ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Процентное соотношение тепловых потерь через ограждающие конструкции для индивидуального жилого дома

Способы снижения тепловых потерь через окна

Энергосберегающие стекла

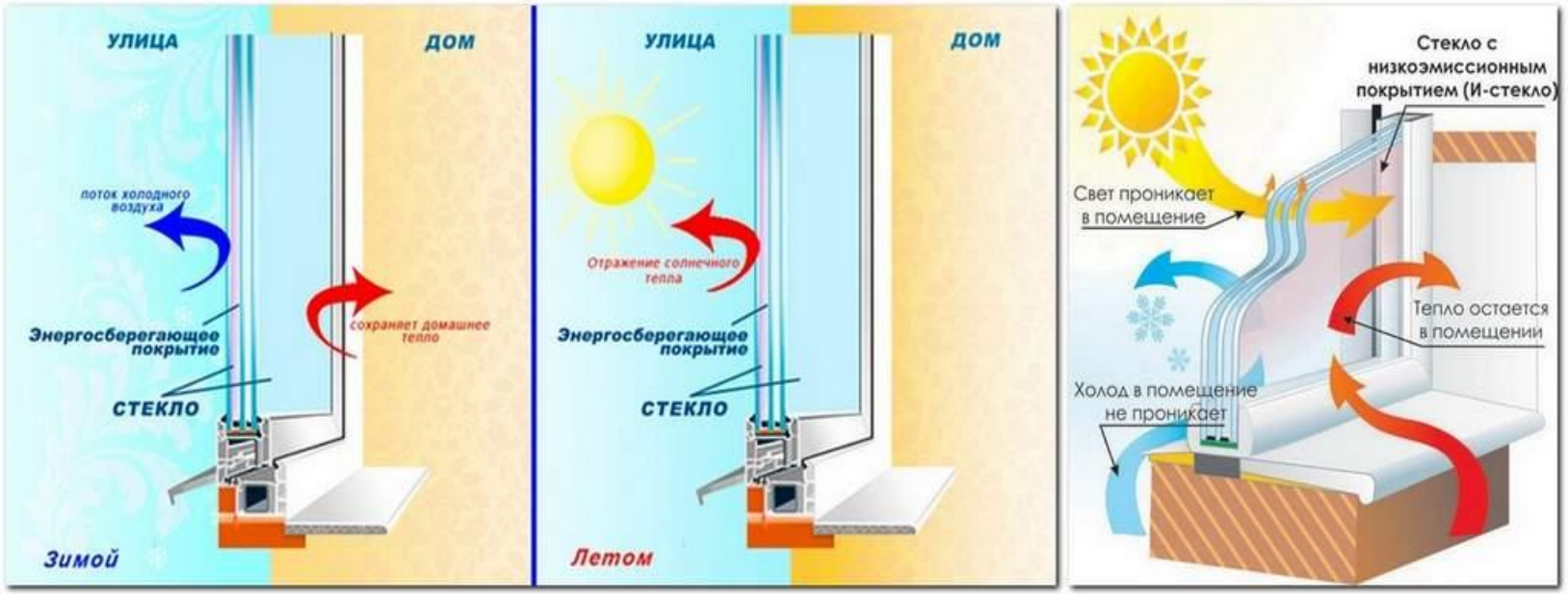
Энергосберегающими называются стёкла, у которых на внешнее стекло нанесено тонкое металлическое напыление, благодаря которому, они превращаются в инфракрасные зеркала, т.е. зеркала, отражающие только инфракрасные (тепловые) лучи, не оказывая большего, чем обычное оконное стекло, сопротивления видимому свету.

Наносимое на стекло покрытие состоит из оксидов металлов (чаще всего – серебра) и содержит свободные электроны. За счёт явлений электропроводности и интерференции, такие стёкла получают возможность отражать только тепловое (инфракрасное) излучение.

Энергосберегающие свойства таких стёкол характеризуются излучательной способностью (эмиссистентом поверхности) Е. Данный показатель для обычного оконного стекла составляет 0,835, а у энергосберегающего — 0,04. Поэтому, эти стёкла называются низкоэмиссионными.

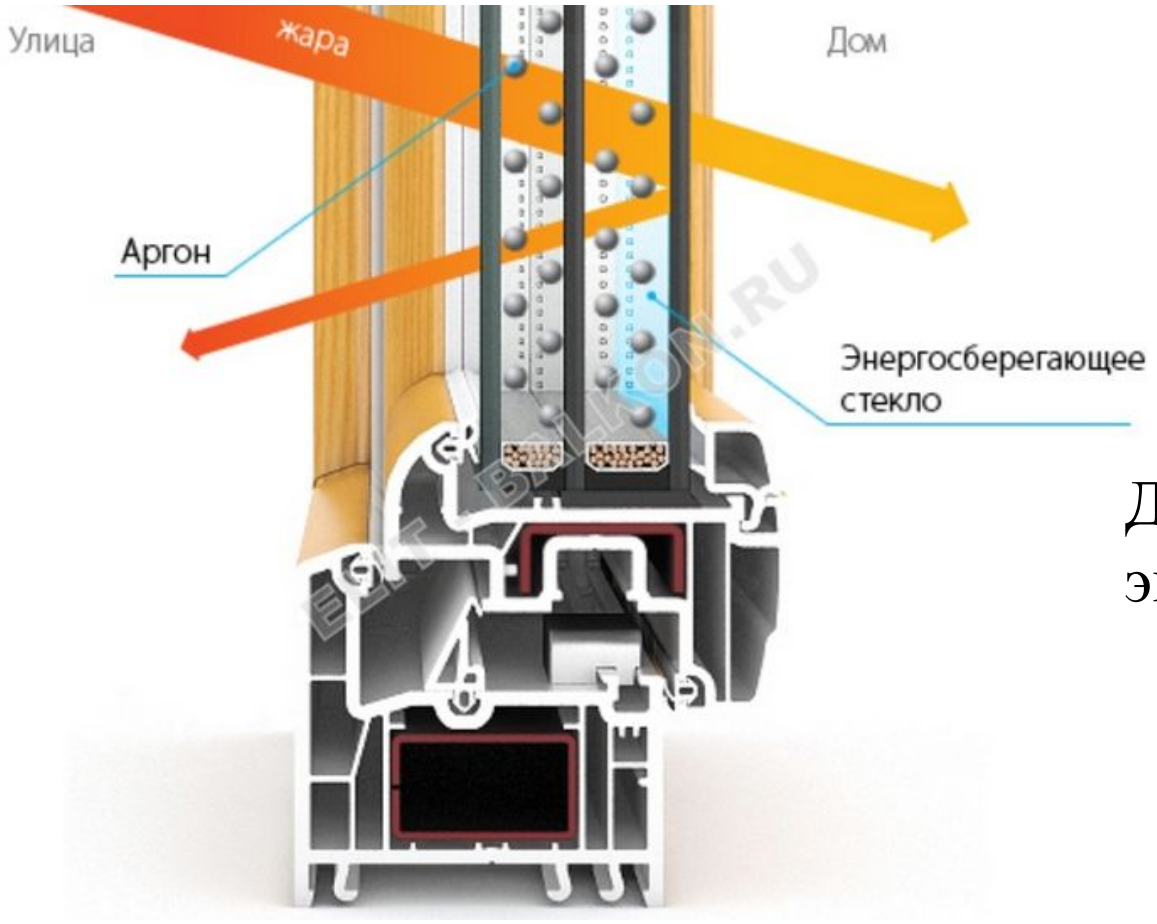
Блок оконного стекла с низкоэмиссионным покрытием.

Блок оконного стекла называется триплексом и состоит из трёх закалённых стёкол, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Внутреннее и промежуточное стекло – обычные, и не имеют металлического напыления



Наружное стекло – энергосберегающее, выполняется из особого полированного флоат-стекла, поверхность которого покрывают специальной полимерной плёнкой, на которую нанесено низкоэмиссионное металлическое напыление.

Визуально пластиковые энергосберегающие окна ничем не отличаются от обычных – они также прозрачны. Внутреннее пространство камер между стёклами заполнено специальным газом – аргоном, создающим некоторое давление внутри триплекса и препятствующим выходу тепла на улицу



Двухкамерное энергосберегающее окно.

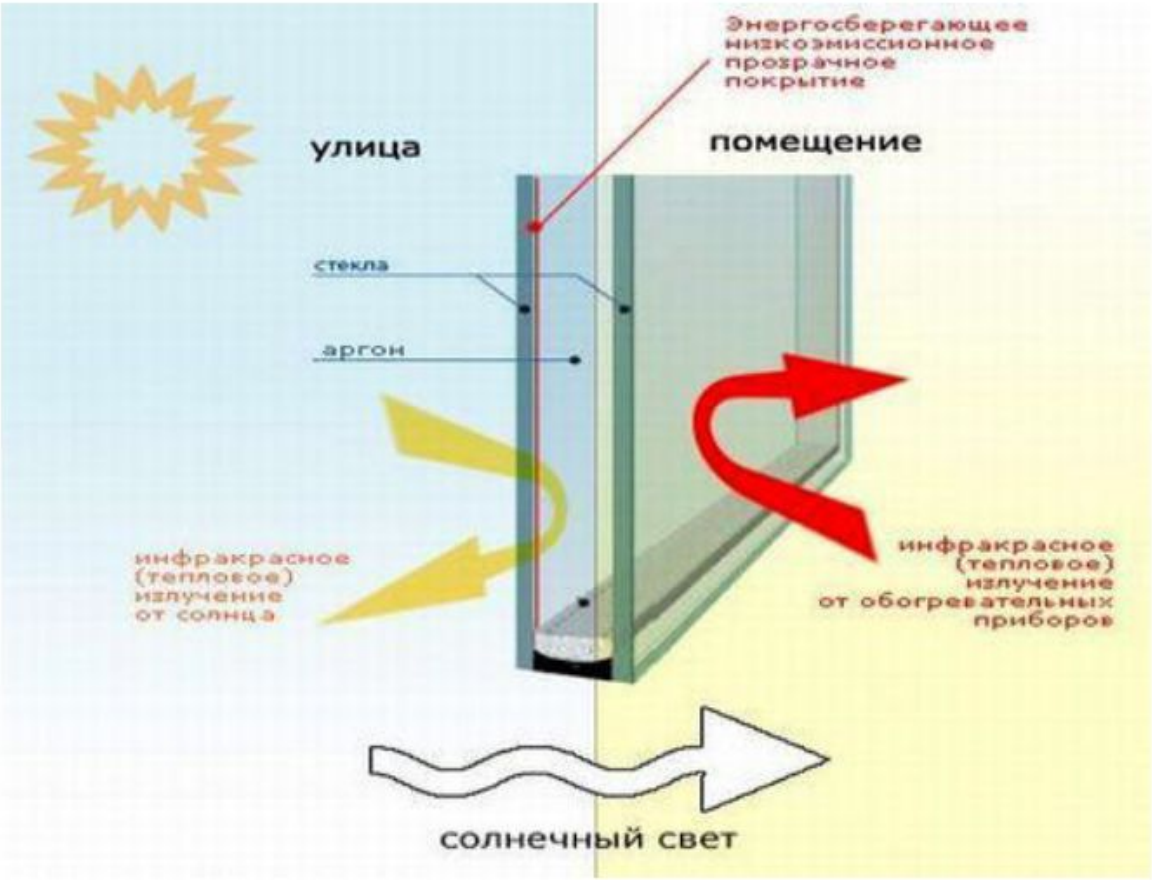
По эффективности и технологии производства энергосберегающие стекла разделяют на:

- К-Стекло – изготавливается по старой (с 70-х годов) пиролитической технологии. Стекло менее эффективное и более дорогое. Можно перерабатывать в примитивных условиях.
- И-Стекло (более корректные названия – Low-E, низкоэмиссионное стекло, Clima Guard, Planitherm) – новая (с 90-х годов) магнетронная технология производства. Более эффективное стекло с доступной ценой, для хранения и переработки которого требуются специальные условия и профессиональные навыки.

И-стекло. Окно с таким стеклом обладает усовершенствованным теплосберегающим эффектом. И-стекло − кристально прозрачное и мягкое

Энергосберегающая камера триплекса окна с И-стеклом.

К-стекло. На поверхности этого стекла имеется оксид металла большей толщины, поэтому оно обладает более низким уровнем прозрачности

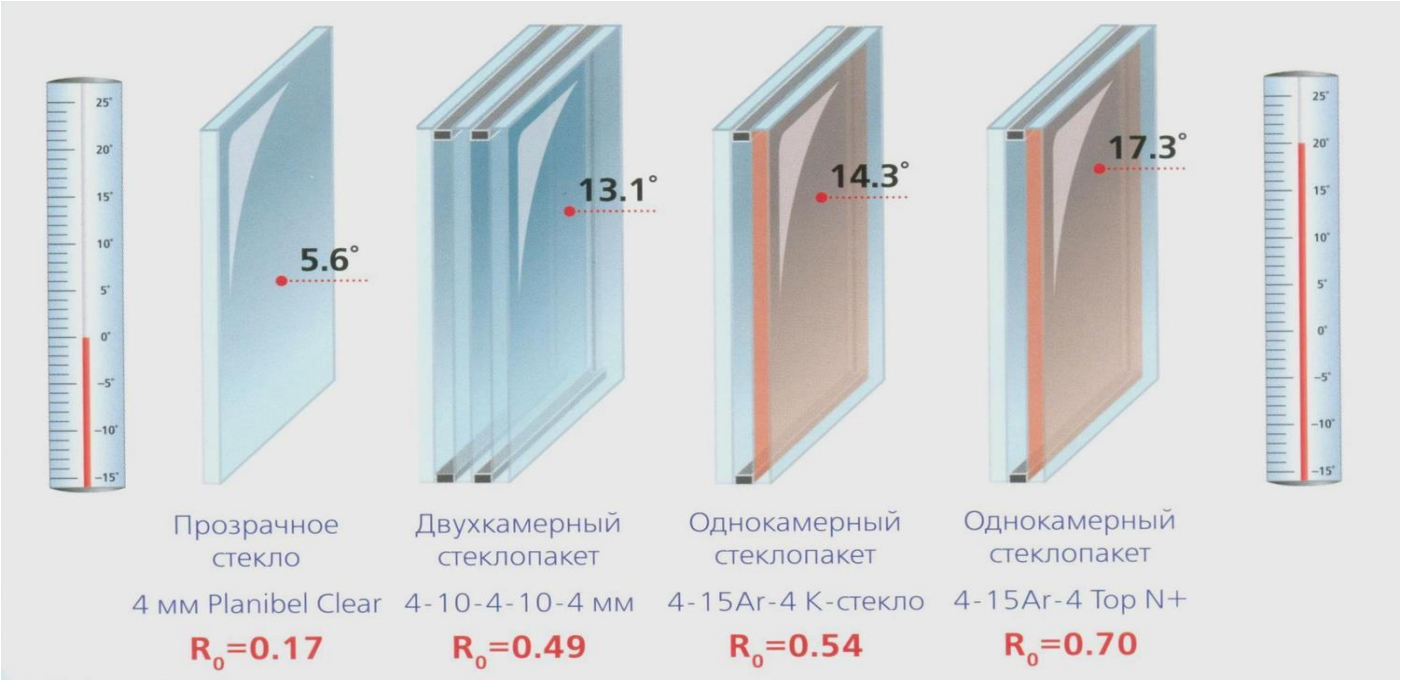


Энергосберегающая камера триплекса окна с К-стеклом

К-стекло, в отличие от предыдущего, не боится механических повреждений и влажности. Его недостаток в том, что оно обладает меньшим эффектом теплосбережения.

Технические характеристики энергосберегающих окон зависят от вида стекла и числа камер. А также, они определяются разновидностью стеклопакета и сопротивлением передаче тепла.

Термическое сопротивление теплообмену R, м2·℃/Вт, обычного однокамерного окна равно 0,32, а энергосберегающего стеклопакета с одной камерой – 0,59. Для обычного двухкамерного это значение составляет 0,47, а для аналогичного энергосберегающего – 0,7.

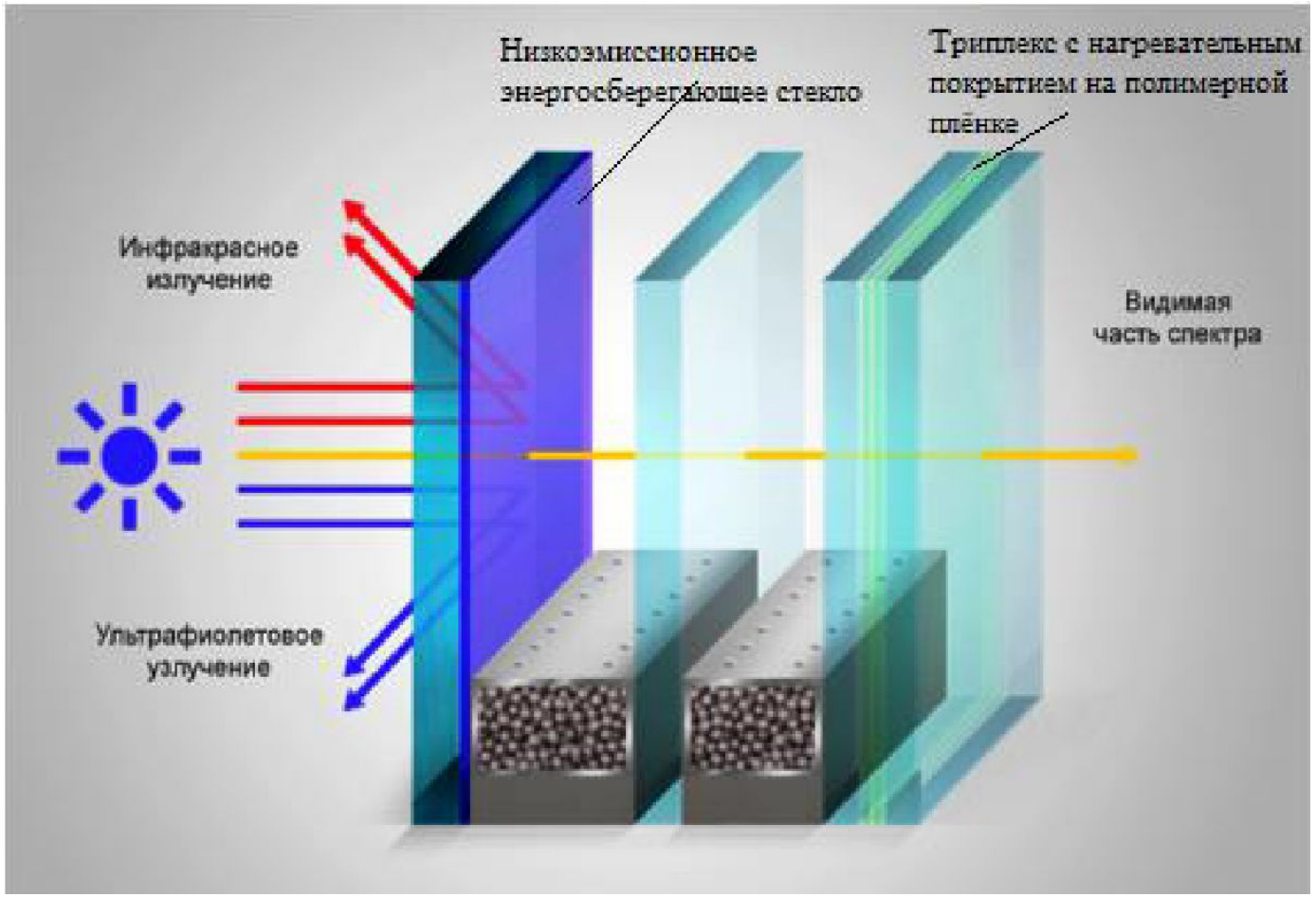


Электробогреваемые стекла

Тепловые потери через окна, даже после проведения мероприятий по их уменьшению, существенно влияют на температуру воздуха в помещении, способствуя её снижению. Данную проблему можно решить, с помощью окон с электрообогревом стёкол. Такие окна имеют на внутреннем стекле нагревательный элемент в виде токопроводящего покрытия на основе оксидов металлов, выполненного на полимерной основе, которое практически не снижает прозрачность стекла.

Внутреннее стекло (со стороны помещения) выполнено в виде отдельного триплекса: между двумя закалёнными стёклами находится нагревательный элемент – полимерная плёнка, на которую нанесено светопрозрачное токопроводящее покрытие на основе оксидов металла (чаще всего – цинка). Плёнка плотно прилегает к поверхности обоих стёкол и является с ними единым целым.

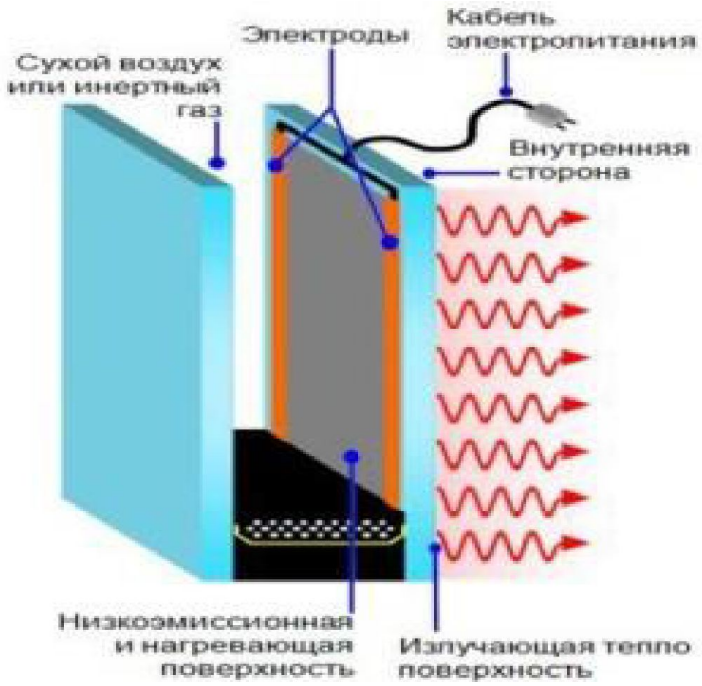
Конструкция блока оконного стекла низкоэмиссионного стеклопакета с электрообогревом стёкол



Плёнка с покрытием в виде сетки наносится на всю поверхность стекла. Рисунок заметен только при ближайшем рассмотрении. По конструкции токопроводящий рисунок схож с токоведущими линиями печатных плат, применяемых в электронике. Электроды, подводящие напряжение к сетке, находятся по краям стекла. Данный вид покрытия имеет недостаток: на работу токопроводящего экрана существенным образом влияют повреждения покрытия (трещины и сколы на стекле).

Во втором случае – покрытие однородное на всей поверхности плёнки на стекле. Оно заметно лишь при сравнении светопропускания через стекло и без него (стекло незначительно затонировано). В виду равномерности напыления, его электрическое сопротивление однородно по всем направлениям и одинаково как на 1 см^2, так и на 1 м^2.

Возможные варианты нанесения покрытия: А) – рисунок в виде сот, Б) – однородное сплошное напыление



Компоновка системы низкоэмиссионного окна с электрообогревом стёкол

У окон с электрообогревом есть и дополнительная функция. Их стекло может содержать специальную жидкокристаллическую прослойку, которая при подаче напряжения может из совершенно прозрачной превращаться в матовую или затемнённую. Данное стекло незаменимо для панорамных остеклений первого этажа, а также, для стеклянных стен, которые сегодня набирают популярность в Европе.

Применение электроподогреваемых стекол в качестве теплозащитных экранов

- Процесс теплообмена через наружные ограждающие конструкции включает в себя конвективный теплообмен на внутренних и наружных поверхностях ограждений, теплопроводность через слой ограждения.

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{вп}} = Q_{\text{тпр}} = Q_{\text{нп}} \, .$$

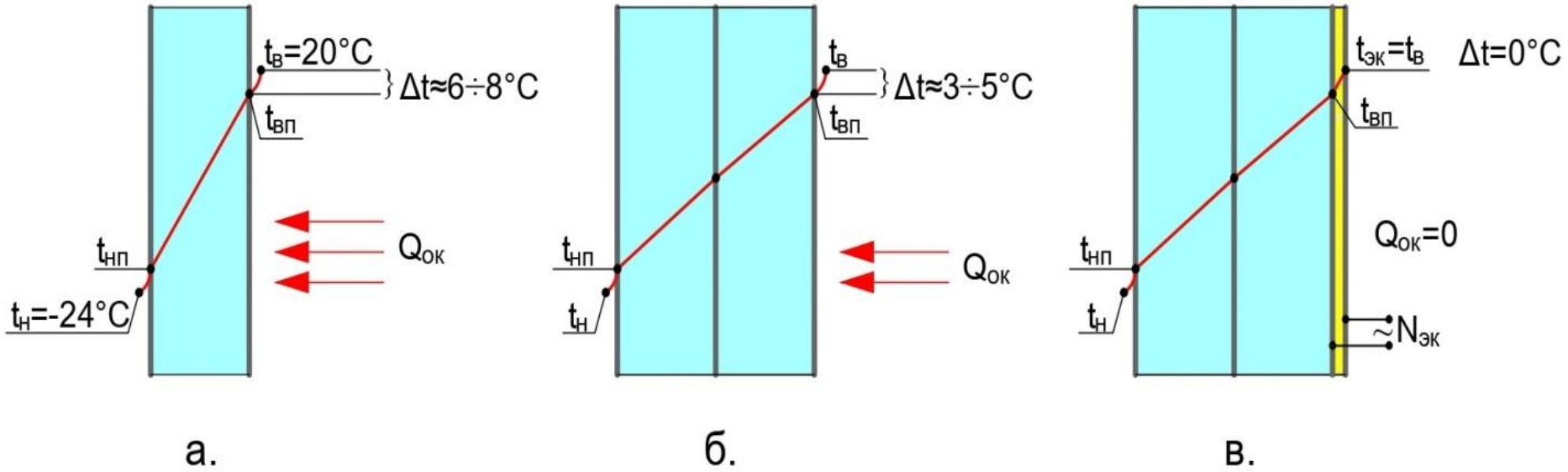
- где $Q_{\text{вп}} = F_{\text{огр}} \alpha_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{вп}})$ – теплота, передаваемая конвекцией от воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- $Q_{\text{тпр}} = F_{\text{огр}} \frac{\lambda_{\text{ст}}}{\delta_{\text{ст}}} (t_{\text{вп}} - t_{\text{нп}})$ – теплота, передаваемая путем теплопроводности через слой ограждающей конструкции;
- $Q_{\text{нп}} = F_{\text{огр}} \alpha_{\text{н}} (t_{\text{нп}} - t_{\text{н}})$ - теплота, передаваемая конвекцией от наружной поверхности ограждающей конструкции к наружному воздуху.

$$Q_{\text{огр}} = F_{\text{огр}}\alpha_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{вп}}) = F_{\text{огр}}\frac{\lambda_{\text{ст}}}{\delta_{\text{ст}}}(t_{\text{вп}} - t_{\text{нп}}) = F_{\text{огр}}\alpha_{\text{н}}(t_{\text{нп}} - t_{\text{н}}).$$

Из приведенного уравнения следует, что возможно полное устранение утечек теплоты через ограждающие конструкции путем прекращения теплообмена между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения за счет повышения температуры поверхности до температуры воздушной среды.

Теплозащитный экран представляет собой тонкий гибкий материал (например полимерную пленку) с нанесенным на него токопроводящим покрытием на основе ZnO, температура которого при прохождении электрического тока плавно увеличивается до температуры внутреннего воздуха.

На рисунке представлены три варианта изменения температуры в оконном блоке представляющим: а.- однокамерный стеклопакет; б.- двухкамерный стеклопакет; в.- двухкамерный стеклопакет с токопроводящим теплозащитным слоем на внутренней поверхности.



Подача напряжения на теплозащитный экран и прохождение по нему электрического тока, то есть потребление им электрической энергии, приводит к повышению температуры экрана$t_{эк}$ до температуры воздуха $t_в$ и, следовательно, к исчезновению температурного напора между воздухом и поверхностью экрана: $t_{эк} = t_в$, $\Delta t = t_в - t_{эк} = 0$, при этом

$$Q_{огр} = Q_{вп} = 0.$$

электрической энергии, поэтому установка теплозащитного экрана будет эффективна в том случае, если потребляемая электрическая мощность $N_{эк}$ будет меньше мощности теплового потока сетевой воды, подаваемой для компенсации тепловых потерь $Q_{огр}$.

- При протекании тока по однородному токопроводящему экрану электрическое поле за время $\Delta\tau$ совершает работу
- $$L_{эл} = U \cdot I \cdot \Delta\tau$$
- Используя закон Ома, выражение для работы электрического тока можно представить в следующем виде
- $$L_{эл} = R \cdot I^2 \cdot \Delta\tau$$
- Работа $L_{эл}$ электрического тока I, протекающего по токопроводящему покрытию с сопротивлением R, преобразуется в тепло $Q_{эл}$ (закон Джоуля-Ленца)
- $$Q_{эл} = L_{эл} = R \cdot I^2 \cdot \Delta\tau.$$

Мощность электрического тока равна отношению работы тока $L_{эл}$ или теплоты $Q_{эл}$ к интервалу времени $\Delta\tau$, за которое эта работа была совершена (или теплота подведена):

$$N_{эл} = \frac{L_{эл}}{\Delta\tau} = \frac{Q_{эл}}{\Delta\tau} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}.$$

- Будем считать, что одна часть выделившейся теплоты в теплозащитном экране $Q_{эк}$ расходуется на повышение температуры самого экрана в среднем до 20°С, другая часть путем теплопроводности через несущее ограждение будет рассеиваться в окружающей атмосфере $Q_{ут}$.
- $$Q_{эл} = Q_{эк} + Q_{ут}$$
- Количество теплоты, затраченной на нагревание теплозащитного экрана массой $G_{эк}$, обладающего теплоемкостью $C_{эк}$, будет незначительно из-за малой массы. Поэтому можно принять, что
- $$Q_{эк} = G_{эк} C_{эк} \Delta t_{эк} \approx 0$$

Количество теплоты, передаваемое путем теплопроводности и рассеиваемое в окружающей атмосфере, составит

$$Q_{\text{ут}} = F_{\text{огр}} \sum \frac{\lambda_{\text{огр}}}{\delta_{\text{огр}}} \Delta t_{\text{огр}} \Delta \tau ,$$

где $\Delta t_{\text{огр}} = t_{\text{эк}} - t_{\text{н}}$ - разность температур экрана и наружного воздуха;

$\lambda_{\text{огр}}$ – коэффициент теплопроводности отдельных элементов ограждающей конструкции; $\delta_{\text{огр}}$ – толщина отдельного слоя ограждения

Энергетическая эффективность применения токопроводящего теплозащитного экрана выражается в сокращении расхода топлива затрачиваемого на производство электрической энергии, необходимой для функционирования экрана, по сравнению с расходом топлива, затрачиваемого на производство транспортировку и распределение тепловой энергии, необходимой для нагревания воздуха, с целью компенсации тепловых потерь через окна.

Расход топлива для производства теплоты в количестве $Q_{\text{ут}}$ можно оценить по следующей формуле с учетом КПД транспорта и распределения

$$B_{\text{т(т)}} = \frac{Q_{\text{ут}}}{Q_{\text{р}}^{\text{н}} \eta_{\text{ист}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{рас}}}.$$

- Расход топлива для производства электрической энергии для токопроводящего теплозащитного экрана в стекле рассчитывается по следующей формуле без учета потерь при транспортировке и распределении

$$B_{\text{т(э)}} = \frac{N_{\text{эл}}}{Q_{\text{р}}^{\text{н}} \eta_{\text{ист}} \eta_{\text{тр}}}.$$

Так как при транспортировке и распределении электрической энергии $\eta_{\text{тр}} \approx 1{,}0$ и $\eta_{\text{рас}} \approx 1{,}0$, то при её производстве на парогазовой ТЭС расход топлива может быть ниже чем при производстве теплоты в водогрейной котельной ($B_{\text{т(э)}} < B_{\text{т(т)}}$).

Снижение тепловых потерь через стены, пол и потолок

- Тепловые потери зависят от величины сопротивления теплопередачи R многослойной конструкции ограждения, определяемой суммой сопротивлений теплопроводности отдельных слоев ограждения.

$$\sum R_{\lambda} = \sum \frac{\delta}{\lambda}.$$

При строительстве новых зданий, СНиП 23-02-2003 предписывает значение сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций $\mathbf{R_{reg}}$ принимать в зависимости от величины градусо-суток, определяемых для конкретного административного района по продолжительности отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода D, °С·сут, рассчитывают по формуле

$$D = \Delta t \cdot Z_{от} = (t_{в} - t_{нср})Z_{от},$$

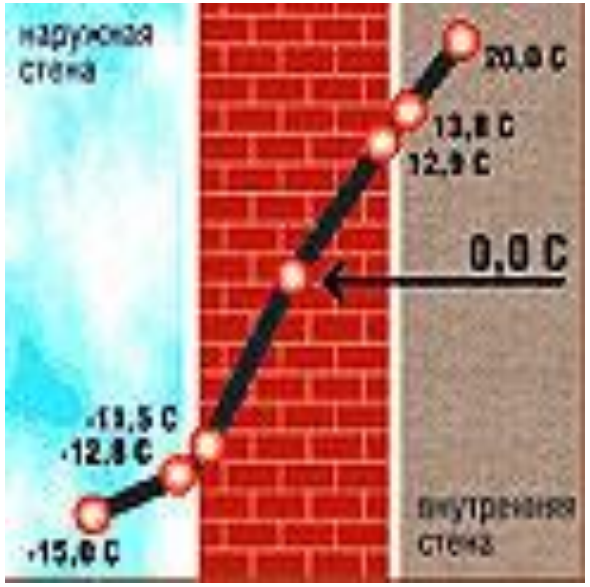
где $t_{нср}$ - средняя за отопительный период температура наружного воздуха;
$Z_{от}$ – продолжительность отопительного периода в сутках.

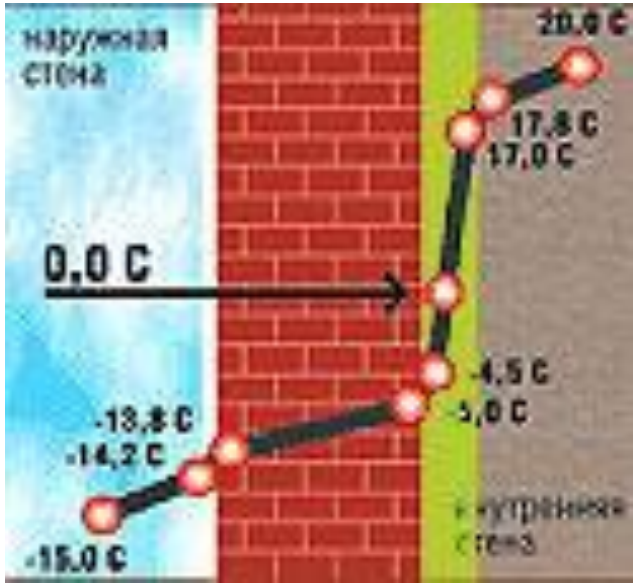
Толщину дополнительного слоя изоляции $\delta_{из}$ можно рассчитать по следующей формуле

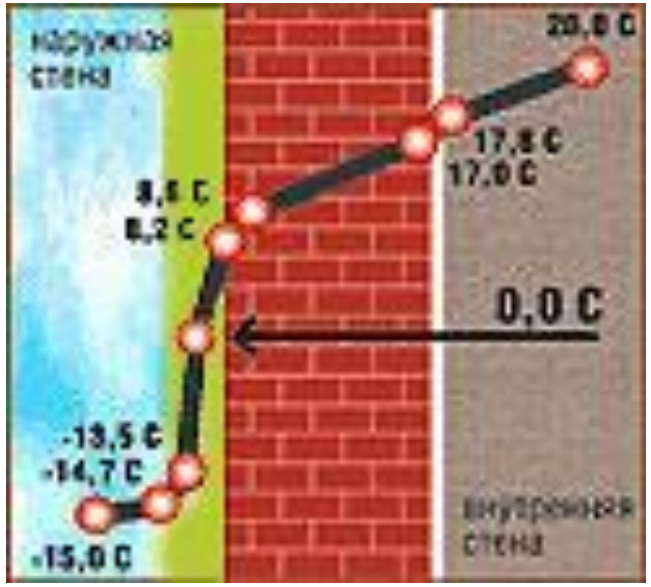
$$\delta_{из} = \lambda_{из}(R_{reg} - \frac{1}{\alpha_{В}} - \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} - \frac{1}{\alpha_{Н}}),$$

- где $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности изоляционного материала;
- $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термическое сопротивление существующих элементов ограждающей конструкции.
- $\frac{1}{\alpha_{В}} = \frac{1}{8,7} = 0,115$ м$^2\times^0$С/Вт; $\frac{1}{\alpha_{Н}} = \frac{1}{23} = 0,043$ м$^2\times^0$С/Вт;

Возможные способы утепления ограждающих конструкций современными теплоизоляционными материалами, такими как пенополистирол, минеральная вата и др.







Способы снижения инфильтрационной отопительной нагрузки

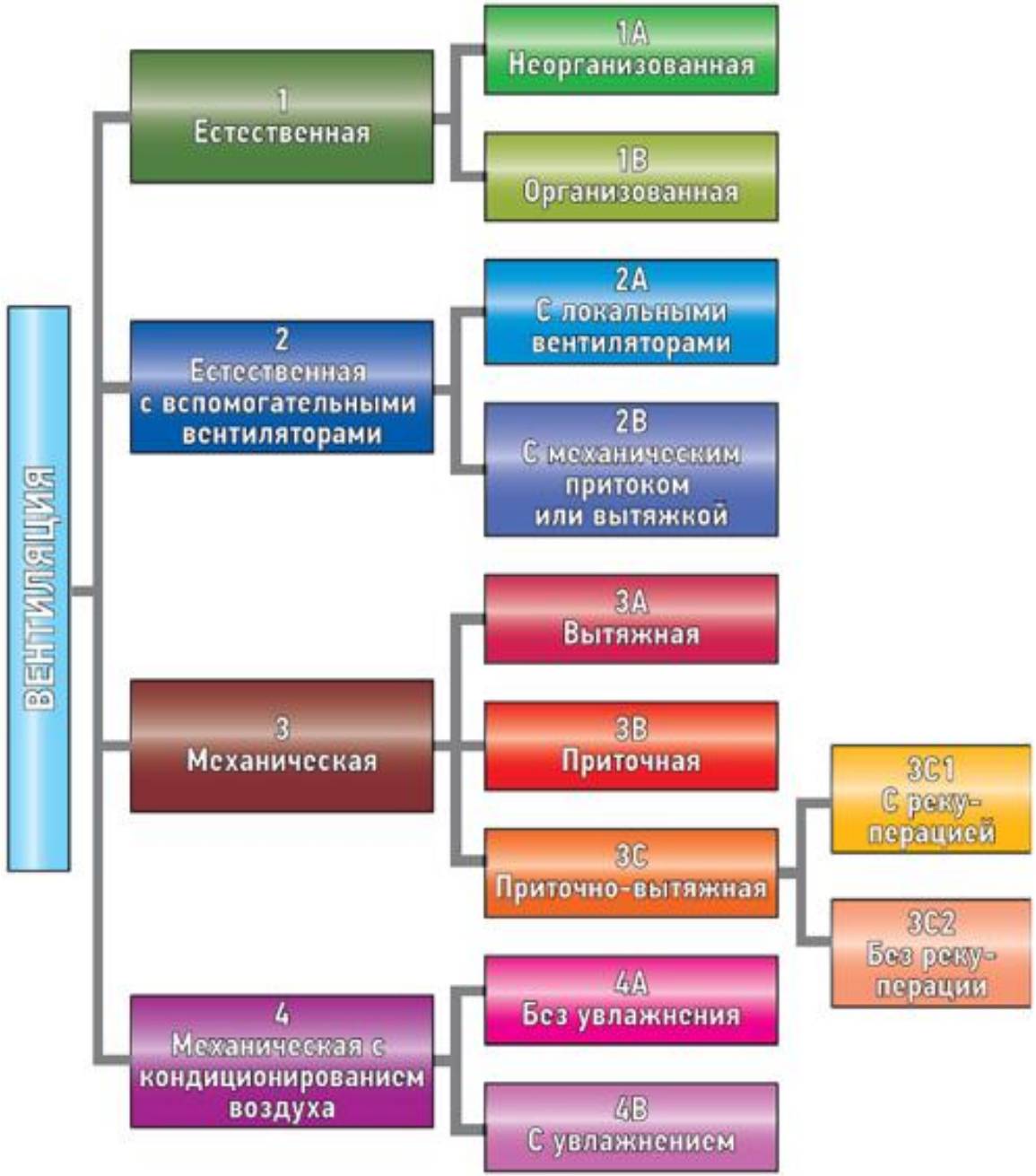
Воздухопроницаемостью обладают все наружные ограждения, но в расчете воздухообмена обычно учитывается только инфильтрация через окна, балконные двери и витражи. Нормы плотности остальных ограждений исключают возможность воздухопроницаемости ощутимо влиять на величину воздухообмена.

Наружный воздух, поступающий в основном через неплотности и вентиляционный клапан в помещения, нагревается посредством отопительной системы до температуры, поддерживаемой внутри здания. При нагревании поступивший воздух расширяется, выдавливая наружу здания такое же количество внутреннего воздуха в основном через внутридомовую вентиляционную систему.

Для повышения эффективности систем отопления жилых и административных зданий целесообразно использовать теплоту воздуха, удаляемого из здания, для нагрева наружного воздуха, поступающего в здание. Для этой цели необходимо, чтобы подвод наружного воздуха в помещение осуществлялся организованно по каналам приточной вентиляционной системы через рекуперативные теплообменники

Такая организация движения воздушных потоков требует перехода от систем с естественной вентиляцией помещений здания к механической или приточно-вытяжной системе вентиляции

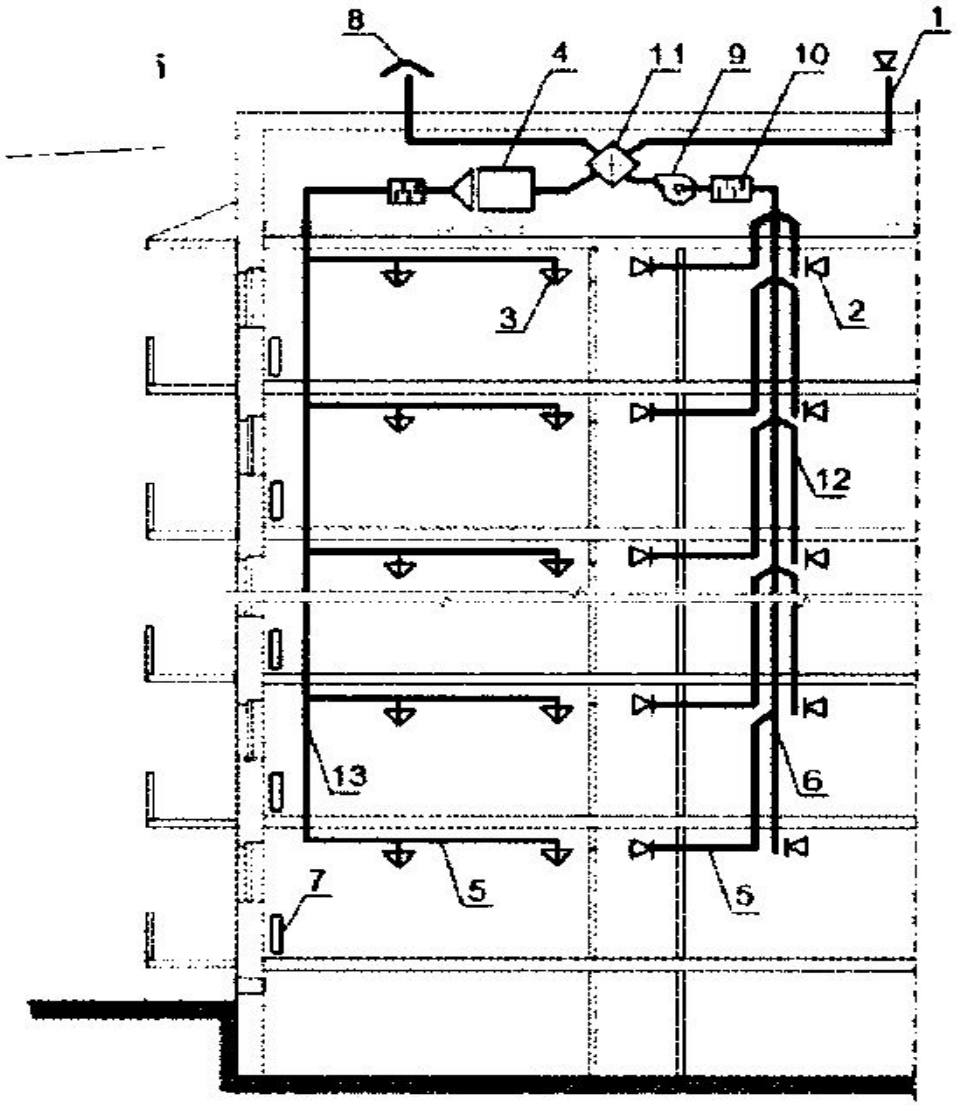
Классификация систем вентиляции жилых зданий в странах ЕС



Анализ материалов, представленных в журнале «Мир климата» показывает, что в странах ЕС с мягким климатом (Болгария, Италия и др.) воздухообмен осуществляется путем естественной вентиляции жилых помещений. В тоже время в северных странах, например в Финляндии, прослеживается четкая тенденция на применение механических приточно-вытяжных систем вентиляции с применением теплорекуператоров.

Опыт Финляндии для России весьма показателен, так как обе страны находятся в близких климатических условиях.

Схема приточно-вытяжной системы вентиляции многоквартирного дома



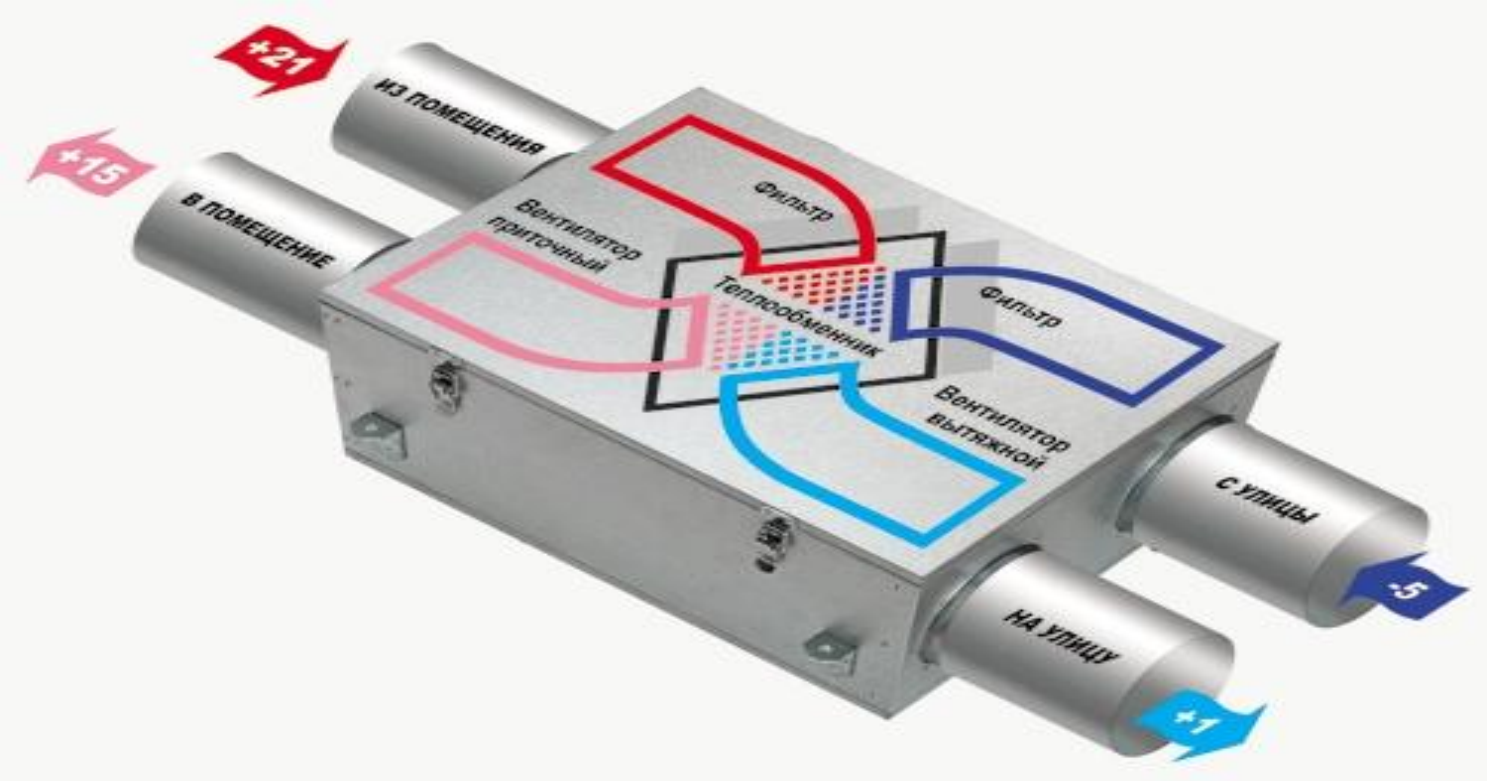
1 – воздухозаборная шахта (воздуховод); 2 – вытяжная вентиляционная решетка; 3 – приточная вентиляционная решетка; 4 – приточная вентиляционная установка с подогревом воздуха; 5 – горизонтальный воздуховод; 6 – вертикальный сборный канал; 7 – прибор системы отопления; 8 – зонт; 9 – вытяжной вентилятор; 10 – шумоглушитель; 11 – рекуперативный теплообменник; 12 – канал спутник; 13 – приточный воздуховод

Однако, применение централизованных систем вентиляции в многоэтажных жилых домах связано со множеством различных проблем (излишняя энергоемкость, потеря полезной площади, занятой воздуховодами, шум, возможность переноса бактерий, сложность распределения воздуха по помещениям), затрудняющих применение таких систем в современных проектах.

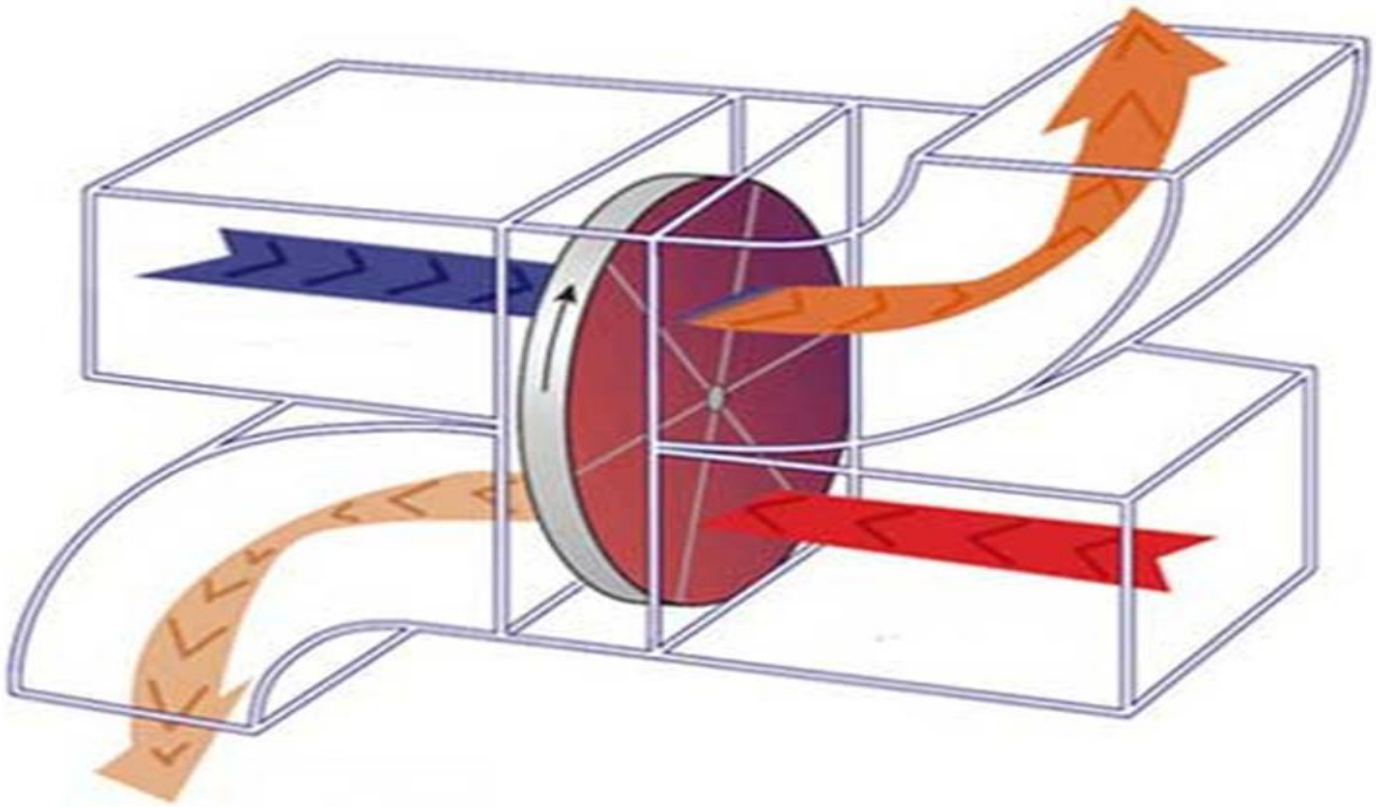
Альтернативным решением централизованным приточно-вытяжным системам вентиляции могут стать децентрализованные системы, в которых необходимый воздухообмен обеспечивается в отдельных квартирах или в отдельных жилых и служебных помещениях. В децентрализованных системах вентиляции воздуховоды практически отсутствуют, а сами приточно-вытяжные установки монтируются в несущих стенах здания или на внутренних стенах помещений вблизи оконных проемов.

Схема приточно-вытяжной системы вентиляции отдельной квартиры на базе вентиляционной установки с рекуператором

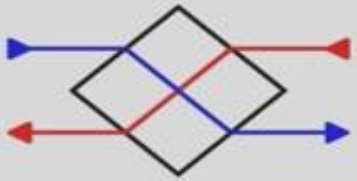
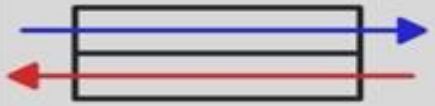
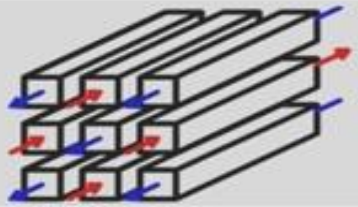
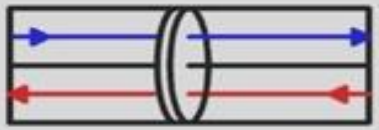
Приточно-вытяжная установка с рекуператором может быть различной мощности и размеров — это зависит от объемов вентилируемых помещений и их функционального назначения. Самая простая установка представляет собой изолированный термически и акустически и заключенный в стальной корпус набор взаимосвязанных между собой элементов: теплообменник, два вентилятора, фильтры, иногда подогревающий элемент, система удаления конденсата.



Для утилизации теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции широко используются роторные рекуператоры



Конструкции и эффективность теплообменников вентиляционных установок

Конструкция	Схема	КПД	Примечание
Пластинчатый теплообменник с перекрестным током		60-80%	Умеренный коэффициент полезного действия, небольшие потери давления, компактная конструкция, удобство подключения.
Комбинация из двух пластинчатых теплообменников с перекрестным током		70-80%	Повышенный коэффициент полезного действия при более высоких потерях давления, удобство подключения.
Противоточный пластинчатый теплообменник		80-90%	Высокий коэффициент полезного действия при приемлемых потерях давления, требуется пространство для установки, более дорогая конструкция.
Противоточный теплообменник канального типа		85-95%	Наивысший коэффициент полезного действия, относительно высокие потери давления, требуется значительное пространство для установки, предназначается для установок, рассчитанных на одну квартиру.
Теплообменник роторного типа		75-85%	Из-за риска переноса запахов предназначен только для вентиляционных установок, рассчитанных на одну квартиру, небольшое сопротивление потоку.