (ванная, душ, кухня, дыхание и физическая деятельность). Эта влага должна быть удалена из помещения. В противном случае она сконденсируется на стенах, за шкафами и в углах помещения, разовьется грибок и т. д.

К этому добавляются вредные выделения из мебели, пластмасс, ковров, стеновых панелей, чистящих средств, табака и т. д., которые могут являться аллергенами.

Даже когда учтены все вредные выделения, влияющие на качество воздуха, определяющим все равно остается содержание  $\text{CO}_2$ . Отработанный воздух характеризуется в первую очередь не пониженным содержанием кислорода, а повышенным содержанием  $\text{CO}_2$ . Переизбыток  $\text{CO}_2$  в воздухе приводит к повышению утомляемости, проблемами с концентрацией внимания, головным болям. В любом случае, объемное содержание  $\text{CO}_2$  не должно превышать 0,1%. Содержание  $\text{CO}_2$  в закрытом помещении площадью 20 м<sup>2</sup>, в котором находятся два человека, уже через полчаса существенно повышается и ухудшает самочувствие людей.

При применении окон с высокими звуко- и теплозащитными свойствами естественного воздухообмена, обусловленного щелями и неплотностями, недостаточно для обеспечения здорового микроклимата в помещении. Современная конструкция окна с многослойным стеклопакетом и двойным уплотнением обеспечивает воздухообмен лишь около 0,2 м<sup>3</sup>/ч. По санитарно-гигиеническим соображениям и действующим СНиП приток свежего воздуха в расчете на одну комнату типовой квартиры (с учетом вытяжки из кухни и санузлов) должен быть около 100 м<sup>3</sup>/ч. Таким образом, для нормального воздухообмена при естественной схеме вентиляции требуется периодическое открывание окон, что обуславливает их высокие теплотехнические, акустические и пылезащитные характеристики.

Назначение системы вентиляции – обеспечить санитарно-гигиенические условия для пребывания в помещении человека в соответствии со СНиП, для чего вентиляционные устройства должны без приоткрывания окон обеспечить поступление свежего очищенного воздуха в жилые помещения и удаление отработанного воздуха через кухни, туалеты и ванные комнаты. Необходимость применения фильтров воздуха обуславливает применения вентиляторов в системе вентиляции для преодоления гидравлического сопротивления фильтров.

Незначительное количество жилых многоэтажных зданий с системами приточно-вытяжной механической вентиляции не только в России, но и за рубежом, в странах с аналогичным холодным климатом, свидетельствует о существенном разрыве в исполнении различных составляющих программ энергосбережения: значительное увеличение уровня теплоизоляции и воздухопроницаемости ограждающих конструкций не всегда сопровождается мерами по улучшению качества внутреннего воздуха. Во многом это обуславливается отсутствием эталонных проектов систем механической вентиляции жилых многоэтажных зданий массовой застройки и эталонных проектов реконструкции систем вентиляции существующих зданий.

# 1. Обзор литературы, постановка задачи исследования

## 1.1. Требования к микроклимату. Обеспечение норм воздухообмена

### 1.1.1. Человеческая потребность в вентиляции

Сегодня владельцы собственных домов уделяют большое внимание внутреннему содержанию своих домов. При планировании нового дома или реконструкции старого они хотят быть уверенными в том, что все в новом доме будет радостным и приятным, функциональным и удобным.

Повсюду домовладельцы преследуют одну цель - дом должен отвечать потребностям их семей. Они согласны вложить в него большие средства, приобрести любое оборудование, улучшающее физический и психологический климат в семье. При этом обращается внимание на все аспекты быта - дом должен иметь надежный источник тепла; дети должны играть и расти в полной безопасности; каждый член семьи после окончания работы должен иметь свой "угол", чтобы сесть и расслабиться, а когда в дом приходят гости, они должны попадать в атмосферу мира и благожелательности.

Однако, устраивая свой быт, жители и старых, и новых домов зачастую увлекаются лишь внешними атрибутами интерьера жилища и рискуют упустить из виду одну, скрытую от глаз, но не менее важную составляющую комфорта жилища - качество воздуха.

Стиральная машина для семьи из четырех человек производит 2 литра водяного пара. При отсутствии вентиляции в доме при стирке белья в воздух выделяется 12 литров пара.

Почти всегда, когда холодная погода заставляет нас сидеть дома, мы чувствуем болезненное недомогание в домах, в которых в другое время жить очень хорошо. Воздух становится каким-то несвежим и влажным, и ощущение затхлости долго не исчезает. Это чувство дискомфорта не проходит и при увеличении температуры воздуха в помещении.

В большинстве случаев это объясняется тем, что дом "не дышит". Хорошо теплоизолированные и плотно закупоренные дома не могут сами избавляться от излишней влаги, в результате в помещении и появляются различные запахи, и даже заводится плесень.

Воздух внутри помещений загрязняется выделениями газа, взвешенными твердыми частицами, летучими составляющими органических соединений, а также излишней влагой. За исключением паров воды, эти компоненты воздушной среды помещения визуально никак себя не проявляют.

Для восстановления комфортности помещения следует уменьшить влажность воздуха, удалить из него все твердые частицы и открыть в него доступ свежему воздуху. Одним словом, чтобы обеспечить для своей семьи хороший воздух все жилые комнаты в нем должны иметь хорошую вентиляцию.

Кроме газов и водяных паров, в воздухе во взвешенном состоянии находятся нитеобразные, пылевидные и другие частицы, причем некоторые из них вредны для здоровья человека. Их предельно допустимую концентрацию (ПДК), измеренную в миллиграммах на 1 м<sup>3</sup> воздуха, строго ограничивают, и если она не превышает норму, то воздух называют "чистым".

Свежесть и чистота атмосферного воздуха поддерживаются самой природой за счет постоянного перемешивания воздушных масс, которое в замкнутом пространстве (например, в комнате) затруднено, что вынуждает человека вмешиваться в этот процесс.

Системы вентиляции играют существенную роль в обеспечении высокого качества воздуха в помещениях. Вентиляционный воздух эффективно удаляет из помещений внутренние загрязнения.

Снижение качества воздушной среды в помещениях может иметь различные последствия, приводящие в конечном итоге к возрастанию сопутствующих затрат. Наиболее серьезными случаями являются рак легких со смертельным исходом и

"болезнь легионеров". В других ситуациях плохое качество воздуха вызывает только временный дискомфорт. Величина затрат, сопутствующих плохому качеству воздуха в помещениях, складывается из следующих составляющих: расходы на амбулаторное и больничное лечение, оплата больничных листов, потери продукции в связи с потерей рабочих дней, снижение производительности труда.

Из имеющихся данных о комплексной связи между вентиляционным воздухообменом и качеством воздуха в помещении нелегко выделить фактор влияния воздухообмена на состояние здоровья, однако при снижении воздухообмена риск респираторных заболеваний увеличивается (1,5-2), возрастает значение показателя "синдром дискомфорта здания (SBS)" (1,1-6). При увеличении нормы подачи свежего воздуха от 10 до 20 л/с·чел субъективная оценка качества воздуха улучшается, а "синдром дискомфорта здания" снижается. Многочисленные данные позволяют определить влияние нормы подачи вентиляционного воздуха (до 25 л/с·чел) на объективные и субъективные показатели самочувствия в доленом отношении. По мере возрастания объема подаваемого воздуха влияние этого возрастания на самочувствие ощущается все меньше, однако имеющиеся данные и выявленные устойчивые зависимости для нормы подачи наружного воздуха около 10 л/с·чел и весьма важны для здоровья людей. В стандартах по системам вентиляции должно быть упоминание о благоприятном воздействии на здоровье определенной нормы подачи свежего воздуха и количественная оценка этого воздействия, сопоставленная с затратами на дополнительную вентиляцию. Существующие в настоящее время стандарты содержат требования подачи наружного воздуха, не приводя их гигиенического обоснования.

Риск возникновения "синдрома дискомфорта здания" значительно снижается, если концентрация углекислого газа не превышает 0,08% (800 частей на миллион).

Определение оптимального объема вентиляционного воздуха для здания - не такая простая задача, как может показаться. Системы вентиляции потребляют энергию на обработку воздуха (нагрев, охлаждение, увлажнение, осушка). Кроме того, расходуется энергия на привод вентиляторов, перемещающих воздух по сети. Для нагрева и охлаждения воздуха необходимо специальное оборудование, что также связано с затратами. Вследствие этого часто стремятся сократить объемы вентиляционного воздуха для снижения капитальных и эксплуатационных расходов. Поскольку расход вентиляционного воздуха напрямую связан с энергопотреблением и затратами на сооружение систем вентиляции, важно не допускать избыточного воздухообмена, хотя, с другой стороны, недостаточная вентиляция может причинить вред здоровью людей. Расчетный объем вентиляционного воздуха должен соответствовать балансу этих факторов.

Даже если потребление энергии системой вентиляции не является определяющим фактором в энергопотреблении здания, повышение эффективности вентиляции весьма важно для обеспечения качественного микроклимата во всем объеме здания. Существуют различные способы улучшения микроклимата при экономном расходовании энергии. Эти способы можно сгруппировать следующим образом:

1) Способы улучшения качества воздушной среды без сокращения расхода энергии:

- Корректный выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха.
- Использование приточных установок, не загрязняющих воздух.
- Повышение степени очистки приточного воздуха.
- Сбалансированный воздухообмен.
- Повышение эффективности вентиляции.
- Правильное размещение воздухозаборных устройств.

2) Способы энергосбережения без ухудшения качества воздушной среды:

- Утилизация тепла удаляемого воздуха.
- Местное регулирование параметров воздуха в помещении.

3) Способы улучшения качества воздушной среды при одновременной экономии энергии:

- Контроль источников загрязнения воздуха и уменьшение объема загрязнений.
- Использование локализирующего воздухоудаления.
- Нормированная подача наружного воздуха.
- Использование естественной вентиляции и охлаждения.
- Усовершенствование системы регулирования и обслуживания.

На сегодня, нормативная документация для жилых зданий, располагает широким диапазоном выбора количества воздухообмена - от  $3\text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1\text{ м}^2$  жилой площади, до  $70\text{ м}^3/\text{ч}$  на человека. К настоящему времени выявлены следующие требования к микроклимату помещений:

1. Понятие "вредности помещений" жилых зданий включает в себя большой комплекс показателей: окись углеродов (продукты сгорания), окружающий табачный дым, оксиды азота, биологические загрязняющие вещества, неорганические летучие соединения, радон, запахи людей, формальдегиды, бытовые химические вещества и т. д.;

2. Обеспечение условий микроклимата помещения включает в себя усредненные данные для больших групп людей, а также индивидуальные потребности каждого человека, то есть системы вентиляции должны предусматривать возможности индивидуального регулирования параметров микроклимата в пределах нормативного диапазона;

3. При проектировании систем вентиляции необходимо ориентироваться не только на нейтрализацию постоянно действующих возмущений, но также учитывать кратковременные изменения возмущений.

### **1.1.2. Требования к системам вентиляции**

Требования, предъявляемые к системам вентиляции можно разделить на три группы: санитарно-гигиенические, строительно-монтажные и архитектурные, эксплуатационные.

#### **1.1.2.1. Санитарно-гигиенические требования**

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха в помещении (подвижность воздуха).

Помимо метеорологических условий в помещении регламентируются:

- чистота воздуха
- снижение шума в помещениях до уровня, не беспокоящего находящихся в нем людей
- минимальный расход свежего (наружного) воздуха

Необходимо поддерживать определенную температуру или температуру и влажность. Следует отметить, что поддержание влажности существенно удорожает проект.

Подавать в помещения свежий воздух (естественным или механическим путем) или использовать рециркуляционные системы.

Удалять воздух через местные отсосы или общеобменной вытяжкой (в производственном корпусе), либо с использованием естественной вытяжки (в жилых помещениях).

В жилых зданиях с вытяжной вентиляцией с естественным побуждением компенсацию удаляемого воздуха предусматривают как за счет естественного поступления наружного воздуха, так и за счет перетекания воздуха из других помещений.

Помещения, имеющие окна, должны быть обеспечены проветриванием через фрамуги, форточки или другие устройства.

В зданиях, проектируемых для климатических районов категории III и IV, квартиры должны быть обеспечены сквозным или угловым проветриванием; допускается также вертикальное (через шахты) проветривание. В секционных домах, проектируемых для III климатического района, допускается проветривание односторонне расположенных одно- и двухкомнатных квартир через лестничную клетку или другие внеквартирные проветриваемые помещения. При этом таких квартир на этаже должно быть не более двух. В домах коридорного типа допускается проветривание одно- и двухкомнатных квартир через общие коридоры длиной не более 24 м, имеющие прямое естественное освещение и сквозное или угловое проветривание.

Вытяжную вентиляцию жилых комнат во всех квартирах следует предусматривать через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванных (душевых) и сушильных шкафов. В квартирах в четыре комнаты и более без сквозного или углового проветривания должна быть запроектирована естественная вытяжная вентиляция непосредственно из жилых комнат, не смежных с санитарными узлами и кухнями. Вентиляционные каналы из помещений кухонь, уборных, ванных (душевых), кладовых для продуктов не допускается объединять с вентиляционными каналами из помещений автономных котельных, гаражей, а также помещений, обращенных на различные фасады.

При проектировании систем вентиляции кухонь и санитарных узлов можно объединять: горизонтальный вентиляционный канал из ванной или душевой (без унитаза) с вентиляционным каналом из кухни той же квартиры; вентиляционные каналы из уборной, ванной (душевой) и сушильного шкафа той же квартиры; вертикальные вентиляционные каналы из кухонь, хозяйственных помещений, уборных, ванных и сушильных шкафов в общий вентиляционный канал. Такое объединение допускается при условии, что расстояние по высоте между присоединяемыми местными каналами составляет не менее 2 м.

Местные каналы, присоединяемые к общему каналу, должны быть оборудованы жалюзийными решетками, допускающими монтажную регулировку.

В кухнях квартир, расположенных в двух верхних этажах и не оборудованных газовыми водонагревателями, допускается устройство механической вентиляции.

Вентиляцию и проветривание закрытых лестничных клеток следует обеспечивать устройством вентиляционных шахт, открывающихся окон, фрамуг и форточек. Проветривание лестничных клеток без окон следует осуществлять через вытяжные каналы и шахты.

Для помещений с нормируемой вытяжкой компенсацию удаляемого воздуха следует предусматривать как за счет поступления наружного воздуха, так и за счет его перетекания из других помещений данной квартиры.

В зданиях с теплым чердаком удаление воздуха из чердака следует предусматривать через одну вытяжную шахту на каждую секцию дома с высотой шахты не менее 4,5 м от перекрытия над последним этажом.

В климатических районах с температурой наиболее холодной пятидневки ниже минус 40°С жилые здания высотой три этажа и более рекомендуется оборудовать приточной вентиляцией с подогревом наружного воздуха.

Удаление воздуха из жилых комнат, имеющих санитарные узлы, следует предусматривать через санитарные узлы.

Воздухообмен квартиры должен быть не менее одной из двух величин: суммарной нормы вытяжки из туалетов, ванных комнат и кухни, которая в зависимости от типа кухонной плиты составляет 110-140 м<sup>3</sup>/ч, или нормы притока, равной 3 м<sup>3</sup>/ч на каждый м<sup>2</sup> жилой площади. В типовых квартирах, как правило, первый вариант нормы оказывается решающим, в квартирах по индивидуальному проекту - второй. Так как эта норма для больших квартир приводит к неоправданно завышенным расходам вентиляционного воздуха, в московских региональных нормах МГСН 3.01-96 "Жилые здания" предусматривается воздухообмен жилых комнат с расходом 30 м<sup>3</sup>/ч на одного человека. В большинстве случаев проектные организации принимают 30 м<sup>3</sup>/ч на одну комнату. Сравнение наших норм воздухообмена с приводимыми в нормах Германии показывает,

что для небольших квартир наши нормы более жесткие, так как нижнюю границу воздухообмена они не опускают ниже 110-140 м<sup>3</sup>/ч. В то же время, по немецким нормам в квартирах до 50 м<sup>2</sup> общей площади требуется расход воздуха, равный 60 м<sup>3</sup>/ч, а в квартирах 50-80 м<sup>2</sup> - равный 90 м<sup>3</sup>/ч.

При расчете вентиляции параметры внутреннего воздуха и кратность воздухообмена принимают в соответствии с данными, приведенными в СНиП 2.08.01-89\* и СНиП 2.08.01-89\* Жилые здания (с Изменением N3, утвержденным постановлением Госстроя России от 03.06.99 № 42)

**Таблица 1-1. Расчетные параметры воздуха и кратность воздухообмена в помещениях жилых зданий**

Помещение	Расчетная температура воздуха в холодный период года, град.С	Кратность воздухообмена или количество удаляемого воздуха из помещения	
		Приток	Вытяжка
Жилая комната квартир или общежитий	18 (20)	-	3 куб.м/ч на 1 кв.м жилых помещений
То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 град. С и ниже	20 (22)	-	То же
Кухня квартиры и общежития, кубовая: с электроплитами  с газовыми плитами	18	-	Не менее 60 куб.м/ч  Не менее 60 куб.м/ч при 2-конфорочных плитах,  Не менее 75 куб.м/ч при 3-конфорочных плитах,  Не менее 90 куб.м/ч при 4-конфорочных плитах
Сушильный шкаф для одежды и обуви в квартирах	-	-	30 куб.м/ч
Ванная	25	-	25 "
Уборная индивидуальная	18	-	25 "
Совмещенное помещение уборной и ванной	25	-	50 "
То же, с индивидуальным нагревом	18	-	50 "
Умывальная общая	18	-	0,5
Душевая общая	25	-	5
Уборная общая	16	-	50 куб.м/ч на 1 унитаз и 25 куб.м/ч на 1 писсуар
Гардеробная комната для чистки и глажения одежды, умывальная в общежитии	18	-	1,5
Вестибюль, общий коридор, передняя, лестничная	16	-	-

клетка в квартирном доме			
Вестибюль, общий коридор, лестничная клетка в общежитии	18	-	-
Помещение для культурно-массовых мероприятий, отдыха, учебных и спортивных занятий, помещения для администрации и персонала	18	-	1
Постирочная	15	По расчету, но не менее 4	7
Гладильная, сушильная в общежитиях	15	По расчету, но не менее 2	3
Кладовые для хранения личных вещей, спортивного инвентаря, хозяйственные и бельевые в общежитии	12	-	0,5
Палата изолятора в общежитии	20	-	1
Машинное помещение лифтов	5	-	По расчету, но не менее 0,5
Мусоросборная камера	5	-	1 (через ствол мусоропровода)

Примечания:

- В угловых помещениях квартир и общежитий расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 град. С выше указанной в таблице.
- В лестничных клетках домов для IV климатического района и IIIБ климатического подрайона, а также домов с квартирным отоплением расчетная температура воздуха не нормируется.
- Температура воздуха в машинном помещении лифтов в теплый период года не должна превышать 40 град. С.
- Значения в скобках относятся к домам для престарелых и семей с инвалидами.

**б) строительно-монтажные и архитектурные требования**

К строительно-монтажным и архитектурным требованиям относятся:

- минимальная потребность оборудования в площади (малая масса и габариты, что очень важно при реконструкциях);
- дизайн (увязка элементов систем вентиляции с интерьером помещений);
- простота монтажа (наименьшие затраты времени и труда на монтаж и ввод установок в эксплуатацию);
- возможность строительства и ввода систем в эксплуатацию по этапам и по отдельным помещениям, этажам (часто эта проблема возникает при реконструкциях или по экономическим причинам);
- виброизоляция и звукоизоляция оборудования
- пожарная безопасность и наличие средств для предотвращения распространения дыма и огня по вентиляционным каналам.

Возможность установки наружного блока на фасаде здания, а внутреннего в подшивном потолке. Возможность установки центрального вентилятора на техническом этаже или крышного вентилятора на крыше здания. Возможность проложить по зданию или помещению коммуникации воздуховодов, (особенно в реконструируемых зданиях).

По категориям помещений: нормальные условия - помещения категории "Д" или пожароопасные "В", или взрывопожароопасные "А" и "Б" и соответствующие этим

категориям проектные решения (установка обратных и огнезадерживающих клапанов, отдельная установка блоков оборудования, различные схемы прокладки коммуникаций).

Необходимо оптимизировать цену, сравнивая в проекте оборудование различных производителей и различного класса. Для объекта необходимо разработать несколько принципиальных вариантов систем на базе различных типов оборудования и провести их сравнительную оценку.

#### **1.1.2.2. Эксплуатационные требования**

Эксплуатационные требования – требования, выполнение которых в дальнейшем при работе систем вентиляции позволяет облегчить их эксплуатацию:

- обеспечение индивидуального регулирования воздухообмена в каждом помещении;
- простота и удобство обслуживания и при необходимости ремонта;
- минимальная потребность в обслуживании и ремонте;
- сосредоточение оборудования, требующего обслуживания, в минимальном количестве помещений.

Допустимо ли обслуживание и управление системой с центрального пульта управления или необходимо управлять (регулировать параметры) автономно, и необходимо обеспечить отдельные режимы работы оборудования на группы помещений.

Системы вытяжной и приточной вентиляции, являются достаточно сложными и требуют тщательной настройки производительности. Поэтому прокладку вентиляционной системы в жилых домах настоятельно рекомендуется доверять только профессионалам. Высококвалифицированные монтажные организации систем кондиционирования и вентиляции имеют большой опыт настройки систем, в которых воздух подается в здание и выводится из него именно в тех количествах, которые необходимы для надлежащей вентиляции конкретного дома.

## **1.2. Классификация систем вентиляции многоквартирных домов**

### **1.2.1. Системы общеобменной вентиляции**

Общеобменные системы могут быть приточными и вытяжными. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

Общеобменная приточная вентиляция устраивается для ассимиляции избыточного тепла и влаги, разбавления вредных концентраций паров и газов, не удаленных местной и общеобменной вытяжной вентиляцией, а также для обеспечения расчетных санитарно-гигиенических норм и свободного дыхания человека.

При отрицательном тепловом балансе, т. е. при недостатке тепла, общеобменную приточную вентиляцию устраивают с механическим побуждением и с подогревом всего объема приточного воздуха. Как правило, перед подачей воздух очищают от пыли.

Простейшим типом общеобменной вытяжной вентиляции является отдельный вентилятор (обычно осевого типа) с электродвигателем на одной оси, расположенный в окне или в отверстии стены. Такая установка удаляет воздух из ближайшей к вентилятору зоны помещения, осуществляя лишь общий воздухообмен.

Установка может иметь протяженный вытяжной воздуховод. Если длина вытяжного воздуховода превышает 30–40 м и соответственно потери давления в сети составляют более 30–40 кг/м<sup>2</sup>, то вместо осевого вентилятора устанавливается вентилятор центробежного типа.

При общеобменной вентиляции происходит разбавление вредностей во всем объеме помещения за счет притока свежего воздуха, который, проходя по помещению, ассимилирует выделяющиеся вредности и затем выбрасывается наружу.

При строительстве любого жилого здания предусматривается общеобменная вентиляция, обычно ограничивающаяся естественной вытяжкой. При этом отработанный воздух удаляется из помещения через общий вертикальный канал, а вместо него за счет разницы давлений "притекает" атмосферный через окна и двери. Обычные окна воздухопроницаемы, даже когда закрыты, из-за щелей и зазоров в рамах, чего не скажешь о современных рамах со стеклопакетами с высокой степенью герметизации, которые сильно снижают поступление воздуха. Если в квартире душно или образуется конденсат на оконных стеклах - это признак того, что вентиляция не справляется со своими обязанностями и следует искать другие пути.

Среди многих представлений, оставшихся нам от недавнего советского прошлого, наиболее живучим явилось, пожалуй, представление о бесплатности и обязательности необходимого количества свежего воздуха в наших квартирах и домах. Мы уже привыкли не получать даром, а покупать жилье. Мы привыкаем не пить воду из-под крана, а покупать качественную бутилированную воду и тратить деньги на водяные фильтры. И только в области вентиляции все по-прежнему, живет в душе святая уверенность, что воздух - это что-то бесплатное и само собой разумеющееся. Действительно, все кажется очень просто: открыл окно и проветрил комнату. Так ли все просто?

Вряд ли кто задумывался о том, как вентилируются квартиры, в которых мы родились и выросли. Вентилируются они достаточно просто. Воздух проникает внутрь через щели в окнах, перемешивается с более грязным внутренним воздухом и через коридор добирается до вытяжных решеток в кухне, туалете и ванной комнате, через которые покидает помещения и выходит опять на улицу. Для нормального самочувствия каждому человеку требуется в час около 30 кубических метров свежего воздуха. Поскольку зимой довольно холодно, для поддержания в жилых помещениях комфортной температуры 20-22 градуса внешний холодный воздух необходимо нагревать.

Еще одним из ресурсов сбережения "вентиляционного" тепла является более рациональный подход к нормам воздухообмена. До сих пор в литературе встречаются призывы для обеспечения нормального микроклимата в жилых помещениях обеспечить 2-х, а то и 3-х кратный воздухообмен. Многие ошибочно думают, что при увеличении кратности воздухообмена чистота воздуха увеличивается пропорционально. На самом деле, это не так. Человек в спокойном состоянии выдыхает около 2-х кубометров воздуха в час. Если представить такого человека в комнате площадью 15 кв.м. с высотой потолков 2,7 м (объем комнаты составляет 40 куб. м.), то понятно, что при однократном воздухообмене он будет дышать воздухом, состоящим на  $2/40 = 5\%$  из старого и 95% нового внешнего воздуха. При 2-х кратном воздухообмене во вдыхаемом воздухе будет  $2/80 = 2,5\%$  старого воздуха и 97,5% нового. Чистота внутреннего воздуха, таким образом, изменится незначительно, но затраты на его нагрев вырастут вдвое. Наверное, при бесплатных энергоносителях так и можно делать, но только не сейчас в России. В нашей стране и так на обогрев квадратного метра жилой площади тратится энергии в несколько раз больше, чем в европейских странах с идентичным климатом. Недаром энергосбережение является одной из приоритетных задач начавшейся реформы жилищно-коммунального хозяйства. Однако, увлекаться снижением кратности воздухообмена нельзя, это может привести к ухудшению качества воздуха. Воздух в жилом помещении всегда грязнее уличного. Большой ошибкой является максимальная герметизация окон в квартирах в центре города и грязных районах под предлогом борьбы с внешними загрязнениями: внешний воздух все равно попадет внутрь, только к нему прибавятся еще собственные испарения самих жильцов. В этих районах города придется устраивать дорогую механическую вентиляцию с фильтрацией, очисткой и обеззараживанием внешнего воздуха.

Нормативный воздухообмен необходим только во время присутствия людей в данном помещении. Однако, в дневное время люди обычно находятся на работе и в квартирах никого нет или находится, по крайней мере, значительно меньше обитателей. Да и ночью заняты только спальни, гостиные в это время пустуют. На этом и основан

принцип гигрорегулируемой вентиляции. Поскольку вся жизнедеятельность людей (дыхание, стирка, приготовление пищи и т. д.) сопровождается выделением паров воды, уровень относительной влажности воздуха в жилом помещении является своеобразным индикатором присутствия людей и, соответственно, потребности в вентиляции. Были разработаны специальные приточные клапаны для подачи свежего воздуха через окно или стену и специальные вытяжные решетки для кухонь и санузлов для удаления отработанного воздуха, которые автоматически усиливают воздухообмен в присутствии людей и снижают в их отсутствии.

Требования к современному жилью становятся все более высокими. Только необходимый воздухообмен позволяет создать в жилом помещении нормальный микроклимат и комфортные условия. Далеко не всегда простейшие дешевые системы естественной вентиляции позволяют решить все проблемы. Для создания эффективного воздухообмена придется использовать более сложные системы, придется платить за комфорт, платить за воздух. Придется также и максимально экономить на подогреве этого воздуха, т.к. эксплуатационные расходы являются одним из показателей качества жилья.

### **1.2.2. Естественная вентиляция**

Действие такой системы основано на разности удельного веса холодного воздуха снаружи и теплого внутри квартиры. В квартире имеется вентиляционный канал, теплый воздух через него устремляется вверх и наружу. И чем холоднее на улице, тем больше воздуха удаляется в канал. Летом, когда температура наружного воздуха выше внутреннего, естественное побуждение просто не работает, а может даже работать с обратным эффектом - происходит "опрокидывание" вентиляции (перетекание воздуха из вентиляционной шахты в квартиру).

Естественная вентиляция работает достаточно надежно лишь в случае, если обеспечено поступление в помещение наружного свежего воздуха (иначе говоря, инфильтрация). Такая вентиляция называется неорганизованной, т.е. зависящей от случайного распределения перепада давления между смежными помещениями. Реально инфильтрация обеспечивается за счет щелей и технологических зазоров в оконных и дверных конструкциях. Однако современные двери и пластиковые окна (стеклопакеты), как правило, герметичны и воздух практически не пропускают. Поэтому при закрытых окнах и дверях вытяжная вентиляция просто перестает действовать. И вот уже в квартире ощущается застой воздуха, возникают неприятные запахи, повышается влажность и концентрация углекислого газа. Самый простой способ компенсировать нехватку свежего воздуха - приоткрыть в жилых комнатах окна. К сожалению, это довольно часто бывает неприемлемо по целому ряду причин, среди которых - неблагоприятная экологическая обстановка, низкая или высокая температура уличного воздуха и т. п. Открывать окна нельзя и при наличии в квартире системы кондиционирования. Ведь теплый приточный воздух создает дополнительную нагрузку на кондиционер, а она, как правило, не учитывается при выборе оборудования.

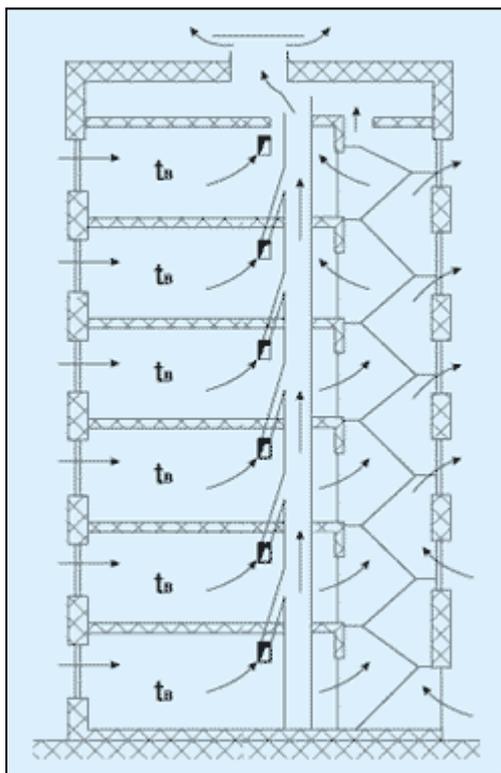


Рисунок 1-1. Формирование воздушных потоков при естественной вентиляции

### 1.2.3. Вентиляция с механическим побуждением на вытяжке

В настоящее время в некоторых жилых домах, относящихся к элитной застройке, на крышах устанавливаются вытяжные крышные вентиляторы. Работа данного вида вентиляции будет в меньшей степени зависеть от разности температур внутреннего и наружного воздуха, чем при естественной вентиляции. Воздух также будет удаляться через вентиляционные каналы, но при этом в вентиляционных шахтах будет создаваться дополнительная тяга за счет работы крышного вентилятора.

### 1.2.4. Вентиляция с механическим побуждением на притоке в квартиру

Основными качественными параметрами, характеризующими вентиляцию с механическим побуждением, являются объем воздуха, поступающего или выходящего из помещения, количественно определяемый в  $\text{м}^3$ , кратность воздухообмена в помещении т.е. сколько раз за один час меняется воздух в помещении, это отношение воздуха, поступающего в помещение, к его объему.

Есть еще параметры, определяющие комфортность пребывания человека в помещении так же имеющие непосредственное отношение к вентиляции и ее качеству, температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в помещении, содержание пыли в воздухе, газовый состав и запахи, уровень шума.

Устройство механической приточной вентиляции обеспечивает высокое качество проветривания помещений, однако требует дополнительных денежных затрат. Все вентиляционные агрегаты прячутся над подвесным потолком, в нише или декоративном коробе. Иногда приточную установку располагают прямо на лоджии, как говорится открытым способом. Подачу воздуха выполняет расположенная на лоджии приточная установка. Воздух попадает в квартиру и по воздуховодам раздается по жилым комнатам. При этом вытяжка происходит через имеющиеся вытяжные решетки на кухне в ванных комнатах и туалетах.

Данная вентиляционная система состоит из следующих компонентов (расположенных по направлению движения воздуха, от входа к выходу):

#### **1.2.4.1. Воздухозаборная решетка**

Через воздухозаборную решетку в систему вентиляции поступает наружный воздух. Эти решетки, как и все другие элементы вентиляционной системы, бывают круглой или прямоугольной формы. Воздухозаборные решетки не только выполняют декоративные функции, но и защищают систему вентиляции от попадания внутрь капель дождя и посторонних предметов.



**Рисунок 1-2. Воздухозаборная решетка**

#### **1.2.4.2. Воздушный клапан**

Этот клапан предотвращает попадание в помещение наружного воздуха при выключенной системе вентиляции. Воздушный клапан особенно необходим зимой, поскольку без него в помещение будет попадать холодный воздух и снег. Как правило, в приточных системах вентиляции устанавливаются воздушные клапаны с электроприводом, что позволяет полностью автоматизировать управление системой — при включении вентилятора (и калорифера) клапан открывается, при выключении — закрывается.



**Рисунок 1-3. Воздушный клапан**

#### **1.2.4.3. Фильтр**

Фильтр необходим для защиты как самой системы вентиляции, так и вентилируемых помещений от пыли, пуха, насекомых. Обычно устанавливается один фильтр грубой очистки, который задерживает частицы величиной более 10 мкм. Если к чистоте воздуха предъявляются повышенные требования, то дополнительно могут быть установлены фильтры тонкой очистки (задерживают частицы до 1 мкм) и особо тонкой очистки (задерживают частицы до 0,1 мкм).

Фильтрующим материалом в фильтре грубой очистки служит ткань из синтетических волокон, например, акрила. Фильтр необходимо периодически очищать от грязи и пыли, обычно не реже 1 раза в месяц. Для контроля загрязненности фильтра можно установить дифференциальный датчик давления, который контролирует разность давления воздуха на входе и выходе фильтра — при загрязнении разность давления увеличивается.



**Рисунок 1-4. Фильтр**

#### **1.2.4.4. Калорифер**

Калорифер или воздушонагреватель предназначен для подогрева подаваемого с улицы воздуха в зимний период. Для небольших приточных установок используются электрические калориферы.



**Рисунок 1-5. Калорифер**

#### **1.2.4.5. Вентилятор**

Вентилятор — основа любой системы искусственной вентиляции. Он подбирается с учетом двух основных параметров: производительности, то есть количества прокачиваемого воздуха и полного давления. Осевые вентиляторы обеспечивают хорошую производительность, однако характеризуются низким полным давлением, то есть, если на пути воздушного потока встречается препятствие (длинный воздуховод с поворотами, решетка и т.п.), то скорость потока существенно уменьшается. Другими важными характеристиками вентиляторов является уровень шума и габариты. Эти параметры в большой степени зависят от марки оборудования.



**Рисунок 1-6. Вентилятор**

#### **1.2.4.6. Шумоглушитель**

Поскольку вентилятор является источником шума, после него обязательно устанавливают шумоглушитель, чтобы предотвратить распространение шума по воздуховодам. Основным источником шума при работе вентилятора являются турбулентные завихрения воздуха на его лопастях, то есть аэродинамические шумы. Для снижения этих шумов используется звукопоглощающий материал определенной толщины, которым облицовываются одна или несколько стенок шумоглушителя. В качестве звукопоглощающего материала обычно используют минеральную вату, стекловолокно и т.п.



Рисунок 1-7. Шумоглушитель

#### 1.2.4.7. Воздуховоды

После выхода из шумоглушителя обработанный воздушный поток готов к распределению по помещениям. Для этих целей используются воздухопроводная сеть, состоящая из воздуховодов и фасонных изделий (тройников, поворотов, переходников). Основными характеристиками воздуховодов являются площадь сечения, форма (круглая или прямоугольная) и жесткость (бывают жесткие, полугибкие и гибкие воздуховоды).

Скорость потока в воздуховоде не должна превышать определенного значения, иначе воздуховод станет источником шума. Поэтому площадью сечения воздуховода определяется объем прокачиваемого воздуха, то есть размер воздуховодов подбирается исходя из расчетного значения воздухообмена и максимально допустимой скорости воздуха.

Жесткие воздуховоды изготавливаются из оцинкованной жести и могут иметь круглую или прямоугольную форму. Полугибкие и гибкие воздуховоды имеют круглую форму и изготавливаются из многослойной алюминиевой фольги. Круглую форму таким воздуховодам придает каркас из свитой в спираль стальной проволоки. Такая конструкция удобна тем, что воздуховоды при транспортировке и монтаже можно складывать "гармошкой". Недостатком гибких воздуховодов является высокое аэродинамическое сопротивление, вызванное неровной внутренней поверхностью, поэтому их используют только на участках небольшой протяженности.



Рисунок 1-8. Воздуховоды

#### 1.2.4.8. Распределители воздуха

Через воздухораспределители воздух из воздуховода попадает в помещение. Как правило, в качестве воздухораспределителей используют решетки (круглые или прямоугольные, настенные или потолочные) или диффузоры (плафоны). Помимо декоративных функций, воздухораспределители служат для равномерного рассеивания воздушного потока по помещению, а также для индивидуальной регулировки воздушного потока, направляемого из воздухораспределительной сети в каждое помещение.



Рисунок 1-9. Распределитель воздуха

### 1.2.5. Вентиляция с механическим побуждением на вытяжке из квартиры

Данная вентиляционная система отличается от предыдущей наличием вытяжного вентилятора вместо нагнетающего.

Фильтр, устанавливаемый на входе, преграждает путь крупным частицам загрязнений, минимальный размер которых зависит от фильтрующего материала,

препятствует проникновению осадков и всевозможных насекомых. Если установить шумоглушитель, то можно увеличить звукоизоляцию в 1,5-2 раза. Загрязненный воздух из помещения удаляют с помощью принудительной вытяжной вентиляции, что приводит к снижению давления в помещении и поступлению свежего атмосферного воздуха.

Эта система обеспечивает однократный воздухообмен в двух- и трехкомнатной квартире. Из помещений, где выделяются излишки тепла, влаги, запахи (кухня, ванная комната, санузел, кладовка), отработанный воздух забирается через вытяжные клапаны (анемостаты), которые присоединены с помощью воздуховодов к блоку вытяжного вентилятора центробежного типа. Он и осуществляет процесс удаления "отработанного" воздуха. Потоки воздуха из всех помещений объединяются в блоке вентилятора и через выпускной воздуховод выбрасываются в вертикальный канал общеобменной вентиляции всего здания или через наружную решетку непосредственно на улицу. Мощность используемого вентилятора ограничивает число анемостатов (не более 5) и длину воздуховодов.

Атмосферный воздух поступает в квартиру через приточный клапан, который монтируют в окне или стене здания.

### **1.3. Классификация домов с точки зрения вентиляции**

Дома могут быть с естественной и механической вентиляцией.

1) Дома с естественной вентиляцией

Это кирпичные или панельные дома, вентиляция в квартирах которых осуществляется за счет инфильтрации воздуха.

2) Дома с крышными вентиляторами

Это дома, относящиеся к элитному жилью, вентиляция в квартирах которых осуществляется за счет инфильтрации воздуха и тяги, создаваемой в вентиляционных шахтах крышными вентиляторами

3) Дома с крышными вентиляторами и клапанами KIV

Приток в квартиры таких домов осуществляется через клапана KIV, а вытяжка – через вентиляционные шахты за счет тяги, создаваемой крышными вентиляторами

4) Квартиры с механической вентиляцией в домах с естественной вентиляцией

В некоторых квартирах домов с естественной вентиляцией устраивают механическую вентиляцию. Это требует больших затрат, поэтому такие случаи единичны. При этом в квартире устанавливается приточная либо вытяжная система вентиляции, состоящая из вентилятора, шумоглушителя, фильтра, калорифера и сетей воздуховодов с приточными либо вытяжными решетками. Воздух в квартиру подается через распределительные решетки, а удаляется через вентиляционные шахты.

### **1.4. Схемы воздухообмена и воздухораспределения**

В жилых зданиях с вытяжной вентиляцией с естественным побуждением компенсацию удаляемого воздуха нужно предусматривать как за счет естественного поступления наружного воздуха, так и за счет перетекания воздуха из других помещений.

Помещения, имеющие окна, должны быть обеспечены проветриванием через фрамуги, форточки или другие устройства.

В зданиях, проектируемых для климатических районов категории III и IV, квартиры должны быть обеспечены сквозным или угловым проветриванием; допускается также вертикальное (через шахты) проветривание. В секционных домах, проектируемых для III климатического района, допускается проветривание односторонне расположенных одно- и двухкомнатных квартир через лестничную клетку или другие внеквартирные проветриваемые помещения. При этом таких квартир на этаже должно быть не более двух. В домах коридорного типа допускается проветривание одно- и двухкомнатных квартир через общие коридоры длиной не более 24 м, имеющие прямое естественное освещение и сквозное или угловое проветривание.

Вытяжную вентиляцию жилых комнат во всех квартирах следует предусматривать через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванных (душевых) и сушильных шкафов. В

квартирах в четыре комнаты и более без сквозного или углового проветривания должна быть запроектирована естественная вытяжная вентиляция непосредственно из жилых комнат, не смежных с санитарными узлами и кухнями. Вентиляционные каналы из помещений кухонь, уборных, ванных (душевых), кладовых для продуктов не допускается объединять с вентиляционными каналами из помещений автономных котельных, гаражей, а также помещений, обращенных на различные фасады.

При проектировании систем вентиляции кухонь и санитарных узлов можно объединять: горизонтальный вентиляционный канал из ванной или душевой (без унитаза) с вентиляционным каналом из кухни той же квартиры; вентиляционные каналы из уборной, ванной (душевой) и сушильного шкафа той же квартиры; вертикальные вентиляционные каналы из кухонь, хозяйственных помещений, уборных, ванных и сушильных шкафов в общий вентиляционный канал. Такое объединение допускается при условии, что расстояние по высоте между присоединяемыми местными каналами составляет не менее 2 м.

Местные каналы, присоединяемые к общему каналу, должны быть оборудованы жалюзийными решетками, допускающими монтажную регулировку.

В кухнях квартир, расположенных в двух верхних этажах и не оборудованных газовыми водонагревателями, допускается устройство механической вентиляции.

Вентиляцию и проветривание закрытых лестничных клеток следует обеспечивать устройством вентиляционных шахт, открывающихся окон, фрамуг и форточек. Проветривание лестничных клеток без окон следует осуществлять через вытяжные каналы и шахты.

Для помещений с нормируемой вытяжкой компенсацию удаляемого воздуха следует предусматривать как за счет поступления наружного воздуха, так и за счет его перетекания из других помещений данной квартиры.

В зданиях с теплым чердаком удаление воздуха из чердака следует предусматривать через одну вытяжную шахту на каждую секцию дома с высотой шахты не менее 4,5 м от перекрытия над последним этажом.

В климатических районах с температурой наиболее холодной пятидневки ниже минус 40° С жилые здания высотой три этажа и более рекомендуется оборудовать приточной вентиляцией с подогревом наружного воздуха.

Удаление воздуха из жилых комнат, имеющих санитарные узлы, следует предусматривать через санитарные узлы.

Воздухообмен квартиры должен быть не менее одной из двух величин: суммарной нормы вытяжки из туалетов, ванных комнат и кухни, которая в зависимости от типа кухонной плиты составляет 110-140 м<sup>3</sup>/ч, или нормы притока, равной 3 м<sup>3</sup>/ч на каждый м<sup>2</sup> жилой площади. В типовых квартирах, как правило, первый вариант нормы оказывается решающим, в квартирах по индивидуальному проекту - второй. Так как эта норма для больших квартир приводит к неоправданно завышенным расходам вентиляционного воздуха, в московских региональных нормах МГСН 3.01-96 "Жилые здания" предусматривается воздухообмен жилых комнат с расходом 30 м<sup>3</sup>/ч на одного человека. В большинстве случаев проектные организации принимают 30 м<sup>3</sup>/ч на одну комнату. Сравнение наших норм воздухообмена с приводимыми в нормах Германии показывает, что для небольших квартир наши нормы более жесткие, так как нижнюю границу воздухообмена они не опускают ниже 110-140 м<sup>3</sup>/ч. В то же время, по немецким нормам в квартирах до 50 м<sup>2</sup> общей площади требуется расход воздуха, равный 60 м<sup>3</sup>/ч, а в квартирах 50-80 м<sup>2</sup> - равный 90 м<sup>3</sup>/ч.

## **1.5. Влияние воздухопроницаемости на проектирование систем вентиляции**

Обычно считается, что инфильтрация воздуха возникает из-за недостаточного уплотнения оконных и дверных проемов. Отчасти это так, но более чем на 80 % возникновению инфильтрации способствуют недостатки проектирования или возведения ограждающих конструкций.

Если при проектировании здания не учитывать давление воздуха, действующее на ограждающие конструкции, это может привести к нарушению воздушного режима здания. Неконтролируемое давление воздуха на поверхность ограждающих конструкций и внутри здания вызывает инфильтрацию и эксфильтрацию воздуха, превосходящую производительность систем ОВК. Нарушая работу систем климатизации, эти явления могут вызывать дискомфорт и создавать проблемы для систем контроля качества воздушной среды.

В отопительный период эксфильтрация внутреннего воздуха означает вынос влаги и потери энергии. Конденсация водяного пара вызывает множество проблем, от переувлажнения и бактериального заражения до разрушения ограждающих конструкций. В режиме охлаждения здания водяной пар вносится в помещение при инфильтрации воздуха с последующей конденсацией влаги, размножением бактерий, появлением плесени. Влажный воздух проникает сквозь ограждающие конструкции при низком давлении (разрежении) внутри помещений. Конденсация влаги может происходить в таких местах, как внутренние стены и потолки, примыкающие к наружным ограждениям.

Воздухопроницаемость ограждающих конструкций обусловлена пористостью материалов, наличием трещин и отверстий. Течение воздуха происходит под действием перепада давлений, обладающего достаточным потенциалом энергии для преодоления потерь на трение и других сопротивлений. Воздухопроницаемость способствует переносу тепла, водяного пара, дыма, запахов, пыли и других загрязнений как извне, так и между помещениями в здании. Параметры течения воздуха сквозь ограждающие конструкции изменяются в зависимости от размера и формы отверстий. В отверстиях малого сечения при большой толщине ограждающих конструкций формируется ламинарное течение, для которого аэродинамическое сопротивление пропорционально скорости. Отверстия большего размера действуют как диффузоры, сопротивление которых пропорционально квадрату скорости.

Три основных фактора, создающих указанный перепад давлений, – ветровое давление, гравитационное давление, давление под действием системы вентиляции. Два дополнительных фактора: изменение барометрического давления и температурный перепад по сечению ограждающих конструкций (эти факторы менее значимы по сравнению с основными).

Для прочностного расчета ограждающих конструкций принимаются пиковые значения ветрового давления, а для расчета инфильтрации воздуха более подходят средние значения. Среди трех факторов, определяющих инфильтрационный перепад давлений, ветровой напор наиболее значим. При равенстве температур внутреннего и наружного воздуха, если направление ветра перпендикулярно одной из стен, через наветренную стену происходит инфильтрация воздуха, а через три других и крышу – эксфильтрация. Если ветер направлен под углом – давление обращено на две стены, а эксфильтрация происходит через две других стены и крышу. Инфильтрационный воздух не кондиционирован по температуре и влажности и может содержать загрязняющие вещества. Это вызывает дискомфорт и также может стать причиной воздушного дисбаланса, особенно в таких помещениях, как больничные изоляторы, «чистые» комнаты, зоны хранения химреактивов, которые спроектированы в расчете на контроль давления воздуха для защиты от распространения вредностей. Разница плотности столба воздуха внутри здания и снаружи является причиной перепада давлений по сечению ограждающих конструкций. Изменение абсолютного давления по высоте снаружи здания происходит быстрее, чем внутри, что также создает разность давлений. Лестничные клетки, шахты лифтов и атриумы соединяют нижний уровень здания с верхним, так что тяга распространяется по всем этажам. Во время отопительного периода имеет место эксфильтрация воздуха из верхней части здания, компенсированная инфильтрацией в нижнюю часть. В период охлаждения здания все происходит наоборот. В зимнее время холодный инфильтрационный воздух может стать причиной дискомфорта на нижних этажах и перегрузки системы отопления. Приточные и вытяжные вентиляторы в многоэтажных жилых зданиях часто подбираются без учета воздействия гравитационного давления. Вытяжные системы с вертикальными шахтами, например для ванных комнат в гостиницах, как известно, часто не работают как следует; бывает, что

воздух из ванных нижних этажей всасывается в ванные верхних этажей здания. Если разграничение здания на зоны и их изоляция не предусмотрена проектом, возможно, преодолеть воздействие гравитационного давления удастся только путем устройства отдельных вытяжных систем для каждого этажа. Возможно использование регуляторов с датчиками давления и электродвигателями с переменной скоростью вращения, приспособляющими производительность вентилятора к изменению давления по объему здания. Приточные системы с вертикальными воздуховодами должны работать в условиях переменного давления в помещениях в течение всего года.

Инженеры ОВК часто закладывают в проект избыточное давление внутри здания. Считается, что это предохраняет от проникновения в здание необработанного воздуха и загрязняющих веществ. Неопределенность воздействия инфильтрации воздуха может изменить результирующий воздушный баланс здания как в лучшую, так и в худшую сторону.

В климатических районах с преобладанием отопительного сезона подпор, создаваемый системами вентиляции, выдавливает влажный воздух через множество неустраняемых неплотностей в стенах, перекрытии и полу. Зимой влага конденсируется, причиняя ущерб ограждающим конструкциям. Таким образом, с точки зрения долговечности ограждающих конструкций, давление внутри зданий должно быть слабо отрицательным в отопительный период и избыточным в период охлаждения. То есть обычная практика проектирования систем ОВК иногда не согласуется с требованиями к проектированию ограждающих конструкций здания.

При корректном проектировании ограждающих конструкций обязательно следует принимать во внимание давление воздуха. Воздухонепроницаемость ограждающих конструкций здания является решающим фактором для нормального функционирования систем ОВК. Горизонтальное разделение этажей и изоляция лифтовых шахт помогут избежать воздействия гравитационного давления и распространения дыма и огня. Предпосылкой успеха послужит технология проектирования ограждающих конструкций с барьером для движения воздуха. Таким образом, проектировщики могут предпринять следующие действия:

1. Проектировать наружные ограждающие конструкции воздухонепроницаемыми, с расчетом на ветровое и гравитационное давление и давление, создаваемое системами вентиляции.

2. Проектировать воздухонепроницаемые компоненты наружных ограждающих конструкций, которые могут воспринять внутреннее давление – как положительное, так и отрицательное. Это поможет контролировать инфильтрацию и эксфильтрацию воздуха. Зоны внутри зданий с существенно различным микроклиматом также следует разделять барьерами для движения воздуха, например, бассейны и офисные помещения или помещения с контролируемой и неконтролируемой влажностью.

3. Изолировать воздухонепроницаемыми перегородками вертикальные «шахты» (лифты, лестничные клетки, воздуховоды и атриумы) от помещений на этажах. Устанавливать в вестибюлях уплотненные двери и дополнительные стенки для защиты от гравитационного давления.

## **1.6. Выводы по главе. Постановка задачи исследования**

За последние годы из-за широкого применения современных воздухонепроницаемых строительных материалов и, не в последнюю очередь, окон со стеклопакетами все большее значение начинают иметь приточно-вытяжные системы механической вентиляции жилых помещений. При несомненных достоинствах современных домов массовой застройки, они имеют ряд недостатков, к которым следует отнести:

- отсутствие поступления свежего воздуха при закрытых окнах со стеклопакетами;
- поступление пылей и аэрозолей с воздухом при периодическом проветривании через открытые форточки или окна;

- возникновение при проветривании высокой подвижности воздуха, особенно холодного, субъективно воспринимаемой как сквозняк;
- большие теплотери при периодическом проветривании через открытые форточки или окна из-за двунаправленного течения воздуха в открытых форточках или окнах.

Активно ведущаяся установка в жилых помещениях кондиционеров позволяет только изменять температуру воздуха. Сплит-системы не подают свежий воздух в помещение, между наружным и внутренним блоками циркулирует лишь теплоноситель-фреон. Кондиционеры создают лишь ошибочное ощущение свежести, психологически связанное у человека с прохладным воздухом. Таким образом, установка кондиционеров отвлекает значительные денежные средства граждан, не решая проблемы подачи свежего воздуха.

Поступление приточного воздуха обеспечивается системами вентиляции с механическим побуждением. Однако в массовом порядке они применяются только в элитных жилых домах.

Известно, что уровень загрязнения воздушного бассейна Санкт-Петербурга чрезвычайно высок. Однако в практике проектирования и применения систем вентиляции с механическим побуждением не уделяется достаточного внимания очистке приточного воздуха. Кроме того, в имеющихся публикациях используется, как правило, упрощенный подход к расчету тяги, создаваемой в вентиляционных каналах, квартира рассматривается в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением.

Создание и поддержание микроклимата в квартирах путем применение систем механической вентиляции с очисткой приточного воздуха уменьшает затраты энергии на возмещение теплотерь, и улучшает здоровья населения и, следовательно, имеет большое значение для экономики страны и обеспечения обороноспособности страны.

Изложенное требует решения следующих задач в настоящей работе:

1. Получить простые расчетные зависимости для скорости движения воздуха в вентиляционном канале при естественном побуждении вентиляции за счет разницы уличной и внутриквартирной температур. Проанализировать эффективность естественной вентиляции.

2. Предложить системы механической вентиляции строящихся домов массовой застройки и оценить удорожание строящихся наиболее дешевых крупнопанельных домов

3. Предложить технические и экономические разработки по системам механической вентиляции с улучшенной очисткой приточного воздуха.

4. Оценить возможность рассмотрения квартиры в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением и отсутствия учета естественной тяги при расчете квартирной вентиляции.

## 2. Вентиляция в многоквартирных домах из сборного железобетона

### 2.1. Анализ возможностей естественной вентиляции

#### 2.1.1. Факторы побуждения

Функцией восходящего вытяжного канала и продолжающей его вытяжной трубы является создание потока воздуха из помещений на улицу. При естественной вентиляции поток воздуха в вентиляционной трубе будет возникать при следующих естественных побудительных факторах:

- если канал заполнен воздухом, температура которого выше атмосферной, то под действием сил тяжести более легкий теплый воздух будет вытесняться вверх (по закону Архимеда);
- при обдувании ветром дефлектора или оголовка трубы (если таковой имеется) в выходном сечении возникает локальное понижение давления;
- если вентилируемые помещения имеют окна либо двери с высокой проницаемостью с подветренной стороны, то скоростной напор ветра создает в этих помещениях избыточное (по сравнению с атмосферным) давление;
- если канал заполнен воздухом, влажность которого выше атмосферной, то под действием сил тяжести более легкий влажный воздух будет вытесняться вверх (по закону Архимеда);

Нужно обеспечить вентиляцию при любом ветре и влажности, поэтому рассмотрим далее только первый фактор.

Движение воздуха в трубе рассматриваем в рамках модели сплошной среды как стационарное (неизменное во времени) движение идеального (невязкого) газа с переменной по высоте плотностью и температурой.

Считаем, что воздух в канале неподвижен или движется ламинарно вверх с постоянной скоростью  $v$  для всех точек поперечного сечения трубы.

#### 2.1.2. Случай постоянства температуры по высоте канала

Если температура в трубе неизменна по высоте, то воздух движется вверх. Считая скорость перед входом в канал нулевой, запишем уравнение Бернулли для потока воздуха в начальном и конечном сечениях канала неизменной площади длиной  $L$

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho_1 g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho_1 g} + \frac{\alpha v_T^2}{2g} + \xi_{\text{вх}} \frac{v_T^2}{2g} + \xi_{\text{пов}} \frac{v_T^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{v_T^2}{2g}.$$

Здесь  $v_1 = 0$  - скорость воздуха перед входом в начальное сечение,  $v_T$  - скорость воздуха в трубе. Корректив количества движения  $\alpha$  считаем равным единице. В уравнения входят потери напора на входе в канал, на его повороте (поворотах) и по

длине:  $\xi_{\text{вх}} \frac{v^2}{2g}$ ,  $\xi_{\text{пов}} \frac{v^2}{2g}$ ,  $\lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$ .

Полагаем, что плотность атмосферного воздуха не зависит от высоты. Считаем, что распределение давления в атмосфере и внутри здания (вне канала) гидростатическое. Тогда

$$p_1 - p_2 = \rho_{\text{нар}} g (z_1 - z_2) = \rho_{\text{нар}} g H,$$

$$-H + \frac{p_1 - p_2}{\rho_1 g} = \frac{\alpha v_T^2}{2g} + \xi_{\text{вх}} \frac{v_T^2}{2g} + \xi_{\text{пов}} \frac{v_T^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{v_T^2}{2g},$$

$$-H + \frac{\rho_{\text{нар}} g H}{\rho_1 g} = \frac{\alpha v_T^2}{2g} + \xi_{\text{вх}} \frac{v_T^2}{2g} + \xi_{\text{пов}} \frac{v_T^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{v_T^2}{2g}.$$

Получаем, что воздух в канале с перепадом высот  $H$  движется со скоростью

$$v = \sqrt{\frac{2gH \left( \frac{\rho_{\text{нар}}}{\rho_1} - 1 \right)}{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D}}}$$

Из закона Менделеева-Клапейрона следует, что плотность газа обратно пропорциональна его температуре. Пренебрегая изменением плотности вследствие изменения давления, получаем

$$v = \sqrt{\frac{2gH \left( \frac{T_1}{T_{\text{нар}}} - 1 \right)}{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D}}}.$$

### 2.1.3. Учет потерь тепла по длине канала

По мере движения воздуха в канале температура его может меняться за счет теплообмена с окружающей средой, приближаясь к температуре наружного воздуха. Скорость потока воздуха по длине канала будет падать по мере роста плотности исходя из условия неизменности массового расхода.

СНиП нормирует объемный расход, не оговаривая, при какой температуре (на входе или на выходе из вентканала). Найдем скорость воздуха на входе в вентканал.

Первая корректива, которую следует ввести в формулу – пересчет расхода воздуха на комнатную температуру как отношение плотностей воздуха на входе и на выходе вентканала.

$$v = \frac{\rho_1}{\rho_2} \sqrt{\frac{2gH \left( \frac{\rho_{\text{нар}}}{\rho_1} - 1 \right)}{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D}}} \text{ б}$$

В действительности, влияние остывания воздуха в канале более глубокое. Запишем уравнение Бернулли

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho_1 g} + \frac{\alpha v^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho_2 g} + \frac{\alpha v^2}{2g} + \xi_{\text{вх}} \frac{v^2}{2g} + \xi_{\text{пов}} \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho_1 g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho_2 g} + \frac{\alpha v^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Предполагая, что  $\alpha = 1$ , имеем

$$-H + \frac{p_1}{\rho_1 g} - \frac{p_2}{\rho_1 g} + \frac{p_2}{\rho_1 g} - \frac{p_2}{\rho_2 g} = \frac{v^2}{2g} \left( 1 + \xi_{\text{âð}} + \xi_{\text{ñä}} + \lambda \frac{L}{D} \right),$$

$$-H + \frac{\rho_{\text{нар}} g H}{\rho_1 g} + \frac{p_2}{g \rho_2} \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) = \frac{v^2}{2g} \left( 1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D} \right),$$

и далее

$$v = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left( \sqrt{\frac{2gH \left( \frac{\rho_{\text{нар}}}{\rho_1} - 1 \right)}{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D}}} - \sqrt{\frac{2p_2 \left( 1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)}{\rho_2}} \right),$$

Переходя, как и ранее, от отношения плотностей к отношению абсолютных температур, получаем простое расчетное соотношение для скорости течения воздуха в канале

$$v = \frac{T_2}{T_1} \left( \sqrt{\frac{2gH \left( \frac{T_1}{T_{\text{нар}}} - 1 \right)}{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{L}{D}}} - \sqrt{\frac{2p_2 \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right)}{\rho_2}} \right),$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  - температуры в начале и в конце вентканала.

#### 2.1.4. Анализ эффективности вентиляции с естественным побуждением

Будем использовать данные по времени стояния данной температуры в течение года для Санкт-Петербурга.



На графике виден максимум времени стояния в области нуля градусов вызванный энергоемкостью фазового перехода «лед-вода» для атмосферной и поверхностной воды.

Расчетными для проектирования естественной вытяжной вентиляции являются условия: температура наружного воздуха +5 °С, безветрие, температура внутреннего воздуха равна расчетной, фрамуги окон открыты (т.е. аэродинамическое сопротивление в расчете не учитывается). При указанных условиях рассчитывается сечение вытяжных каналов.

Считая, что при температуре +5 °С обеспечен нормативный воздухообмен и пренебрегая охлаждением воздуха в канале, оценим его обеспеченность при других температурах как отношение

$$\frac{V_1}{V_{+5}} = \frac{\sqrt{\frac{2gH\left(\frac{T_1}{T_{нар}} - 1\right)}{1 + \xi_{вх} + \xi_{пов} + \lambda \frac{L}{D}}}}{\sqrt{\frac{2gH\left(\frac{T_1}{T_{+5}} - 1\right)}{1 + \xi_{вх} + \xi_{пов} + \lambda \frac{L}{D}}}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{T_1}{T_{нар}} - 1\right)}{\left(\frac{T_1}{T_{+5}} - 1\right)}} = \sqrt{\frac{T_{нар}(T_1 - T_{нар})}{T_{+5}(T_1 - T_{+5})}}$$

$$\frac{V_1}{V_{+5}} = \sqrt{\frac{T_{нар}(T_1 - T_{нар})}{T_{+5}(T_1 - T_{+5})}}$$

принимаем  $T_1 = 293$  ,  $T_{нар} = 278$

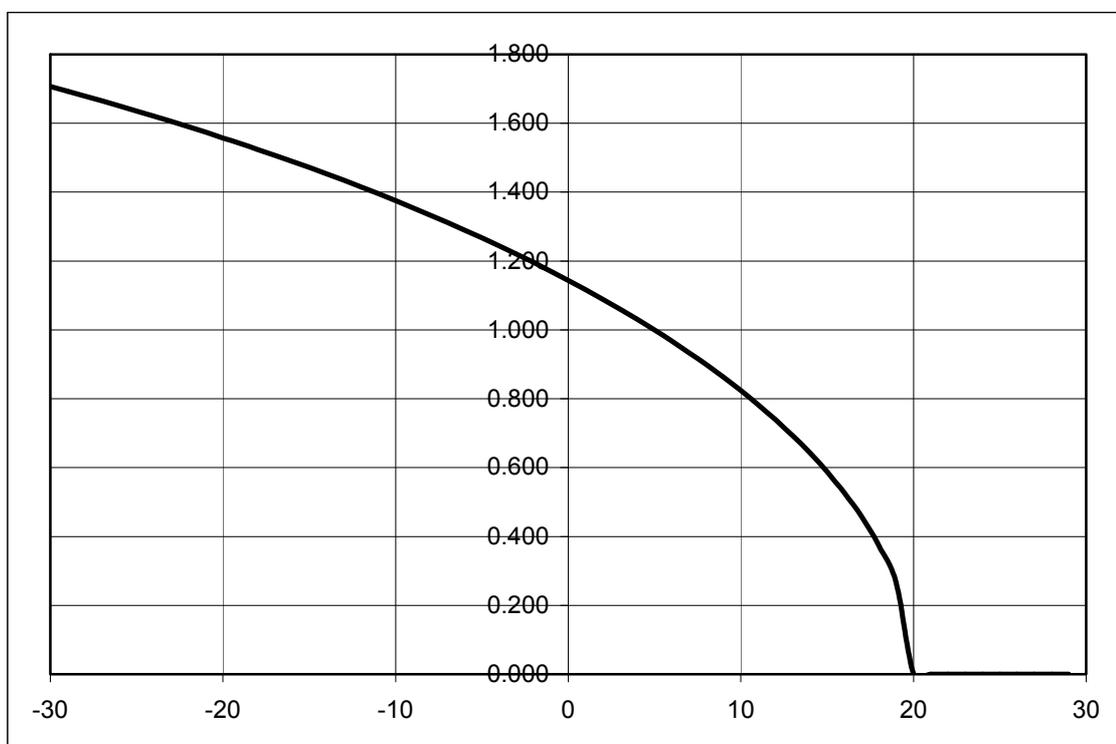


Рисунок 2-2. Относительная скорость воздуха в вентканале в зависимости от температуры

Из графика видно, что при температуре выше 16 °С воздухообмен падает в два и более раза по сравнению с расчетным.

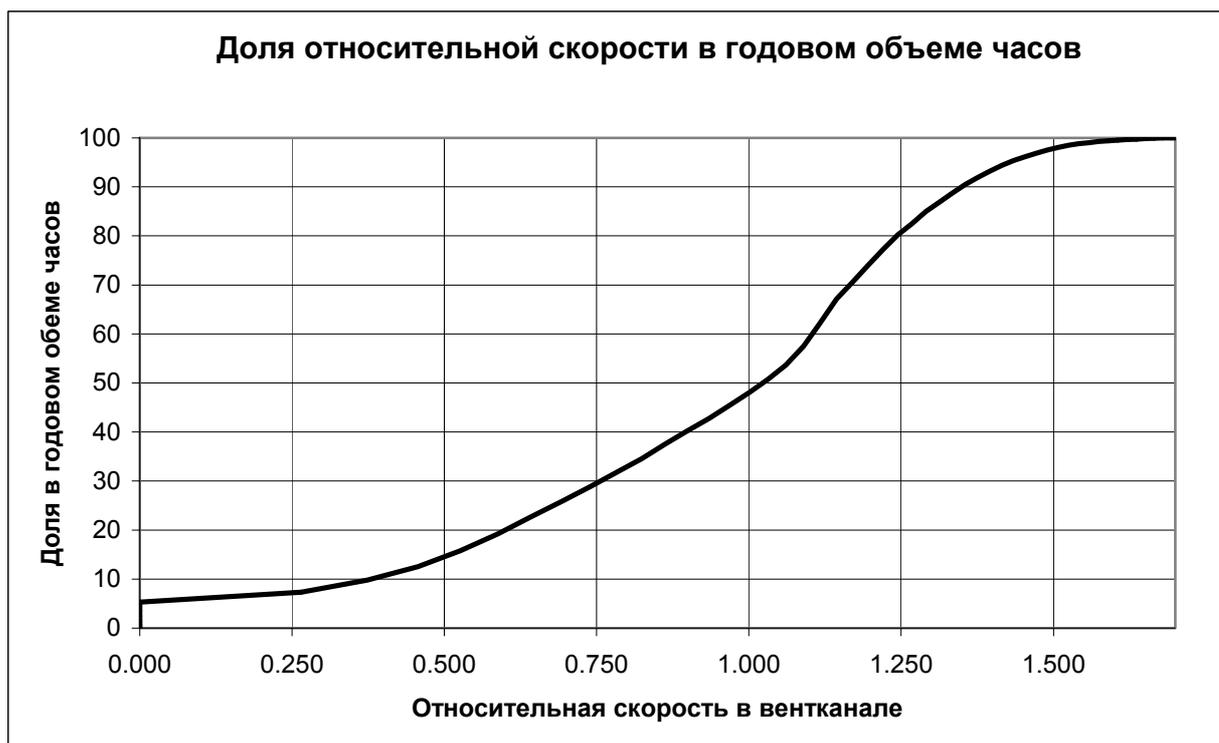
Время стояния температуры и зависимость относительной скорости воздуха в вентканале от температуры дает возможность получить Плотность распределение скорости в вентканале по температурам:



**Рисунок 2-3. Плотность распределения относительной скорости в вентканале по температурам**

Площадь под кривой характеризует общий объем вентиляции за год по сравнению с расчетным, и он составил 94%.

Оценим долю относительной скорости в вентканале в общем объеме часов за год.



**Рисунок 2-4. Доля относительной скорости в вентканале в годовом объеме часов**

Из графика видно, что в почти в 50% времени вентиляция меньше расчетной (для +5 °С), в 13% вентиляция вполнину и более меньше расчетной, и в 5% времени вентиляция отсутствует.

## 2.2. Падение давления на фильтрах

Для обеспечения в квартирах уровня воздуха, соответствующего условиям Санкт-Петербурга, необходимо применение фильтров, за счет которых приточный воздух будет очищаться.

Класс фильтров должен определяться не уровнем запыленности, а классом помещения. При этом этажность будет влиять на частоту обслуживания фильтров. В квартирах, расположенных на нижних этажах, фильтры необходимо будет менять чаще, чем в квартирах последних этажей здания.

Из имеющихся классов фильтров:

**Таблица 2-1.**

Типы фильтров	Класс фильтра
Фильтры грубой очистки	G1
	G2
	G3
	G4
Фильтры тонкой очистки	F5
	F6
	F7
	F8
	F9
Фильтры высокой эффективности	H10
	H11
	H12

	H13 H14
Фильтры сверхвысокой эффективности	U15 U16 U17

мы рекомендуем для очистки воздуха в квартирах фильтры 5 класса.

Увеличивая полезную площадь фильтра и, вследствие этого, его габариты, можно уменьшить гидравлическое сопротивление фильтра. Однако это ведет к росту стоимости фильтра, усложняет вентиляционную систему и затрудняет ее размещение в ограниченных объемах жилого дома. На практике в ПНИПКУ «Венчур» разработан модельный ряд фильтров для типовых расходов и диаметров трубопроводов систем вентиляции. В таблицах приведены данные по сопротивлению фильтров грубой очистки:

**Таблица 2-2.**

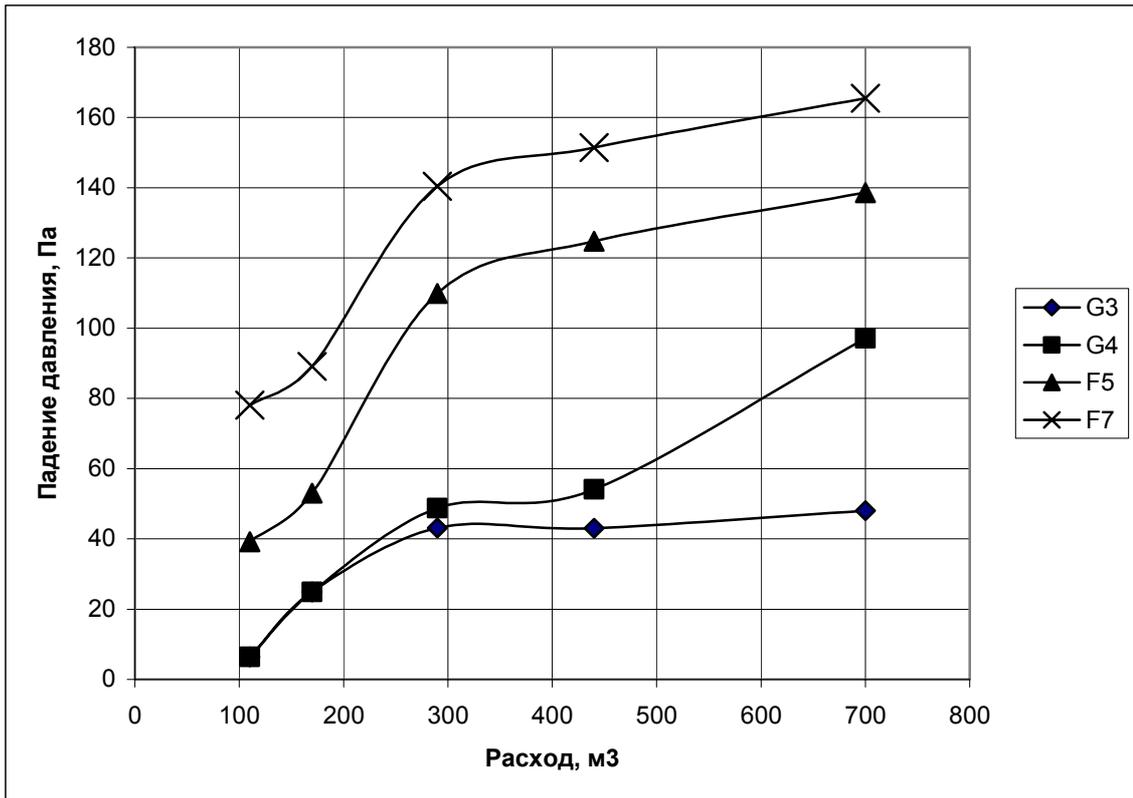
Диаметр Ду	Скорость	Макс. Расход	3 класс		4 класс	
			размеры	падение давления	размеры	падение давления
мм	м/с	м3/час	мм	па	мм	па
100	4	110	200x200x360	6.35	200x200x360	6.42
125	4	170	200x200x360	24.86	200x200x360	24.86
160	4	290	200x200x360	43.1	200x200x360	48.76
200	4	440	245x245x360	43.03	245x245x360	54.1
250	4	700	295x295x360	48	295x295x360	97.15

и тонкой очистки:

**Таблица 2-3.**

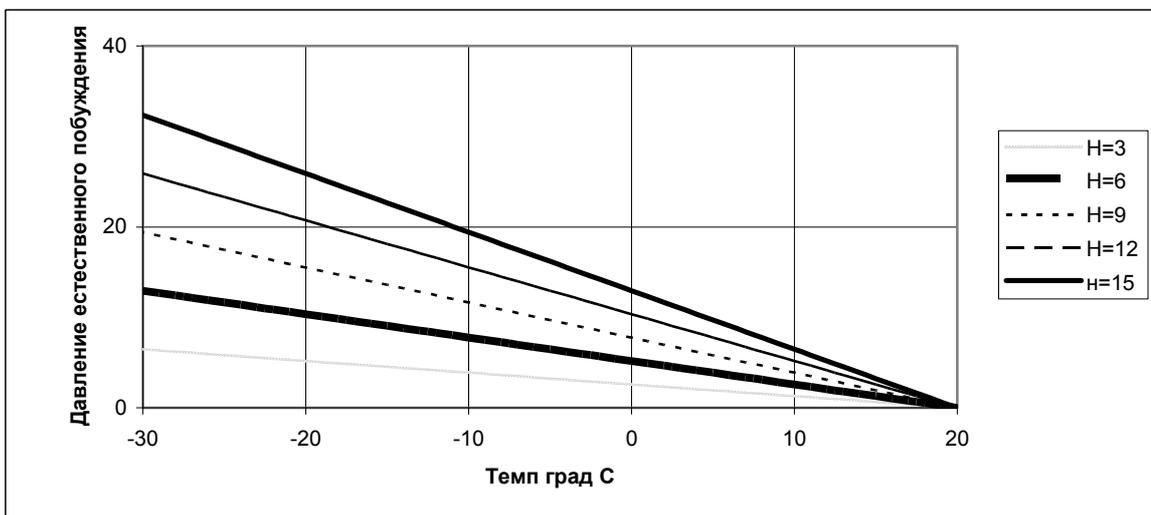
Диаметр Ду	Скорость	Макс. Расход	5 класс		7 класс	
			размеры	падение давления	размеры	падение давления
мм	м/с	м3/час	мм	па	мм	па
100	4	110	200x200x360	39.2	200x200x360	78.15
125	4	170	200x200x360	53	200x200x360	89.1
160	4	290	200x200x360	109.9	200x200x360	140.49
200	4	440	245x245x360	124.8	245x245x360	151.49
250	4	700	295x295x360	138.6	295x295x360	165.48

Нанесем эти данные на график:



**Рисунок 2-5. Падение давления на фильтрах очистки воздуха разных классов**

и сравним их с перепадами давления, развиваемого за счет естественной вентиляции, рассчитанного для высоты вентканала 3, 6, 9, 12 и 15 метров.



**Рисунок 2-6. Давление естественного побуждения при разных температурах наружного воздуха и высотах вентканала**

Видим, что естественная вентиляция может обеспечить лишь грубую очистку поступающего воздуха.

Таким образом, наш анализ показал, что системы естественной вентиляции не обеспечивают ни необходимого расхода, ни необходимой чистоты воздуха.

### 2.3. Система вентиляции для домов из сборного железобетона

Приведенный выше анализ показал, что системы естественной вентиляции не обеспечивают ни необходимого расхода, ни необходимой чистоты воздуха.

Для недорогих домов из сборного железобетона, выпускаемых ОАО «ДСК БЛОК» была спроектирована система вентиляции с механическим побуждением на вытяжке.



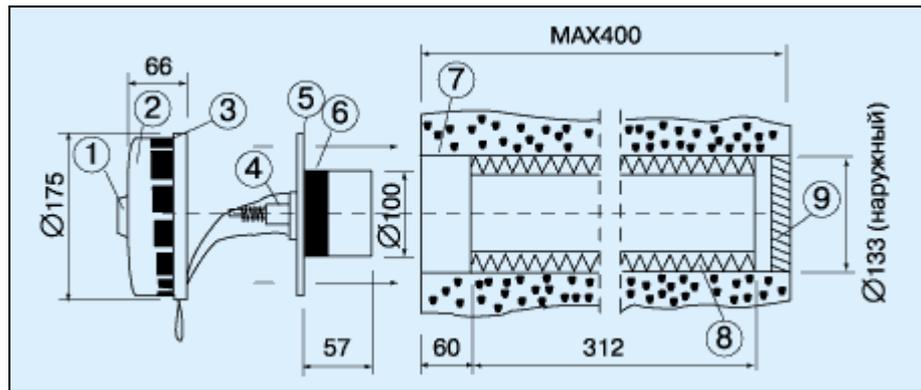
Рисунок 2-7. Дом из сборного железобетона, выпускаемый ОАО «ДСК БЛОК»

Вентиляция осуществляется следующим образом:

1. Наружный воздух впускается в жилые комнаты через приточные устройства типа KIV.
2. Внешний воздух перемешивается с внутренним и проходит под двери в жилых комнатах или через переточные отверстия в дверях, стенах до коридора. Из коридора воздух под двери проходит в подсобные комнаты (кухня, туалет, ванная).
3. Загрязненный воздух удаляется через вентиляционный канал с канальным вентилятором.
4. Воздух выходит из дома через выходы на крыше.



Рисунок 2-8. Приточный вентиляционный клапан (внешний вид)



**Рисунок 2-9. Приточный вентиляционный клапан (разрез)-**

- 1 - регулировочная ручка,
- 2 - Крышка из пластика на основе сополимера акрилонитрила, бутадиена и стирола
- 3 - Фильтр PPI-15
- 4 - Узел регулировки
- 5 - Корпус из пластика на основе сополимера акрилонитрила, бутадиена и стирола
- 6 - Прокладка из термопластичной пластмассы и резины
- 7 - Впускной воздушный канал диаметром 133/125 из полиэтилена высокой плотности
- 8 - Шумоглушитель из минеральной ваты
- 9 - Наружная решетка US-AV из формованного алюминия, снабженная сеткой для предотвращения попадания насекомых



**Рисунок 2-10. Крышный вытяжной вентилятор**

Система:

- обеспечивает необходимый, нормативный воздухообмен в домах с герметичными ограждающими конструкциями
- поддерживает комфортную влажность
- сокращает теплопотери
- отвечает на местные нормативные и санитарные нормы воздухообмена и шумозащиты, защищает от уличного шума

- уравнивает условия вытяжки на верхних и нижних этажах.

Фильтр класса G2, устанавливаемый на входе, преграждает путь крупным частицам загрязнений, минимальный размер которых зависит от фильтрующего материала, препятствует проникновению осадков и всевозможных насекомых. Если установить шумоглушитель, то можно увеличить звукоизоляцию в 1,5-2 раза. Загрязненный воздух из помещения удаляется через вентиляционный канал, устанавливается вытяжной крышный вентилятор.

Атмосферный воздух поступает в квартиру через приточный клапан, который монтируют в окне или стене здания. Максимальная длина приточного клапана модели KIV может быть до 1000 мм, внутренний условный диаметр 100 мм.

Площадь впускного отверстия этого клапана, а следовательно, и воздухообмен регулируют вручную с помощью двухлепестковой диафрагмы. Ее можно открывать и закрывать поворотом ручки или с помощью специального регулятора со шнуром. Свежий воздух поступает тем быстрее, чем больше разность давлений воздуха снаружи и внутри помещения. Так, при разности давлений 30 Па и максимально открытой диафрагме обеспечивается скорость подачи воздуха до 50 м<sup>3</sup>/ч. Очистка поступающего воздуха осуществляется с помощью фильтра класса G2, установленного в блоке диафрагмы.

Температуру и влажность приточного воздуха такой клапан не меняет, чем не отличается от обычной форточки. Эти параметры воздуха помещения можно незначительно изменять лишь подбором угла открытия диафрагмы (например, зимой на небольшой угол, а летом - все наоборот). Чтобы свежий воздух поступал во все помещения квартиры, устанавливают несколько приточных клапанов.

Температуру и влажность приточного воздуха клапан не меняет

Сравнение конкурентных систем вентиляции и предлагаемой приведено в нижеследующей таблице.

**Таблица 2-4. Сравнение конкурентных систем вентиляции и предлагаемой**

	Показатель	Вариант			
		Квартира с естественной вентиляцией	Квартира с приточной системой вентиляции	Квартира с вытяжной системой вентиляции	Квартира с клапанами и крышными вентиляторами
1	Удорожание к 1 кв.м.	0	11,9у.е.	18,7у.е.	4,7 – 5,6у.е.
2	Класс фильтрации	0	5	3	3
3	Уровень шума	0	70Дб	70Дб	10Дб
4	Затраты на эксплуатацию прочие	0	23у.е.	16у.е.	16у.е.
5	Подвижность воздуха	+	-	-	-
6	Возможность опрокидывания вытяжной вентиляции	+	-	-	-
7	Возможность опрокидывания приточной вентиляции	-	-	-	-
8	Теплопотери при утечке воздуха через приточные каналы, устройства	+	-	-	-
9	Эстетичность видимых частей	100%	100%	100%	100%
10	Затраты на внешнее облагораживание конструкции	-	+	+	-
11	Перенаправление в квартире потоков воздуха	-	+	+	+
12	Возможность отключения или уменьшение расхода воздуха	-	+	+	+
13	Возможность подсоса загрязненного воздуха через входную дверь	+	-	-	+
14	Электробезопасность	100%	100%	100%	100%
15	Пожароопасность	100%	100%	100%	100%
16	Возможность длительной автономной работы в отсутствие жильцов	+	-	-	+
17	Наличие раскрученного бренда на комплектующие, материалы	-	-	-	-
18	Возможность кратковременного (на несколько часов) увеличения расхода (пришла толпа гостей)	-	+	+	-
20	Проникновение насекомых из других квартир	+	-	+	-
21	Проникновение насекомых с улицы	+	-	-	-
22	Защита от внешнего шума (с улицы)	-	+	+	+
23	Степень привычности услуги потребителю	100%	-	-	0%
24	Защищенность от метеосадков	-	+	+	+
25	Ремонпригодность	100%	100%	100%	100%
26	Травмобезопасность	100%	100%	100%	100%

## 2.4. Маркетинговый анализ вентиляционных систем

### 2.4.1. Расчет количества оборудования систем вентиляции

В таблицах 6-13 приведены расчеты количества оборудования для систем вентиляции в зависимости от площади квартир и секций.

Таблица 2-5.

10 – эт. широтная стыковочная жилая б/с 9773/137 – АР – 2						
Номер кв. п.п.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1	70,97	35,29	215,87	107,94	4	
2	39,05	20,02	170,06	170,06	3	
3	39,05	20,02	170,06	170,06	3	
4	70,03	35,87	217,61	108,81	4	
5	95,45	55,96	277,88	92,63	6	
Итого по этажу	314,55	167,16	1051,48		20	
Итого по секции	3145,5	1671,6	10514,8		200	5
Затраты на вент.						14 876
Затраты на единицу площади						4,7

Таблица 2-6.

10 – эт. б/с 9773/137 – АР - 1						
Номер кв. п.п.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1	95,93	55,43	301,29	100,43	6	
2	44,55	20,02	170,06	170,06	3	
3	39,05	20,02	170,06	170,06	3	
4	45,02	20,02	170,06	170,06	3	
5	95,93	55,43	301,29	100,43	6	
Итого по этажу	320,48	170,92	1112,76		21	
Итого по секции	3204,8	1709,2	11127,6		210	7
Затраты на вент.						16 382
Затраты на единицу площади						5,1

Таблица 2-7.

10 – эт. диагональная б/с 9773/137 – АР – 2						
Номер кв. п.п.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1	113,1	66,52	334,56	83,64	8	
2	63,57	34,41	213,23	106,62	4	
3	27,37	19,62	168,86	168,86	3	
4	27,37	19,62	168,86	168,86	3	
5	63,57	34,41	213,23	106,62	4	
6	113,1	66,52	334,56	83,64	8	
Итого по этажу	408,08	241,1	1433,3		30	
Итого по секции	4080,8	2411	14333		300	8
Затраты на вент.						22 533
Затраты на единицу площади						5,5

Таблица 2-8.

17 – эт. широтная б/с на 85 кв. 9773/137 - АР						
Номер кв. п.п.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1	87,72	50,77	287,31	95,77	6	
2	40,7	20,02	170,06	170,06	3	
3	39,03	20,02	170,06	170,06	3	
4	40,75	20,02	170,06	170,06	3	
5	87,72	50,77	287,31	95,77	6	
Итого по этажу	295,92	161,6	1084,8		21	
Итого по секции	5030,64	2747,2	18441,6	0	357	7
Затраты на вент.						25 717
Затраты на единицу площади						5,1

Таблица 2-9.

17 – эт. широтная стыковочная жилая б/с на 85 кв. 9773/137/14-1							
Номер п.п.	кв.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1		89,54	50,77	287,31	95,77	6	
2		58,78	34,33	212,99	106,5	4	
3		38,88	20,02	170,06	170,06	3	
4		62,19	33,87	211,61	105,81	4	
5		82,21	53,89	271,67	90,56	6	
Итого по этажу		331,6	192,88	1153,64		23	
Итого по секции		5637,2	3278,96	19611,9		391	10
Затраты на вент.							29 182
Затраты на единицу площади							5,2

Таблица 2-10.

17 – эт. стыковочная жилая б/с на 85 кв. 9773/137/14 - AP1							
Номер п.п.	кв.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1		82,21	53,89	271,67	90,56	6	
2		62,19	33,87	211,61	105,81	4	
3		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
4		58,78	34,33	212,99	106,5	4	
5		89,54	50,77	287,31	95,77	6	
Итого по этажу		331,5	192,88	1153,64		23	
Итого по секции		5635,5	3278,96	19611,9	0	391	9
Затраты на вент.							28 746
Затраты на единицу площади							5,1

Таблица 2-11.

17 – эт. широтная стыковочная жилая б/с на 85 кв. 9773/137/14 - АР1							
Номер п.п.	кв.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1		82,21	53,89	271,67	90,56	6	
2		62,19	33,87	211,61	105,81	4	
3		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
4		38,88	20,02	170,06	170,06	3	
5		62,19	33,87	211,61	105,81	4	
6		82,21	53,89	271,67	90,56	6	
Итого по этажу		366,46	215,56	1306,68		26	
Итого по секции		6229,82	3664,52	22213,6	0	442	11
Затраты на вент.							32 855
Затраты на единицу площади							5,3

Таблица 2-12.

17 – эт. меридианальная б/с на 136 кв. 9773/137							
Номер п.п.	кв.	Общая площадь кв.	Жилая площадь кв.	Необх. общ. воздухообмен	Необх. воздухообмен на комнату	Кол-во клапанов	Кол-во вентиляторов
1		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
2		42,51	19,55	168,65	168,65	3	
3		42,51	19,55	168,65	168,65	3	
4		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
5		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
6		58,39	34,33	212,99	106,5	4	
7		66,31	31,78	205,34	102,67	4	
8		38,78	20,02	170,06	170,06	3	
Итого по этажу		364,84	185,29	1435,87		26	
Итого по секции		6202,28	3149,93	24409,8	0	442	16
Затраты на вент.							35 031
Затраты на единицу площади							5,6

#### 2.4.2. Расчет сметной стоимости

Расчет сметной стоимости систем вентиляции произведен по действующим методикам с учетом всех видов затрат и выплат для каждой секции серии домов ОАО «ДСК БЛОК». Результаты приведены в нижеследующих таблицах.

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 1**

10 – эт. широтная стыковочная жилая б/с 9773/137– АР – 2  
Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **446287 руб.**  
Нормативная трудоемкость: **87.2 чел.-час**  
Зарплата основных рабочих: **2844 руб.**

**Таблица 2-13.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	5	533,9 205,27	140,27 20,49	2669,5	1026,35	701,35 102,45	17,44	87,2
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	5	(8060)		(40300)				
	Прайс	Клапаны	шт	200	(1550)		(310000)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				2669	1026	701		87,2
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772			2844		102		7,75
		Индекс на эксплуатацию машин в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,48			1738				
		Индекс на материалы	руб.	2,772			283				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1,724			1624				
		Итого прямых затрат:	руб.	1			350300				
		Итого прямых затрат:	руб.				356506	2844	1738		87,2
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			4003		283		7,75
		Итого (с накладными расходами):	руб.				360509				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			2595				
		Итого:	руб.				363104				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			5120				
		Итого:	руб.				368224				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			3682				
		Итого:	руб.				371906				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			74381,2				
		Всего по смете:					446287	2844			87,2

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 2**

10 – эт. б/с 9773/137– АР – 1

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **491454 руб.**  
 Нормативная трудоемкость: **122.08 чел.-час**  
 Зарплата основных рабочих: **3983 руб.**

**Таблица 2-14.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой до 0,7 т	1 вентилятор	7	533.9	140.27	3737,3	1436,89	981,89	17,44	122,08
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	7	205.27	20.49	(56420)		143,43		
	Прайс	Клапаны	шт	210	(1550)		(325500)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				3738	1437	982		122,08
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772					143		10,85
		Индекс на эксплуатацию машин	руб.	2,48			2435				
		в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,772			396				
		Индекс на материалы	руб.	1,724			2274				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			381920				
		Итого прямых затрат:	руб.				390612	3983	2435		122,08
									396		10,85
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			5605				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				396217				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			3635				
		Итого:	руб.				399852				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			5638				
		Итого:	руб.				405490				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			4055				
		Итого:	руб.				409545				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			81909				
		Всего по смете:					491454	3983			122,08

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 3**

10 – эт. диагональная б/с 9773/137– АР – 2

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **675972 руб.**

Нормативная трудоемкость: **139.52 чел.-час**

Зарплата основных рабочих: **4552 руб.**

**Таблица 2-15.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	8	533.9	140.27	4271,2	1642,16	1122,16	17,44	139,52
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	8	205.27	20.49	(64480)		163,92		
	Прайс	Клапаны	шт	300	(1550)		(465000)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				4271	1642	1122		139,52
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772					164		12,4
		Индекс на эксплуатацию машин	руб.	2,48			2783				
		в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,772			455				
		Индекс на материалы	руб.	1,724			2598				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			529480				
		Итого прямых затрат:	руб.				539413	4552	2783		139,52
									455		12,4
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			6409				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				545822				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			4156				
		Итого:	руб.				549978				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			7755				
		Итого:	руб.				557733				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			5577				
		Итого:	руб.				563310				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			112662				
		Всего по смете:					675972	4552			139,52

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 4**

17 – эт. широтная б/с на 84 кв. 9773/137 – АР

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: 771503 руб.  
 Нормативная трудоемкость: 122.08 чел.-час  
 Зарплата основных рабочих: 3983 руб.

**Таблица 2-16**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	7	533,9 205,27	140,27 20,49	3737,3	1436,89	981,89 143,43	17,44	122,08
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	7	(8060)		(56420)				
	Прайс	Клапаны	шт	357	(1550)		(553350)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				3738	1437	982 143		122,08 10,85
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772			3983				
		Индекс на эксплуатацию машин в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,48			2435				
		Индекс на материалы	руб.	2,772			396				
		Индекс на материалы	руб.	1,724			2274				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			609770				
		Итого прямых затрат:	руб.				618462	3983	2435 396		122,08 10,85
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			5605				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				624067				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			3635				
		Итого:	руб.				627702				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			8851				
		Итого:	руб.				636553				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			6366				
		Итого:	руб.				642919				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			128583,8				
		Всего по смете:					771503	3983			122,08

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 5**

17 – эт. широтная стыковочная жилая б/с на 85 кв. 9773/137/14 - АР1

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **875448 руб.**  
 Нормативная трудоемкость: **174.4 чел.-час**  
 Зарплата основных рабочих: **5691 руб.**

**Таблица 2-17.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	10	533.9	140.27	5339	2052,7	1402,7	17.44	174,4
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	10	205.27	20.49	(80600)		204,9		
	Прайс	Клапаны	шт	391	(1550)		(606050)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				5340	2053	1403		174.4
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772					205		15.5
		Индекс на эксплуатацию машин	руб.	2,48							
		в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,772							
		Индекс на материалы	руб.	1,724							
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			686650				
		Итого прямых затрат:	руб.				699068	5691	3479		174.4
									568		15.5
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			8012				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				707080				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			5195				
		Итого:	руб.				712274				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			10043				
		Итого:	руб.				722317				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			7223				
		Итого:	руб.				729540				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			145908				
		Всего по смете:					875448	5691			174.4

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 6**

17 – эт. стыковочная жилая б/с на 85 кв. 9773/137/14- AP1

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **862379 руб.**

Нормативная трудоемкость: **156.96 чел.-час**

Зарплата основных рабочих: **5120 руб.**

**Таблица 2-18.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	9	533.9	140.27	4805,1	1847,43	1262,43	17,44	156,96
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	9	205.27	20.49	(72540)		184,41		
	Прайс	Клапаны	шт	391	(1550)		(606050)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				4804	1847	1262		156,96
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772			5120		184		13,95
		Индекс на эксплуатацию машин	руб.	2,48			3130				
		в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,772			510				
		Индекс на материалы	руб.	1,724			2922				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			678590				
		Итого прямых затрат:	руб.				689762	5120	3130		156,96
									510		13,95
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			7206				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				696968				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			4673				
		Итого:	руб.				701641				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			9893				
		Итого:	руб.				711534				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			7115				
		Итого:	руб.				718649				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			143729,8				
		Всего по смете:					862379	5120			156,96

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 7**

17 – эт. широтная стыковочная жилая б/с на 102 кв. 9773/137/14- AP1

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **985656 руб.**  
 Нормативная трудоемкость: **191.84 чел.-час**  
 Зарплата основных рабочих: **6259 руб.**

**Таблица 2-19.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	11	533,9	140,27	5872,9	2257,97	1542,97	17,44	191,84
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	11	205,27	20,49	(8060)	(88660)	225,39		
	Прайс	Клапаны	шт	442	(1550)		(685100)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				5873	2258	1543		191,84
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772				6259	225		17,05
		Индекс на эксплуатацию машин в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,48				3827			
		Индекс на материалы	руб.	2,772				624			
		Индекс на материалы	руб.	1,724				3572			
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1				773760			
		Итого прямых затрат:	руб.				787418	6259	3827		191,84
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128				8810	624		17,05
		Итого (с накладными расходами):	руб.					796228			
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83				5713			
		Итого:	руб.					801941			
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41				11307			
		Итого:	руб.					813248			
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1				8132			
		Итого:	руб.					821380			
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20				164276			
		Всего по смете:						985656	6259		191,84

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 8**

17 – эт. меридианальная б/с на 136 кв. 9773/137

Составлена в ценах на: 30.09.2003.

Общая стоимость: **1050931 руб.**  
 Нормативная трудоемкость: **279.04 чел.-час**  
 Зарплата основных рабочих: **9103 руб.**

**Таблица 2-20.**

№ п.п.	Шифр норматива	Наименование работ и затрат, материалов, изделий и конструкций	Единица измер.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч.	
					ВСЕГО	экспл. машин	ВСЕГО	основной заработной платы	экспл. машин в т.ч. з/пл машинистов	на единицу	всего
					основной з/пл	в т.ч. з/пл машинистов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел											
1	20-03-003-4	Установка вентиляторов крышных массой: до 0,7 т	1 вентилятор	16	533.9	140.27	8542,4	3284,32	2244,32	17.44	279,04
	Прайс	Вентиляторы крышные с электродвигателями, поддонами и клапанами самооткрывающимися	компл.	16	205.27	20.49	(128960)		327,84		
	Прайс	Клапаны	шт	442	(1550)		(685100)				
		Прямые затраты в базовых ценах	руб.				8542	3284	2244		279,04
		Индекс на з/п рабочих строителей (монтажников)	руб.	2,772					328		24.8
		Индекс на эксплуатацию машин	руб.	2,48			5565				
		в т.ч. з/п машинистов	руб.	2,772			909				
		Индекс на материалы	руб.	1,724			5196				
		Материалы за расценкой в текущих ценах	руб.	1			814060				
		Итого прямых затрат:	руб.				833924	9103	5565		279,04
									909		24.8
		Итого:	руб.				833924	9103	5565		279,04
									909		24.8
		Накладные расходы (от сметной з/п) %	руб.	128			12815				
		Итого (с накладными расходами):	руб.				846739				
		Плановые накопления от сметного ФОТ %	руб.	83			8310				
		Итого:	руб.				855049				
		Зимнее удорожание %	руб.	1,41			12056				
		Итого:	руб.				867105				
		Резерв средств на непредвиденные расходы %	руб.	1			8671				
		Итого:	руб.				875776				
		Налог на добавленную стоимость %	руб.	20			175155,2				
		Всего по смете:					1050931	9103			279,04

### 2.4.3. Обобщенные технико-экономические показатели

Из локальных смет видно, что большую часть затрат на систему вентиляции составляют затраты на оборудование.

#### 2.4.3.1. Объем оборудования

В обобщающей таблице 15 приведены данные по количеству вентиляторов и клапанов и значения общих площадей секций из таблиц 6-13.

Таблица 2-21.

Общая площадь секции, м. кв.	Количество клапанов, шт.	Количество вентиляторов, шт.
3145,5	200	5
3204,8	210	7
4080,8	300	8
5030,64	357	7
5637,2	391	10
5635,5	391	9
6229,82	442	11
6202,28	442	16

Анализируя различные варианты секций здания и подбирая оборудование, видим, что количество клапанов растет пропорционально площади секций

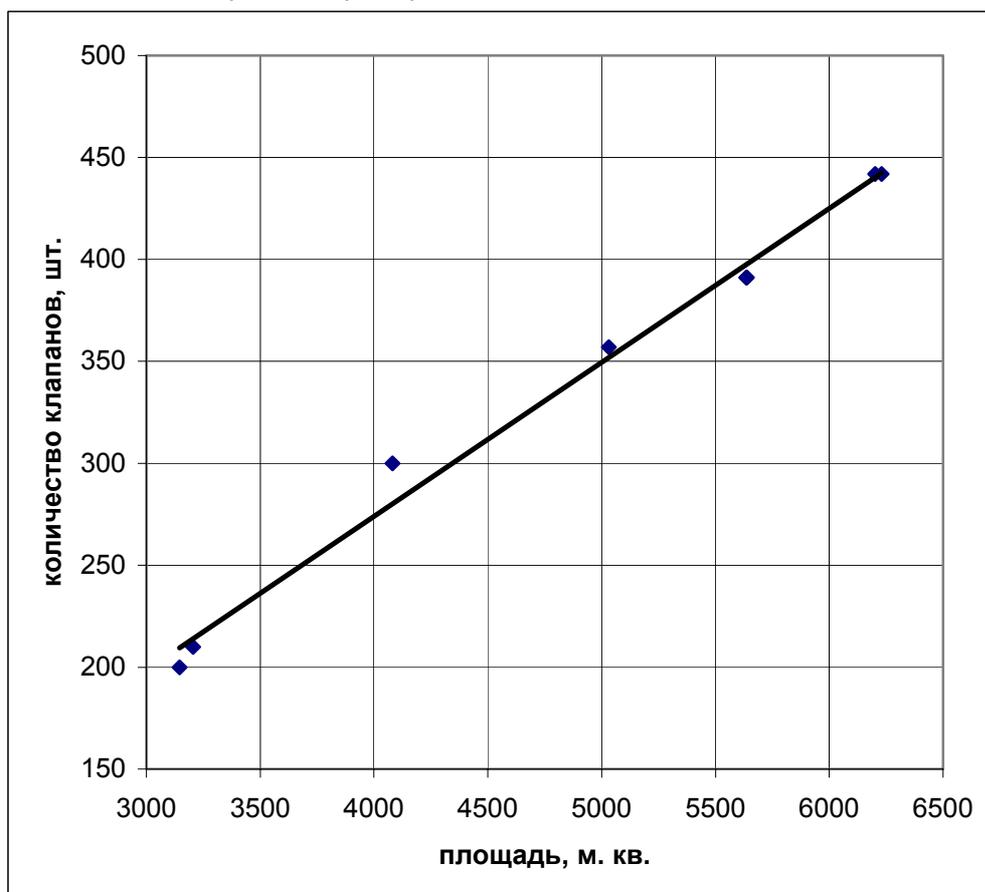
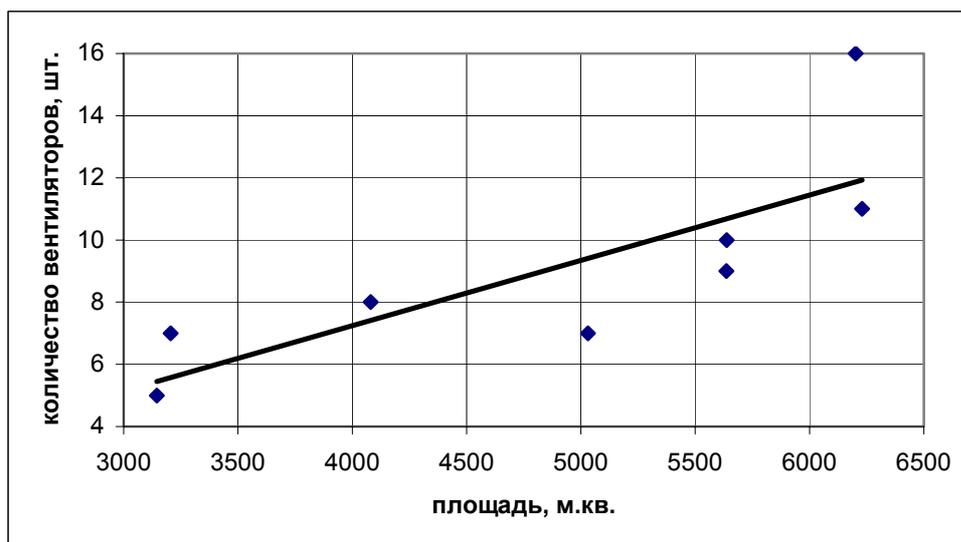


Рисунок 2-11. Зависимость количества клапанов от площади секции

Количества вентиляторов при увеличении площади секции также растет примерно пропорционально:



**Рисунок 2-12. Зависимость количества вентиляторов от площади секции**

но надо иметь ввиду, что количество вентиляторов зависит от архитектуры секции (от количества вентиляционных шахт).

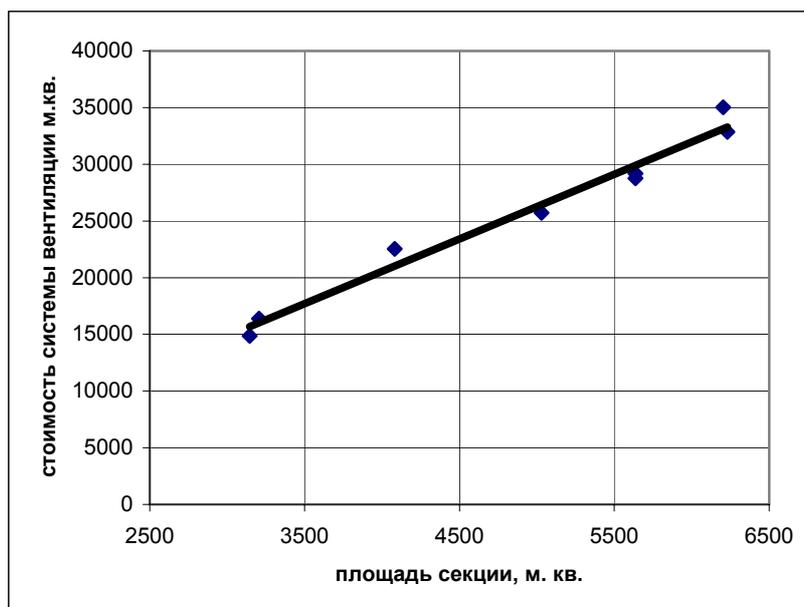
#### 2.4.3.2. Затраты

В обобщающей таблице приведены данные по затратам на систему вентиляции из локальных смет и значения общих площадей секций и их удорожаний.

**Таблица 2-22.**

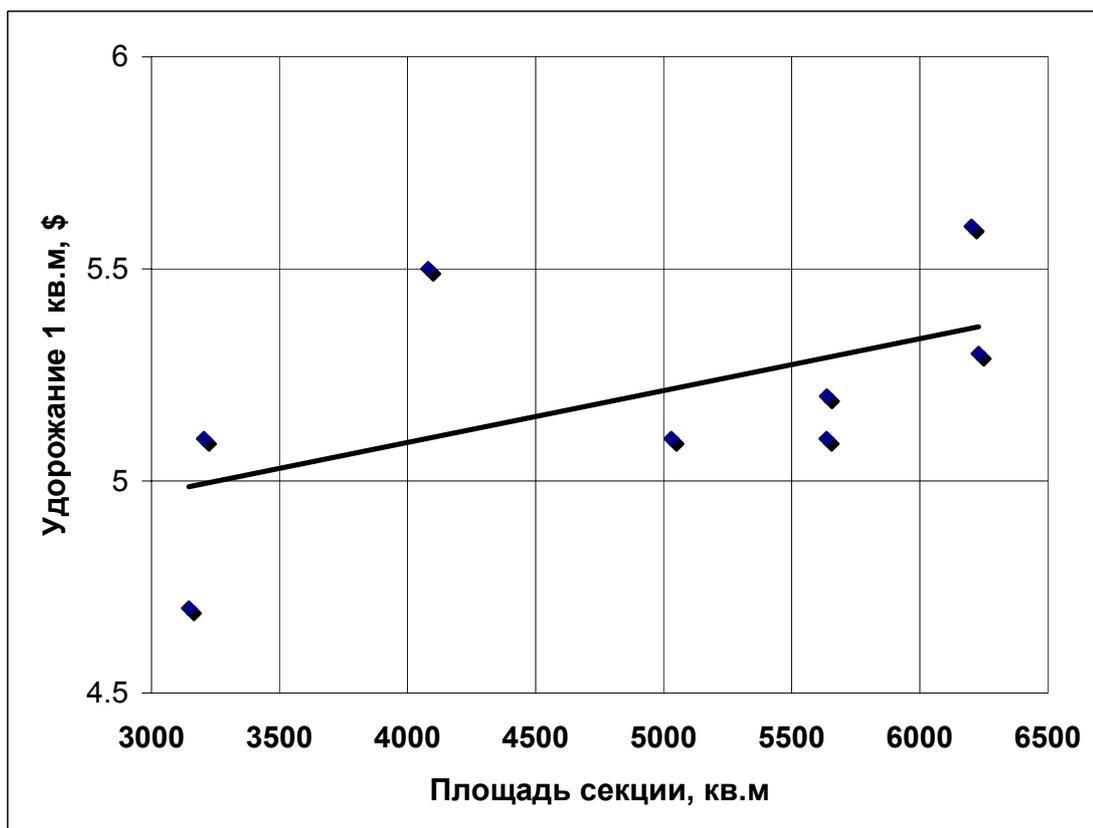
Общая площадь секции м. кв.	Затраты на систему вентиляции, у.е.	Удорожание 1 м. кв., у.е.
3145,5	14876	4,7
3204,8	16382	5,1
4080,8	22533	5,5
5030,64	25717	5,1
5637,2	29182	5,2
5635,5	28746	5,1
6229,82	32855	5,3
6202,28	35031	5,6

Зависимость затрат на систему вентиляции от площади секции приведена на графике.



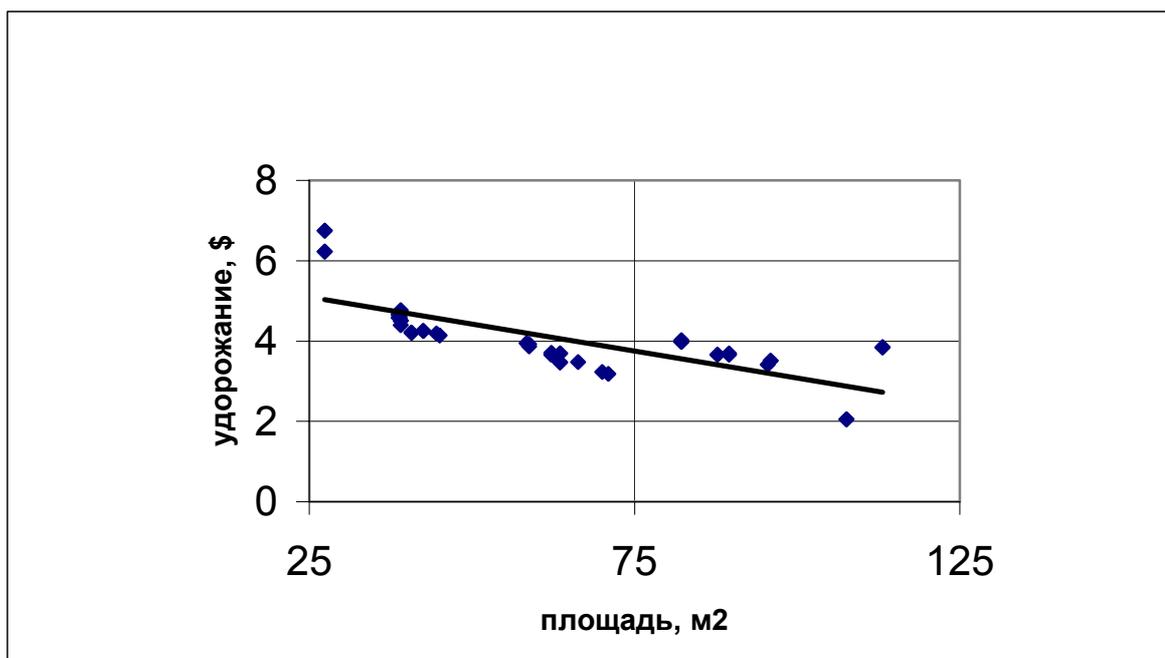
**Рисунок 2-13. Зависимость затрат на систему вентиляции от площади секции**

Затраты растут примерно пропорционально площади секции. Зависимость удорожания 1м2 квартиры от площади секции



**Рисунок 2-14. Зависимость удорожания 1м2 квартиры от площади секции**

Интересна зависимость удорожание стоимости вентиляции от общей площади квартиры.



**Рисунок 2-15. Зависимость удорожание стоимости вентиляции от общей площади квартиры**

С ростом площади удельная стоимость вентиляции квартир падает. Это вызвано более полным использованием ресурса приточных клапанов в комнатах большей площади. Из графиков видно, что чем больше площадь секции, тем больше затраты на систему вентиляции. По аппроксимирующим прямым графиков можно определить стоимости системы вентиляции для квартир любой площади в домах, состоящих из секций любой этажности.

## **2.5. Выводы по главе**

Для оценки возможностей вентиляции с естественным побуждением был проведен анализ зависимости скорости воздуха в вентиляционном канале от разницы температур воздуха и возникающего при этом напора.

Для демонстрации рыночной привлекательности предлагаемой системы вентиляции потребовалось изучение спроса на нее, оценка рыночного потенциала, рассмотрение аналогичных конкурентных систем вентиляции. Также потребовалось создание методики оценки сметной стоимости на стадии ТЭО, как элемента инвесторской сметы и методики упрощенного расчета сметной стоимости на стадии ПП. Для их создания рассматривались основные варианты планировок многоквартирных секций зданий из сборного железобетона. Рассматривались технические и локально-сметные показатели предлагаемой системы вентиляции. По результатам анализа были предложены методика оценки сметной стоимости на стадии ТЭО, как элемента инвесторской сметы и методика упрощенного расчета сметной стоимости на стадии ПП. Предложена идеология маркетинговой стратегии организации, включающая в себя рекламу, ориентированную на конечного потребителя и демонстрацию плательщику экономической эффективности вложений в предлагаемую систему вентиляции.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Получены простые расчетные зависимости для скорости движения воздуха в вентиляционном канале при естественном побуждении вентиляции за счет разницы уличной и внутриквартирной температуры.

2. Проанализирована эффективность воздухообмена при естественной вентиляции. Показано, что при расчете по действующим нормам вентиляции многоквартирных жилых домов массовой застройки для условий Санкт-Петербурга в режиме свободного притока воздуха в среднем за год почти в 50% времени вентиляция меньше расчетной (для +5 °С), в 13% вентиляция в половину и более меньше расчетной, и в 2% времени

вентиляция отсутствует. При естественной вентиляции возможно применение только фильтров грубой очистки приточного воздуха.

3. Для наиболее дешевых сборных железобетонных многоквартирных жилых домов предложена система механической вытяжной вентиляции, состоящая из крышных вентиляторов и приточных клапанов. Показано, что себестоимость вентиляции составляет около 150 рублей на квадратный метр общей площади, что составляет менее 1% от средней стоимости 1 м<sup>2</sup> жилья. Маркетинговые исследования показали, что предложенная система вентиляции является экономически привлекательной. По мнению экспертов, цена за 1 м<sup>2</sup> квартиры в доме из сборного железобетона с предлагаемой системой вентиляции может быть увеличена на 270 руб., по сравнению с аналогичной квартирой без системы вентиляции.

4. Получены аппроксимационные зависимости для оценочных затрат на предлагаемую систему вентиляции в зависимости от различных параметров. Вентиляция с механическим побуждением

Данная вентиляционная система осуществляется отдельно в каждой квартире и состоит из нескольких компонентов, расположенных по направлению движения воздуха, от входа к выходу (воздухозаборной решетки, воздушного клапана, фильтра, калорифера, вентилятора, шумоглушителя, воздуховода и распределителей воздуха).

### **3. Вентиляция с механическим побуждением на притоке**

#### **3.1. *Модельная квартира***

##### **3.1.1. Описание квартиры**

Наш подход демонстрируется на квартире с типичными параметрами для современного домостроения. Планировка квартиры приведена на следующем листе (Рисунок 3-1).



### 3.1.2. Проект вентиляции

Проект вентиляции данной квартиры предусматривает наличие приточной механической системы вентиляции, состоящей из вентилятора, фильтра, калорифера, шумоглушителей, сети воздуховодов и распределительных решеток.

Проектом предусмотрен минимальный расчетный воздухообмен 400 м<sup>3</sup>/ч. Основные показатели

Таблица 3-1.

Объект	Объём, м <sup>3</sup>	Периоды года при t <sub>н</sub> , °С	Расходы тепла, кВт		Общий расход тепла, кВт
			калорифер	вентилятор	
квартира	165	холодный -26	4,5	0,015	4,5
		теплый 20,6	-	0,015	4,5

Состав оборудования приведен в таблице.

Таблица 3-2.

№	Наименование материала	Тип	Ед. изм.	Количество
	П1			
1	Жалюзийная решетка	Ф280	шт.	1
2	Обратный клапан	ОК 200	шт.	1
3	Фильтрующая кассета		шт.	1
4	Фильтр	ФВ 200	шт.	1
5	Электронагреватель	НК 200 / 4,5	шт.	1
6	Блок силовой	БС – 10 - 12	шт.	1
7	Терморегулятор	МРТ 380.14 - 25	шт.	1
8	Датчик к электронагревателю	ТД1	шт.	1
9	Вентилятор канальный	ВК 200БИ	шт.	1
10	Регулятор скорости к вентилятору	СР 1А	шт.	1
11	Глушитель трубчатый	l = 980мм. Ф200	шт.	2
12	Заслонка воздушная с ручным приводом	P125P	шт.	1
13	Заслонка воздушная с ручным приводом	P160P	шт.	4
14	Решетка приточная	RAR 300x150	шт.	3
15	Решетка приточная	RAR 400x100	шт.	1
16	Воздуховоды с отводами и переходами	Ф200	п.м.	9
17	Воздуховоды с отводами и переходами	Ф160	п.м.	2
18	Воздуховоды с отводами и переходами	Ф125	п.м.	2
19	Теплоизоляция	б = 30мм.	м <sup>2</sup>	3

АксонOMETрическая схема выглядит так:

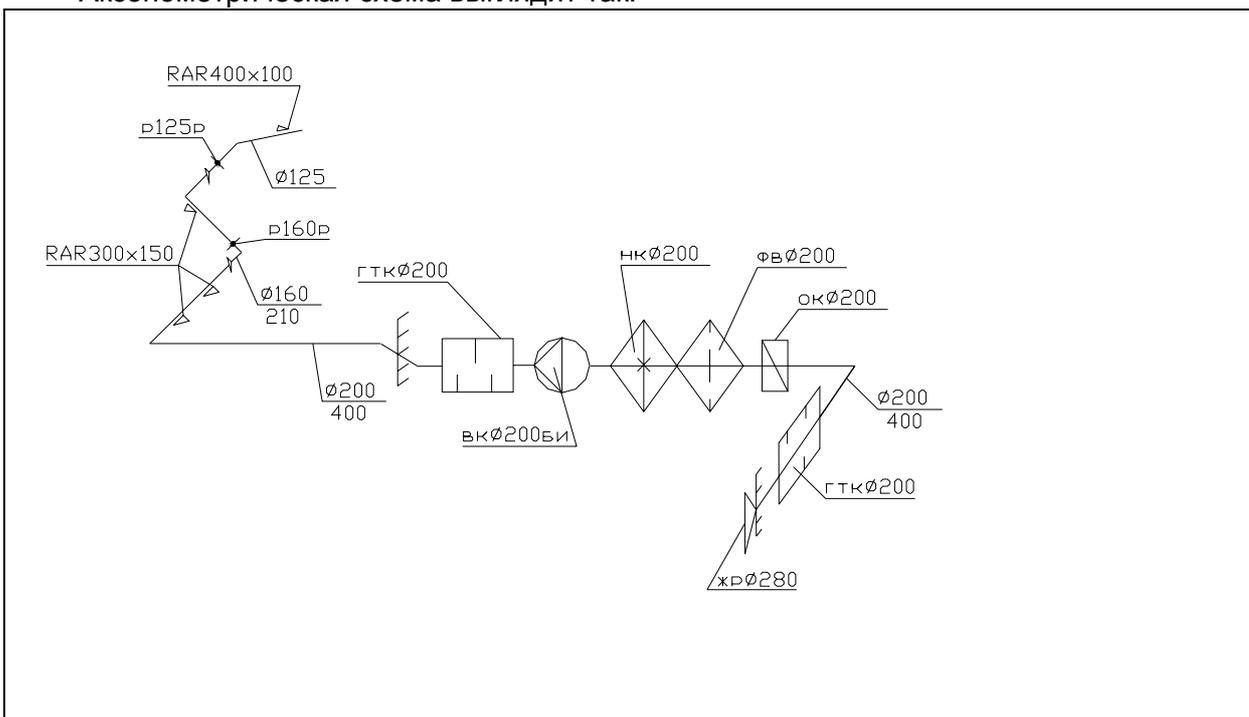


Рисунок 3-2. Схема проекта

Спроектированная система вентиляции была смонтирована и налажена.

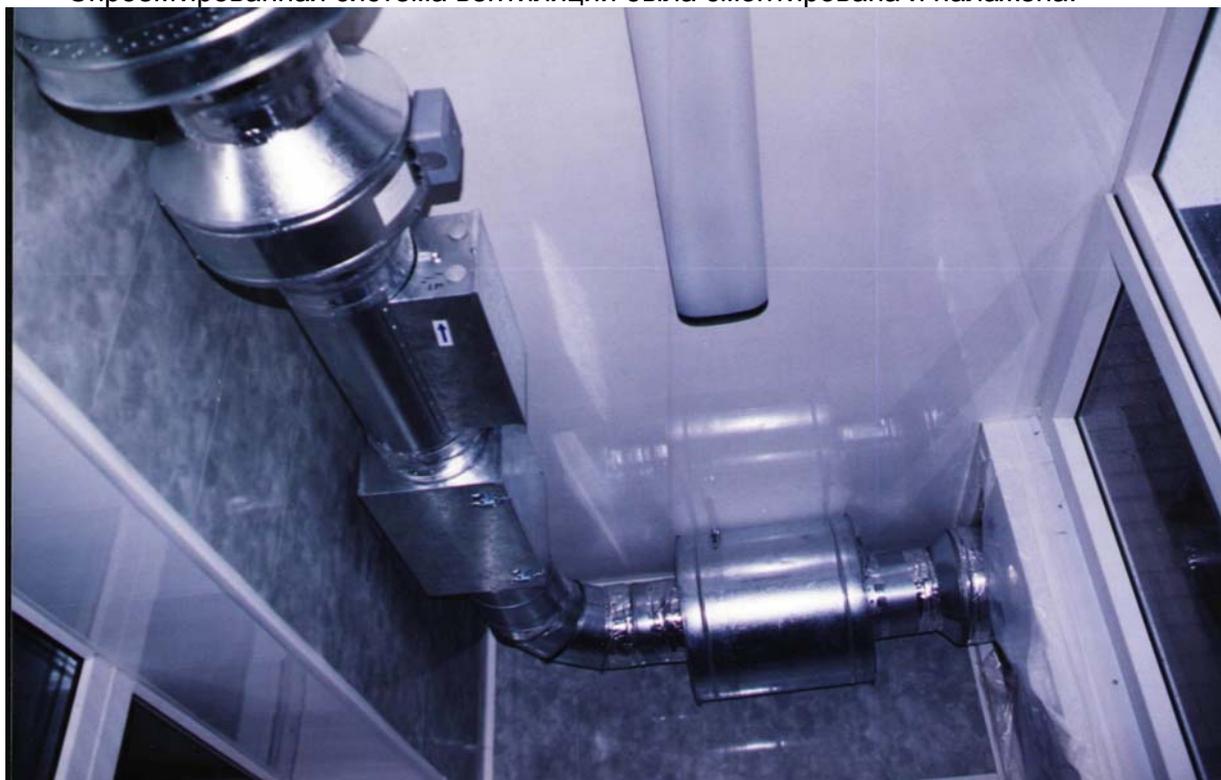


Рисунок 3-3. Участок вентиляционной системы. Слева направо: вентилятор, калорифер, фильтр, поворот воздухопровода на 90°, глушитель, приточный конфузор.



**Рисунок 3-4. Воздуховод с отводами и переходами с одного диаметра на другой**



**Рисунок 3-5. Приточная решетка в жилой комнате**

## 3.2. Экспериментальные исследования

### 3.2.1. Методика измерений

Измерение производилось мультиметром TCI Velocycalc 8386A-M-GB.



**Рисунок 3-6. Мультиметр TCI Velocycalc 8386A-M-GB**

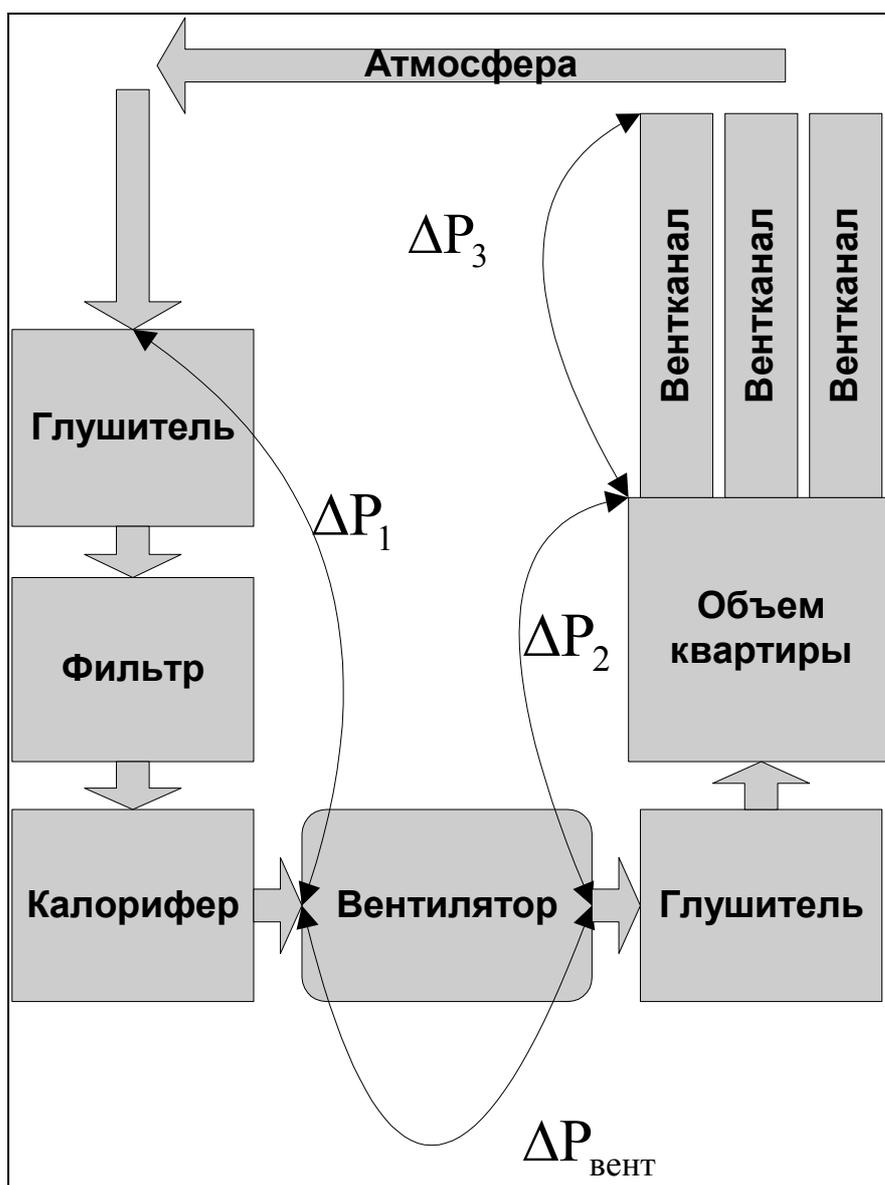
Погрешность измерения расхода составляла 7%, давления 10%. Измерения давления менее 35 Па следует рассматривать только как качественные.

Измерения проводились при температуре наружного воздуха  $-0.5^{\circ}\text{C}$ , в безветрие, при относительной влажности воздуха 60 %.

Воздух в калорифере подогревался до  $20^{\circ}\text{C}$

Квартира оборудована окнами с пластиковыми тройными стеклопакетами, двойными входными дверями с герметизирующими прокладками. По контуру установки окон и дверей выполнена наружная гидроизоляция и внутренняя пароизоляция. Поэтому можно считать, что иных источников притока и вытяжки воздуха, кроме системы вентиляции, нет.

Система вентиляции рассматривалась как замкнутый кольцевой проточный тракт, состоящий из:



**Рисунок 3-7. Схема измерений перепадов давлений на вентиляционной системе**

1. Участок до вентилятора, состоящий из приточного конфузора с решеткой на притоке воздуха в систему вентиляции с улицы, глушителя, фильтра тонкой очистки, калорифера (с соединительными трубопроводами).
2. Вентилятора.
3. Глушителя, трубопроводов с приточными решетками в жилых помещениях.
4. Внутреннего объема квартиры.
5. Параллельно включенными тремя вытяжными вентиляционными каналами (удаляющими воздух из кухни, из ванной и из туалета).
6. Внешнего участка атмосферного воздуха.

### 3.2.2. Результаты измерений

#### 3.2.2.1. Расход при естественной вентиляции

До начала опробования системы вентиляции с механическим побуждением нами был измерен расход воздуха за счет естественного побуждения. Расчетный напор за счет разности температур в жилых помещениях и на улице составлял 8 Па. В режиме открытых окон при выключенном вентиляторе обеспечивался суммарный расход воздуха через квартиру 430 м<sup>3</sup>/час, что говорит о хорошем состоянии вытяжных вентиляционных каналов. Воздух в квартиру при этом поступал в обход фильтров, т.е. не очищался и не подогревался.

### 3.2.2.2. Падение давлений на отдельных участках системы вентиляции

По сравнению с улицей на участке 1 создается разрежение, а на участках 3, 4, 5 – повышение давления по сравнению с атмосферным давлением.

Система управления вентилятором позволяла плавно менять подаваемое на него питающее напряжение переменного тока. Результаты измерения давлений и расходов при различных давлениях, создаваемых вентилятором, приведены в таблице и на графике.

Таблица 3-3.

Расход		Перепад давления на вентиляторе, Па	Давление за счет разности температур (расчетное), Па	Итоговый перепад давления, Па	Падение давления, Па			Подпор в помещении
м3/час	м3/с				Улица-вход вент.	Выход вент.-квартира	Участок 4,5,6 (расчет)	
212	0.06	44	8	52	47	0	5	3
515	0.14	116	8	124	109	1	14	2
570	0.16	131	8	139	122.7	1	15.3	3
700	0.19	167	8	175	149.5	2	23.5	5
805	0.22	197	8	205	172.5	3	29.5	6

Подпор (превышение давления по сравнению с атмосферным давлением) в квартире составлял от 3 до 6 паскалей, что не оказывает влияние на жизнедеятельность человека. Но такой малый подпор в сочетании с герметизирующими прокладками оконных и дверных проемов препятствует проникновению пыли в помещение.

Давление, развиваемое вентилятором (верхняя кривая на графике), падает, в основном, на участке, состоящем из приточного конфузора с решеткой на притоке воздуха в систему вентиляции с улицы, глушителя, фильтра тонкой очистки, калорифера (вторая сверху кривая на графике).

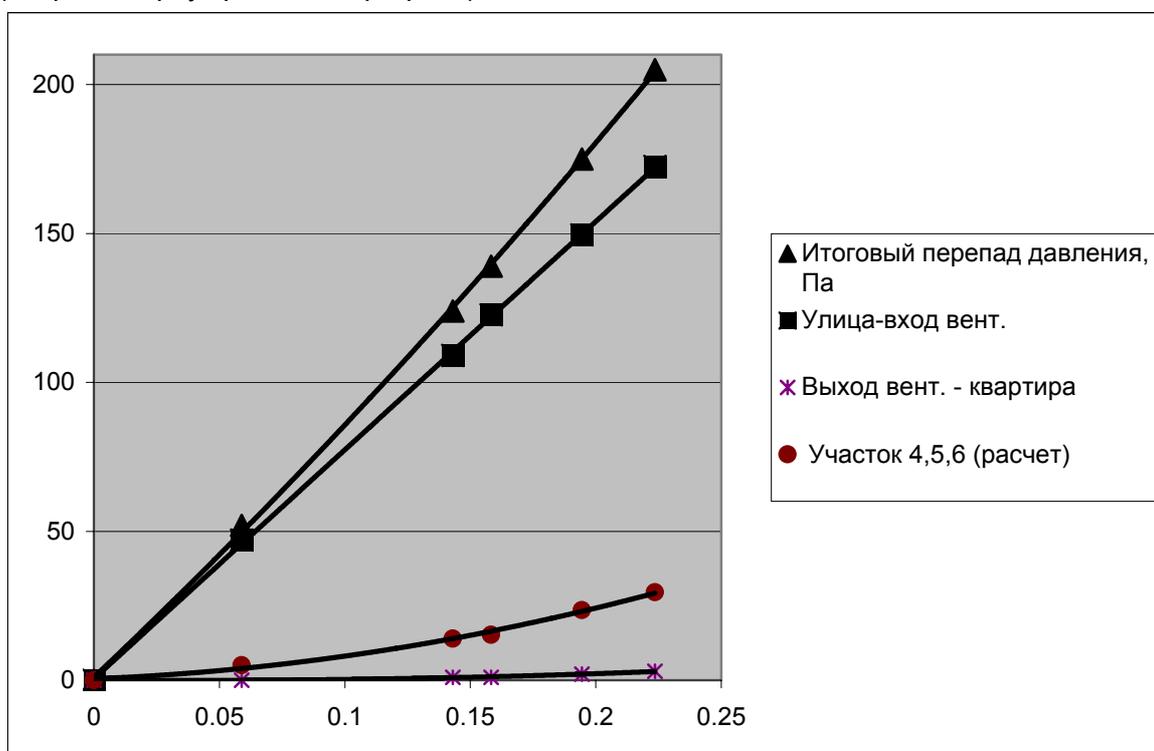


Рисунок 3-8. Перепады давлений на участках системы вентиляции

Следующее по величине – это падение давления на параллельно вытяжных вентиляционных каналах. Падение давления на параллельно вытяжных вентиляционных каналах составило от 9 до 14% от приложенного давления или от 11 до 15% от давления, развиваемого вентилятором. При этом доля падения давления тем больше, чем больше

расход воздуха. Следует учитывать это падение давления при расчете системы вентиляции.

Таблица 3-4.

Перепад давления на вентиляторе, Па	Доля участка 4,5,6	Итоговый перепад давления, Па	Доля участка 4,5,6
44	0.096154	52	0.113636
116	0.112903	124	0.12069
131	0.110072	139	0.116794
167	0.134286	175	0.140719
197	0.143902	205	0.149746

Наименьшим оказалось падение давления на участке 3 (глушитель, трубопроводы с приточными решетками в жилых помещениях).

### 3.2.2.3. Коэффициент гидравлического сопротивления

При напорных течениях в трубах падение давления, вызываемое гидравлическим сопротивлением, обычно выражают через коэффициент сопротивления  $\lambda$ , т.е.

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2},$$

где  $\Delta p$  - перепад давления на участке трубы длиной  $L$  с диаметром сечения  $D$ . Аналогично для местного сопротивления падение давления выражают как

$$\Delta p = \lambda \frac{\rho v^2}{2}.$$

По полученным данным нами рассчитывалась зависимость коэффициента гидравлического сопротивления всего проточного тракта от числа Рейнольдса (рис ).

Таблица 3-5.

Число Рейнольдса	Коэффициент гидравлического сопротивления
20896.29	19.21
50763.92	8.6
56185.31	7.9
68999.51	6.7
79349.43	6.1

Для труб обычно применяют эмпирические формулы зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса. В числе эти формул – формула Никурадзе

$$\lambda = 0.0032 + \frac{0.221}{Re^{0.237}},$$

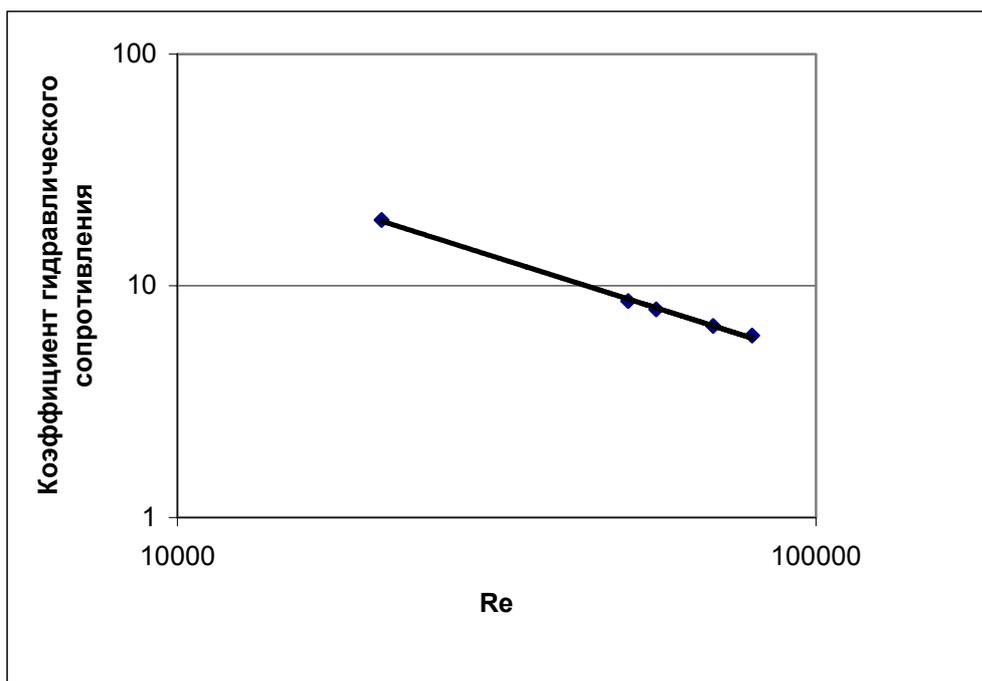
формула Блазиуса

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}.$$

Находит применения и степенная формула

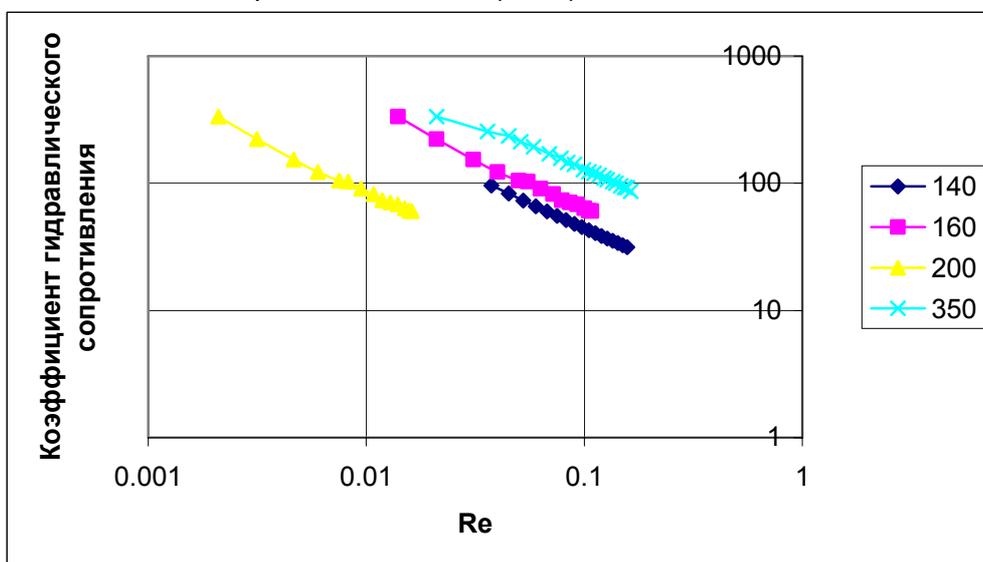
$$\lambda = \frac{0.184}{Re^{0.2}}.$$

По построенной зависимости с логарифмической шкалой видно, что вид зависимости соответствует приведенным формулам для гладких труб.



**Рисунок 3-9. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса**

Очевидно, что зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса для системы в целом определяется, в значительной степени, зависимостью коэффициента гидравлического сопротивления фильтра тонкой очистки. В представленных на графике результатах число Рейнольдса рассчитано по диаметру волокна и находится в пределах  $1 << Re < (5 \div 10)$ .



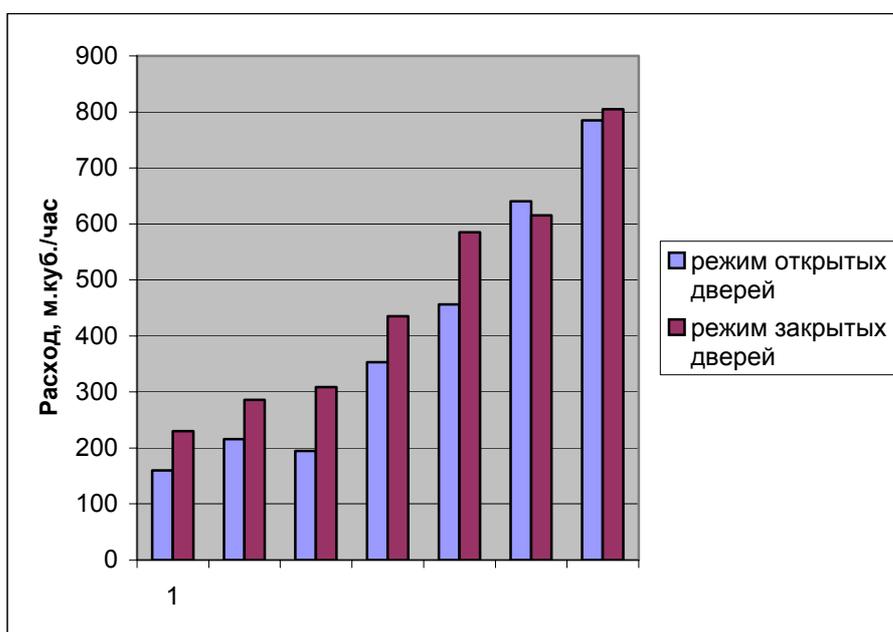
**Рисунок 3-10. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления фильтра тонкой очистки**

Характер зависимости объясняет достаточно низкую точность расчетов подобных систем, т.к. в расчетных программах для фильтров обычно заложено постоянное значение коэффициента сопротивления, а то и постоянное падение давления на фильтре. В результате в практике проектирования подбирают вентилятор с большим запасом производительности по сравнению с расчетным значением, а в гидравлический тракт включают регулировочные дроссели.

### 3.2.2.4. Квартира как «единый воздушный объем»

В Справочном пособии ЦНИИЭП инженерного оборудования «Отопление и вентиляция жилых зданий» квартира рассматривается в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением. В практике проектирования сопротивление внутреннего объема квартиры не учитывают, ограничиваясь в проектах выдачей рекомендации о том, что внутренние двери жилых комнат, двери кухни и санитарных помещений должны иметь зазор снизу дверного полотна не менее чем 0,02 м для перетекания воздуха. Такие же рекомендации содержатся и в Пособии по проектированию автономных инженерных систем одноквартирных и блокированных жилых домов (Москва, 1997 г.).

В испытываемой квартире все двери имели зазор снизу дверного полотна не менее чем рекомендованные 0,02 м. Мы экспериментально сравнили два режима эксплуатации вентиляции. В одном режиме все межкомнатные двери в испытываемой квартире были закрыты, в другом – открыты. Для каждого значения давления, развиваемого вентилятором, расходы воздуха через квартиру оказывались разными.



**Рисунок 3-11. Сравнение расходов при закрытых и открытых внутриквартирных дверях**

Из графика и таблицы видно, что уменьшение расхода при закрытых дверях при малых производительностях вентилятора разница в расходах оказывается существенной и должна учитываться в расчетах.

**Таблица 3-6.**

Расход в режиме закрытых дверей, м³/ч	Расход в режиме открытых дверей, м³/ч	Разница, %
160	230	43.75
216	286	32.41
195	309	58.46
353	435	23.23
456	585	28.29
640	615	-3.91
785	805	2.55

В целом результаты испытания системы показали ее пригодность для постоянной эксплуатации.

### **3.3. Выводы по главе**

Для оценки возможности рассмотрения квартиры в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением. и отсутствия учета естественной тяги при расчете квартирной вентиляции была выбрана типовая квартира средней ценовой группы. Спроектирована и смонтирована система вентиляции с механическим побуждением и с фильтрами тонкой очистки воздуха класса F5. Экспериментально исследованы характеристики системы.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. На примере модельной квартиры средней ценовой группы общей площадью 118 м<sup>2</sup> выполнено проектирование, монтаж и экспериментальное исследование системы приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и фильтрами тонкой очистки воздуха класса F5.

2. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления всего проточного тракта от числа Рейнольдса плохо описывается степенными формулами и определяется в основном характером зависимости для сопротивления фильтра воздуха.

3. Показано, что квартира не может рассматриваться в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением.

4. Показано, что при расчете и наладке систем вентиляции с механическим побуждением можно не учитывать естественную тягу.

## Заключение

Актуальность работы определяется необходимостью повышения комфорта жилых помещений, в том числе повышения в них качества воздуха. Применение приточно-вытяжных систем вентиляции жилых помещений потребовало дополнительных технических и экономических разработок, выполненных автором.

Была проанализирована эффективность систем вентиляции с естественным побуждением, предложены технико-экономические разработки систем вентиляции как для наиболее дешевых сборных железобетонных многоквартирных жилых домов, так и для более дорогих многоквартирных жилых домов массовой застройки с квартирами для представителей среднего класса.

Основные научные и практические результаты, полученные в работе, заключаются в следующем:

1. Обзор литературы, приведенный в работе, показал актуальность и необходимость исследований в области систем вентиляции многоквартирных жилых домов массовой застройки.

2. Получены простые расчетные зависимости для скорости движения воздуха в вентиляционном канале при естественном побуждении вентиляции за счет разницы уличной и внутриквартирной температуры.

3. Проанализирована эффективность воздухообмена при естественной вентиляции. Показано, что при расчете по действующим нормам вентиляции многоквартирных жилых домов массовой застройки для условий Санкт-Петербурга даже в режиме свободного притока воздуха в среднем за год почти в 50% времени вентиляция меньше расчетной (для +5 ОС), в 13% вентиляция в половину и более меньше расчетной, и в 2% времени вентиляция отсутствует. При естественной вентиляции возможно применение только фильтров грубой очистки приточного воздуха.

4. Для наиболее дешевых сборных железобетонных многоквартирных жилых домов предложена система механической вытяжной вентиляции, состоящая из крышных вентиляторов и приточных клапанов. Показано, что себестоимость вентиляции составляет около 150 рублей на квадратный метр общей площади. Маркетинговые исследования показали, что предложенная система вентиляции является экономически привлекательной. Получены аппроксимационные зависимости для оценочных затрат на предлагаемую систему вентиляции в зависимости от различных параметров.

5. На примере модельной квартиры средней ценовой группы общей площадью 118 м<sup>2</sup> выполнено проектирование, монтаж и экспериментальное исследование системы приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и фильтрами тонкой очистки воздуха класса F5. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления всего приточного тракта от числа Рейнольдса описывается степенными формулами и определяется в основном характером зависимости для сопротивления фильтра воздуха. Показано, что квартира не может рассматриваться в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением. Показано, что при расчете и наладке систем вентиляции с механическим побуждением можно не учитывать естественную тягу.

6. Результаты работы внедрены в ОАО «Домостроительный комбинат Блок» и в Производственном, научно-исследовательском и проектно-конструкторском учреждении «Венчур» для расчета и обоснования технических решений по системам вентиляции.

7. Задачами дальнейших исследований являются распространение полученных результатов на другие типы квартир.

## Список использованных источников

1. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина». 2000 – 416 с.
2. Баркалов Б. В., Карпис Е.Е.. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М.: Стройиздат, 1982.
3. Вентиляция промышленных и общественных зданий с использованием оборудования HOVAL. – Журнал «Кондиционирование. Вентиляция воздуха», №5, 2001.
4. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учеб.- практ. пособие. – М.: Дело, 2001. – 832с.
5. Влияние воздухопроницаемости на проектирование систем климатизации. -АВОК №2 2003г.
6. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха (Справочник проектировщика). - М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
7. Все о маркетинге: Сборник материалов для руководителей предприятий, экономических и коммерческих служб. М.:Азимут-Центр,1992г.
8. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика).-СПб, 2002, 545 с.
9. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования, М., 1996г
10. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт. 1999, - 14 с.
11. ГОСТ Р 51251 – 99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. Введ 2000-01-01.
12. Инженерное оборудование. Режим доступа [http://www.eneq.ru/prod\_elements/fans/akor.html].
13. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: Учебник/ Е.Н.Бухаркин, В.М.Овсянников, К.С.Орлов и др.; Под ред. Ю.П.Соснина. - М.: Высшая школа, 2001 - 415 с. ил.
14. Информационно-правовой сборник серии “Справочник строительной палаты”, информационно-издательский центр строительного комплекса, СПб, 2001г.
15. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.
16. Классификация систем вентиляции. Режим доступа [http://www.inrost.ru/library/articles/apic/03ventclasses.html].
17. Климатотехника наших дней. Режим доступа [http://www.inrost.ru/library/articles/central/nowadays/index.html].
18. Определение технико-экономической эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Учеб. Пособие. – Рига, 1987.
19. Организация и управление строительства. Основные понятия и термины. Под редакцией Васильева А.А. – Москва, 1998.
20. Отопление и вентиляция: Учеб. Пособие для строит. вузов и фак. по спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция». В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция. - М.: Высш. шк., 1984.- 263с., ил.
21. Певший Ф.М. Мировой рынок, конъюнктура, цены и маркетинг. М., МО, 1993 г.
22. Приточно-вытяжные вентиляционные установки. Режим доступа [http://www.soglasie.msk.ru].
23. Приточные и приточно-вытяжные установки – Новейшие технологии. Режим доступа [http://www.new-tech.ru/vent2.htm].
24. Пунин Е.М. Маркетинг, менеджмент, ценообразование на предприятии. М., Международные отношения, 1993 г.
25. Пухкал В.А. ООО "Розенберг Норд-Вест". Оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха концерна "Rozenberg ventilatoren GmbH" [Электронный ресурс] / В.А. Пухкал.-Электрон. текстовые дан. (1 файл : 337 Кб) // Материалы ...21-24 апреля 2002 г. [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский государственный технический

университет.-Б.м., Б.г.-Загл. с титул. экрана.-Электрон. версия печ. публикации .- Свободный доступ из сети Интернет.-Adobe Acrobat Reader 4.0 .- <URL:ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/000912.pdf>.

26. Руководство по проектированию эффективной вентиляции. – Журнал «АВОК», №1, 2003.

27. СанПиН 2.2.4. 548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Информационно-издательский центр Минздрава России. 1997, - 20 с.

28. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция, кондиционирование. Госстрой России, М. 1999, -72 с.

29. СНиП 2.08.01-89\* Жилые здания (с Изменением N 3, утвержденным постановлением Госстроя России от 03.06.99 № 42)

30. СНиП 2.08.02-89. Общественные здания и сооружения. М.: Госстрой России. 1999, - 41с.

31. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Госстрой России. М.: 1999-16 с.

32. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. М.: Госстрой России, 2000, -57с.

33. СНиП II-3-77. Защита от шума. Нормы проектирования. М.: Стройиздат. 1978, - 48 с.

34. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. М.:Госстрой России, 1998 –28 с.

35. Справочник проектировщика. 4.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. М.: Стройиздат. 1992.

36. Тананаев А.В. Течение в каналах МГД-устройств.-М. 1979.-368 с.

37. Тепло, комфорт, энергосбережение. – Журнал «Мир Климата», №2 2002.

38. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. М.: Атомиздат, 1979.

39. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Энергоиздат. Ленинград, 1982.

40. Яворский Б.М., Детлаф А.А.. Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов. Москва, 1968.