

УДК 628.23

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НОВЫХ ЗДАНИЯХ И ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

Пожитков О.Л., Райзер Ю.С., Лапшакова И.В.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
ул. Менделеева, д. 195, 450080 Уфа, Российская Федерация,
E-mail: ufa2016_2@mail.ru

Аннотация: В статье приводится опыт использования гибридных систем вентиляции, а также рассматривается реконструкция старых систем в жилых домах под гибридные. Целью данного исследования является выявление рентабельности с точки зрения энергоэффективности при модернизации систем естественной вытяжной вентиляции. Исследования и опыт эксплуатации показали, что не всегда такой шаг является обоснованным и энергоэффективным в зданиях типовых проектов 70-90-х годов. Однако современные технологии и материалы позволили закладывать подобные решения в проект в угоду снижения энергопотребления. Также такие системы призваны экономить ценную жилплощадь, не устраивая отдельно механическую и естественную вентиляции.

Предмет исследования: Функциональность гибридной системы вентиляции при оснащении ею старых типовых домов и установке в новых, энергоэффективность данного мероприятия.

Методы и материалы: Исследование проводилось на основе исследований Московского научно-исследовательского и проектного института типологии и экспериментального проектирования (МНИИТЭП) и работ И.И. Боровицкого о реконструкции существующих жилых домов, а также экспертных статей в области проектирования вентиляции.

Результаты: для создания гибридной вентиляции в жилых зданиях устанавливаются вентиляторы, работающие только при недостаточной тяге. Они могут устанавливаться на тёплых чердаках, обеспечивая движения воздуха во всех сопряжённых вентканалах. Другим способом экономии энергии и поддержания воздухообмена является установка комбинированной приточно-вытяжной системы с радиатором отопления, что пока не так распространено в России.

Выводы: В старых домах установка системы требует время, чтобы окупить затраты на её установку, в новых проектах такую технологию можно применять, поскольку она поможет снизить затраты жильцов на отопление и обеспечит нормируемые параметры микроклимата как в тёплый, так и в холодный период.

Ключевые слова: гибридная система вентиляции, вытяжная вентиляция, энергосбережение, реконструкция, рациональное использование ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

Энергосбережение при проектировании и эксплуатации инженерных систем всегда стоит на повестке дня. В условиях непростой экономической обстановки в стране возникает потребность в экономии ресурсов и их рациональном использовании, создавая оптимальные условия проживания. Для этого разрабатываются различные способы повторного использования теплоты в системах отопления и вентиляции, всё чаще устанавливается аппаратура, функционирующая на датчиках, регулирующих количество затрачиваемой энергии и ресурсов и, наконец, реконструкция и модернизация устаревших систем, неэффективно работающих ввиду появления дефектов в ходе эксплуатации или же появления новых технологий.

Одним из методов повышения эффективности работы систем вентиляции и снижения затрат является гибридная система. Цель данного исследования заключается в изучении адекватности гибридной системы вентиляции. Для использования гибридная система вентиляции должна удовлетворять следующим требованиям:

- явление холодной тяги не должно существовать в жилой зоне;
- конденсат не должен образовываться на поверхностях вентиляционных отверстий;
- в каждом помещении должен быть обеспечен приток подпиточного воздуха за счёт

отработанного воздуха из комнаты отдыха и гостиной.

Наиболее эффективный вариант вентиляции – приточно-вытяжной. Однако он имеет достаточно высокую стоимость, поэтому иногда рациональнее выбрать гибридную вентиляцию. Она объединяет естественную и принудительную системы. Её приобретение и установка потребуют меньше денег и усилий.

Есть два способа организовать гибридную вентиляционную систему:

- осуществлять приток воздуха через форточки;
- создать высокое давление в помещении.

Первый вариант используется в загородных домах или дачах, которые находятся в экологически благоприятном районе. Удаление воздуха организовывается принудительно, а приток – через форточки, приточные клапаны и т.д. Второй вариант предусматривает одну мощную централизованную приточную установку или несколько моноблочных компактных приточников, по одному в каждой комнате дома. Такая схема создаёт избыточное давление, вытесняющее отработанный воздух в вытяжные каналы.

Исследование преследует цель рассмотрение рентабельности гибридной вентиляции для дальнейшего развития технологии в строительной отрасли.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Исследование проводилось на основе исследований Московского научно-исследовательского и проектного института типологии и экспериментального проектирования (МНИИТЭП) и работ И.И. Боровицкого о реконструкции существующих жилых домов, а также экспертных статей в области проектирования вентиляции [1-11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Гибридная система вентиляции представляет собой схему естественной и механической вентиляции, объединённых в единую сеть, взаимодополняя друг друга. Вентиляционные каналы и компоненты естественной вентиляции снабжаются вентилятором низкого давления системы механической вентиляции, который включается только при необходимости, т.е. работает в дополнение к естественной тяге в случаях, когда это необходимо. Суть такого сопряжения заключается в том, что естественная вытяжка работает при соответствующих значениях температуры наружного воздуха, то есть в холодный и переходный периоды года. Механические устройства для побуждения движения воздуха включаются в работу в периоды, когда относительно высокая температура наружного воздуха не позволяет обеспечить требуемый гравитационный напор. Эти механические устройства дают возможность нормализовать вытяжку в тёплый период года.

Технология не новая, первые экспериментальные проекты жилых домов с гибридной системой вентиляции разрабатывались в Москве в 1970-х годах. Тогда подобное решение оказалось неэффективным вследствие не герметичности типовых вентиляционных блоков, из-за чего образовывались подсосы в канал и повышалась нагрузка на вентилятор, установленный на крыше, что неизбежно вело к повышению уровня шума. К тому же, в то время не было эксплуатирующих организаций подобного оборудования для жилищного сектора [1].

В настоящее время повсеместно используются тонколистовые воздуховоды из оцинкованной стали, что искоренило проблему не герметичности сети. Установка гибридной системы вентиляции в новом здании позволит рационализировать потребление электроэнергии вентиляторами, которые не будут работать в холодный и переходный периоды года, их работу будет выполнять разность давления и температуры, способствующая естественной тяге. Для этого рабочее колесо крышного вентилятора изготавливается особой конфигурации, не препятствующей свободной работе естественной вытяжки, кроме того, могут применяться разного рода эжекционные системы.

Ухудшение работы естественной вентиляции в жилых зданиях связывается с повышенными теплозащитными характеристиками наружных ограждающих конструкций, герметичными стеклопакетами, что значительно снижает трансмиссионные теплопотери. Кроме того, с уменьшением трансмиссионных теплопотерь в общем тепловом балансе здания выросла доля теплопотерь на инфильтрацию и вентиляцию – расхода теплоты на подогрев наружного воздуха. Неудовлетворительная работа естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах обусловлена рядом причин, но основными предпосылками являются:

- фактическое отсутствие притока при установке герметичных окон (со стеклопакетами);
- недостаточная вентиляция в квартирах верхних этажей, обусловленная малой высотой вентиляционной шахты;
- прекращение работы вентиляции при повышении температуры наружного воздуха до 5-7 °С и выше;
- нахождение здания в зоне аэродинамической тени.

Тем самым, неудовлетворительная работа естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах приводит к двум основным проблемам:

- неудовлетворительное качество микроклимата в квартирах, что вызывает проблемы с самочувствием и здоровьем жителей, а также поражение здания грибком, плесенью, а это, в свою очередь, также ухудшает здоровье жильцов, у жителей таких квартир возникает так называемый «синдром больного здания» (Sick Building Syndrome – SBS);
- при неработающей вентиляции жильцы проветривают квартиры, открывая окна, что приводит к избыточному проветриванию и перерасходу тепловой энергии на подогрев сверхнормативного расхода воздуха, квартиры остужаются, и тем самым эффект энергосбережения от дополнительного утепления зданий, от замены окон фактически сводится к нулю.

Гибридная (естественно-механическая) вентиляция позволяет использовать существующие вентиляционные каналы естественной вытяжки, с которыми сопрягается вентилятор низкого давления. Вентилятор используется исключительно для поддержания естественной тяги, обеспечивая нормативное количество расхода воздуха. Включение может производиться вручную либо автоматически, например, посредством датчика температуры или скорости ветра. Наружный воздух поступает через регулируемые приточные устройства, расположенные в жилых помещениях (спальня, гостиная), и далее движется в сторону подсобных помещений (кухня, ванная, туалет), где удаляется через регулируемые вытяжные устройства, сообщающиеся с вентиляционным каналом, подсоединённым к вентилятору.

Гибридная вентиляция справляется со своей задачей в естественном режиме весь холодный

период до 5 °С и может переключаться на механический режим при более высокой наружной температуре или в определённые часы при необходимости исходя из режима эксплуатации. Например, может обеспечиваться автоматическое включение вентилятора при снижении разрежения ниже допустимого. При выключенном вентиляторе гибридная вентиляция работает как система естественной вентиляции. В любом случае, системы гибридной вентиляции должны быть построены таким образом, чтобы вентиляторы не нарушали естественный гравитационный и ветровой напоры.

Гибридной вентиляцией можно управлять вручную или с помощью программаторов. Ручное управление основано на том, что установщик выбирает частоту вращения гибридного навесного оборудования. Он выполняет эту операцию на основе измерения расхода воздуха через заданную вытяжную решётку или данных из каталожной карточки устройства. В этом случае частота вращения постоянна на протяжении всей работы навесного оборудования.

Электронные контроллеры также могут использоваться для управления гибридной вентиляцией. Они позволяют подбирать скорость

укоренения в зависимости от внешних условий, а также от конкретных часов и даже дней. Это удобное решение, потому что ночью или когда члены семьи находятся в школе или на работе, эффективность может снизиться. Таким образом мы сокращаем потребление электроэнергии. Также на рынке есть контроллеры, регулирующие работу приставки в зависимости от влажности в помещении.

Элементы гибридной системы вентиляции также могут быть включены в интегрированные системы домашней автоматизации (т.е. в интеллектуальные системы зданий).

Как упоминалось ранее, в старых домах может применяться эжекторная вытяжка с установкой осевого вентилятора в дефлектор на техническом этаже. При этом остаются все промышленные элементы здания (вентблоки, тёплый чердак и общая вытяжная шахта). Управление осевым вентилятором эжектора может быть осуществлено по определённой программе или графику работы дистанционно, из помещения консьержа. Электродвигатель вентилятора должен быть укомплектован регулятором переключения скоростей.

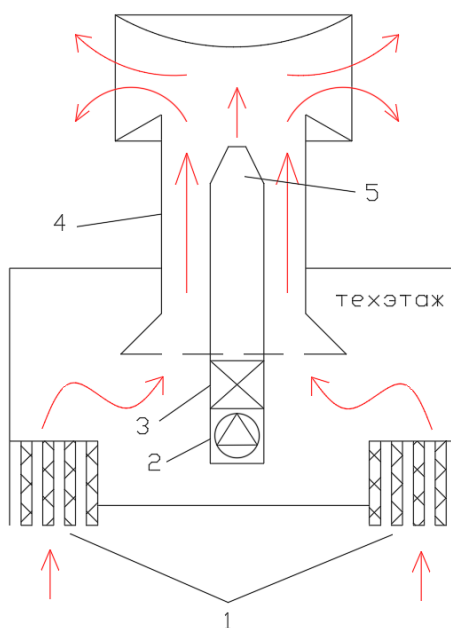


Рис. 1. Схема эжекторной вытяжной установки на техническом этаже.

1 – шумоглушители; 2 – осевой вентилятор; 3 – выпрямитель воздуха; 4 – дефлектор; 5 – сопло эжектора.

Рис. 3. The scheme of the ejector exhaust unit on the technical floor.

1 – silencers; 2 – axial fan; 3 – air rectifier; 4 – deflector; 5 – ejector nozzle.

В этой конструкции происходит дополнительная эжекция воздуха из объёма тёплого чердака при работающем вентиляторе, а при отключении его обеспечивается естественная тяга посредством гравитационного и ветрового давления с помощью дефлектора. «Тёплым» чердак становится за счёт вытяжного воздуха из квартир, поступающего в него. На общей вытяжной шахте секции дома имеется дефлектор (4) для использования давления ветра и защиты шахты от осадков. Внутри шахты (в стволе дефлектора) установлен патрубков (эжектор

низкого давления) с осевым вентилятором (2). В патрубке сделана крестообразная перегородка (3) – выпрямитель потока воздуха после осевого вентилятора для уменьшения потерь в камере смешения, которой является сама шахта.

Энергоэффективность системы вентиляции может быть в большей степени повышена за счёт применения отопительных приборов, совмещающих в себе функции обычного радиатора отопления и системы приточной вентиляции (систему тоже можно назвать гибридной), тем

самым, снижая затраты на прогрев помещения ввиду того, что такая установка будет обеспечивать более интенсивный воздухообмен. Особенно такая технология актуальна в зимнее время, поскольку для обеспечения необходимой циркуляции воздуха требуется открывать окна и проветривать пространство. При этом, оно остывает, следовательно, возрастают нагрузки на отопление. Голландская фирма ClimaRad специализируется на изготовлении таких установок.

Прибор представляет собой компактную приточно-вытяжную установку, помещающуюся в корпусе алюминиевого радиатора. Вход и выход

воздуха предусмотрены через каналы, монтируемые в стене и выходящие на улицу. Холодный воздух с улицы по приточному патрубку поступает в отсек с осевым вентилятором, который гонит его к теплообменнику сверху вниз, а затем через верхнюю решётку выводит его в помещение. Вытяжной же воздух, более холодный, настилается у пола и засасывается в прибор снизу, после чего по отдельному каналу при помощи второго осевого вентилятора удаляется наружу через вытяжной патрубок. Схема работы установки приведена на рисунке 2, общий вид установки – на рисунке 3.

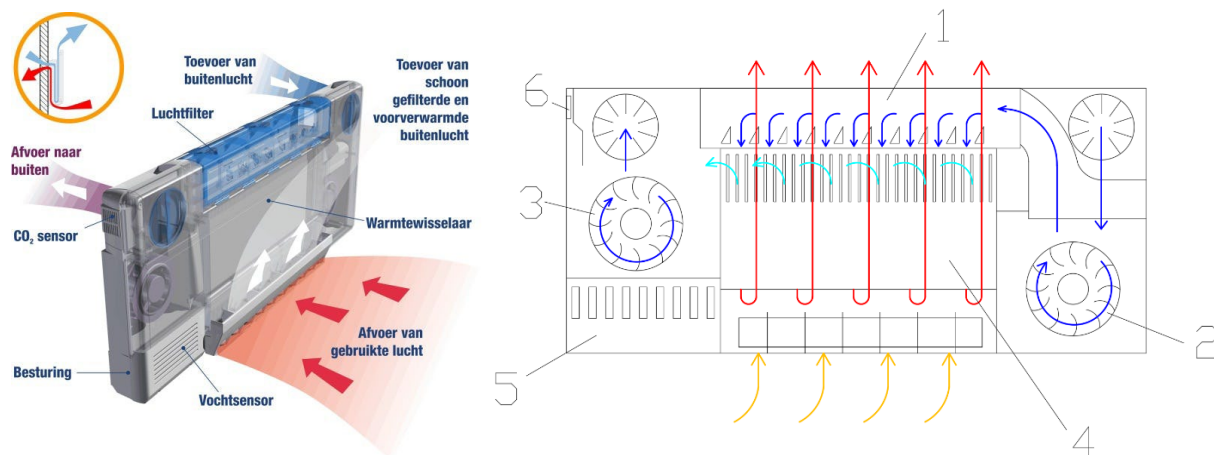


Рис. 2. Схемы работы установки ClimaRad.

1 – Секция воздушных фильтров; 2 – приточный вентилятор; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – теплообменник; 5 – датчик влажности; 6 – датчик CO₂.

Pic. 2. Schemes of operation of the ClimaRad unit.

1 – Air filter section; 2 – supply fan; 3 – exhaust fan; 4 – heat exchanger; 5 – humidity sensor; 6 – CO₂ sensor.



Рис. 3. Внешний вид установки.

Pic. 3 Exterior of the unit.

Основным преимуществом данной технологии является экономия места, которая обеспечивается в строительных проектах. Ведь при таком решении нет необходимости в вентиляционных каналах и полностью исключается центральная приточно-вытяжная установка. В результате чистая полезная площадь остается прежней. Если рассматривать установку в существующих зданиях, то для её применения нет необходимости в крупномасштабных корректировках архитектурных конструкций.

Такой вариант организации вентиляции подойдёт, скорее, для одной квартиры, ведь, как не трудно догадаться, цена одной такой установки весьма немаленькая. Хотя ограничений никаких нет, нужно лишь финансирование. Всё же в старых типовых домах такое решение будет слишком затратным и не всегда оправданным, поскольку установку необходимо будет обслуживать жильцам. Приходим к выводу, что для российских реалий такой вариант модернизации пока не подходит, но и не сказать про такую возможность нельзя, поскольку это очень интересный вариант

совмещения вентиляции и отопления для жилых помещений.

При капитальном ремонте старых жилых домов может производиться демонтаж вентиляционных блоков с целью установки унифицированных стальных воздуховодов, зашитых в гипсокартон для обеспечения нормативной огнестойкости, и

присоединение их к вытяжному вентилятору, тем самым делая систему гибридной. Для более детального рассмотрения преимуществ и недостатков мероприятий по модернизации вытяжной вентиляции многоквартирного жилого дома приведём сравнительную характеристику в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика
Table 1. Comparative characteristic

	Стандартная система вентиляции	Гибридизация системы вентиляции
Преимущества	Не нуждается в регулярной проверке и обслуживании в отличие от систем с механическим побуждением	Освобождение полезной площади квартир, повышение обеспеченности оптимальных условий микроклимата, экономия расходов на отопление
Недостатки	Вентиляционные блоки занимают значительную площадь квартир, недостаточная тяга воздуха, легко нарушить воздухообмен путём постороннего вмешательства	Значительный объём работ по перестройке существующих систем, необходимость наличия обслуживающей организации
Итог	Не требует внимания, несовершенство исполнения	Гибридизация стандартной вентиляции позволит экономить энергию на отопление, тратящуюся при проветривании вследствие плохой работы вытяжной вентиляции

Далее приведём сравнительный анализ рентабельности проведения работ по гибридизации вытяжной вентиляции в домах типовых проектов. Для этого составим таблицу 2, в которой отразим

стоимость работ по модернизации системы в соотношении с тарифами на отопление для одного вентиляционного канала, обслуживающего одну квартиру на этаже в 9-этажном доме.

Таблица 2. Сравнительная характеристика затрат
Table 2. Comparative characteristics of costs

Установка гибридной системы вытяжной вентиляции	Расходы на отопление многоквартирного дома
1. Материалы - вентилятор 147794,34 руб. - воздуховоды 34300 руб. - гипсокартон 17200 руб. - прочее 20000 руб.	1. Затраты на отопление в 2023 году приблизительно 30000 руб./год
2. Оплата работ (установка вентилятора, аренда крана, оплата труда строителей) 8700 + 3600 + 21600) 33900 руб.	
3. Затраты на установку систем автоматизации 150000	
4. Отчисления в обслуживающую организацию 1000 руб./год	2. Техническое обслуживание системы 10000 руб./год
Итого: 404194 руб.	Итого: 310000 руб.

Таким образом, видно, что первоначальные вложения в реконструкцию больше годовой суммы оплаты отопления, однако установка гибридной системы вытяжной вентиляции окупится уже через год и 4 месяца. В дальнейшем эксплуатация гибридной вентиляции сэкономит 12-17% от затрат на отопление [8]. Данная система позволяет уменьшить затраты на отопление квартиры посредством регулирования количества нагретого воздуха в холодное время года и нормализовать давление в тёплом, обеспечив нормальные показания вытяжки.

ВЫВОДЫ

При детальном рассмотрении экономической выгоды при осуществлении энергосберегающих мероприятий путём модернизации существующих систем вытяжной вентиляции в гибридную, выяснилось, что для построенных объектов система требует определённого срока окупаемости ввиду затрат на производство работ. Тем не менее, такой метод, вкпе с другими методами повышения энергоэффективности, может дать до 30% экономии средств на отопление.

Говоря о современном домостроении, можно уверенно заявить, что при правильном расчёте и

монтаже гибридной системы вентиляции она внесёт весомый вклад в оценке энергоэффективности дома, что положительно скажется на затратах жильцов при эксплуатации вентиляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003». М., 2016.
2. Бобровицкий И.И., Шилкин Н.В. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых зданиях. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2010.
3. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.
4. Инженерные системы зданий и сооружений. Теплогазоснабжение и вентиляция. Учебник. - Москва: Машиностроение, 2014. - 320 с.
5. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*
6. Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий. М.: Изд-во АСВ, 2015. 204 с.
7. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция / под ред. В.Н. Богословского. М.: Стройиздат, 1976. - 439 с.
8. Гибридная система вентиляции. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.aereco.ru/ventilyacii/sistemy-ventilyacii/gibridnaya-sistema-ventilyacii/>
9. Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://stroj-avf.ru/info/articles/vozmozhnosti-energoberezeniya-v-sistemakh-s-reguliruemoj-estestvennoj-ventilyatsiy/>
10. Малахов М. А. Опыт проектирования естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками // АВОК. - 2008. - № 6.

11. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В. Галуша А. Н. Оценка времени работы регулируемой вентиляции в жилых зданиях // АВОК. - 2018. - № 3. - С. 28.

REFERENCES

1. SP 60.13330.2016 "Heating, ventilation and air conditioning. Revised edition of SNiP 41-01-2003". M., 2016.
2. Bobrovitsky I.I., Shilkin N.V. Hybrid ventilation in multi-storey residential buildings. - M.: AVOC-PRESS, 2010.
3. GOST R 51387-99 Energy Saving. Normative and Methodical Support. General Provisions.
4. Engineering systems of buildings and structures. Heat and gas supply and ventilation. Textbook. - Moscow: Mashinostroenie, 2014. - 320 pp.
5. SP 131.13330.2012 Building Climatology. Updated version of SNiP 23-01-99*.
6. Samarin O.D. Fundamentals of microclimate of buildings. Moscow: Publishing house ASV, 2015. 204 pp.
7. Heating and ventilation. PART II. Ventilation / ed. by V.N. Bogoslovsky. Moscow: Stroyizdat, 1976. - 439 pp.
8. Hybrid ventilation system. - [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.aereco.ru/ventilyacii/sistemy-ventilyacii/gibridnaya-sistema-ventilyacii/>
9. Energy saving opportunities in systems with controlled natural ventilation. - [Electronic resource]. - Access mode: <https://stroj-avf.ru/info/articles/vozmozhnosti-energoberezeniya-v-sistemakh-s-reguliruemoj-estestvennoj-ventilyatsiy/>
10. Malakhov M.A. Design experience of natural-mechanical ventilation in residential buildings with warm attics (in Russian) // AVOK. - 2008. - № 6.
11. Shilkin N. V., Shonina N. A., Miller Yu. N. Estimation of operating time of regulated ventilation in residential buildings // AVOK. - 2018. - № 3. - pp. 28.

HYBRID VENTILATION SYSTEM: ENERGY-EFFICIENT USE IN NEW BUILDINGS AND RENOVATIONS

Pozhitkov O.L., Raiser J.S., Lapshakova I.V.

FGBOU VO «Ufa State Petroleum Technological University»,
Mendeleev Str., 195, 450080 Ufa, Russian Federation
E-mail: ufa2016_2@mail.ru

Abstract: The article presents the experience of using hybrid ventilation systems and considers the reconstruction of old systems in residential buildings to hybrid ones. The purpose of this study is to identify the cost-effectiveness in terms of energy efficiency in the modernization of natural exhaust ventilation systems. Studies and operating experience have shown that such a step is not always reasonable and energy efficient in buildings of typical projects of the 70's - 90's. However, modern technologies and materials have made it possible to put such solutions in the design for the sake of reducing energy consumption. Also, such systems are designed to save valuable living space without arranging separately mechanical and natural ventilation.

Subject of study: Functionality of hybrid ventilation system when equipping old typical houses with it and installing it in new ones, energy efficiency of this measure.

Methods and materials: The study was based on the research of the Moscow Research and Design Institute of Typology and Experimental Design (MRDITED) and works of I.I. Borovitsky on reconstruction of existing residential buildings, as well as expert articles in the field of ventilation design.

Results: To create hybrid ventilation in residential buildings, fans are installed that operate only when there is insufficient draft. They can be installed in warm attics, providing air movement in all connected ducts. Another way to save energy and maintain air exchange is to install a combined supply and exhaust system with a heating radiator, which is not yet so common in Russia.

Conclusions: In older buildings, the installation of the system requires time to recoup the cost of its installation, in new projects, this technology can be applied, as it will help reduce the cost of heating residents and provide the normalized parameters of the microclimate in both warm and cold seasons.

Key words: hybrid ventilation system, exhaust ventilation, energy saving, reconstruction, rational use of resources.