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

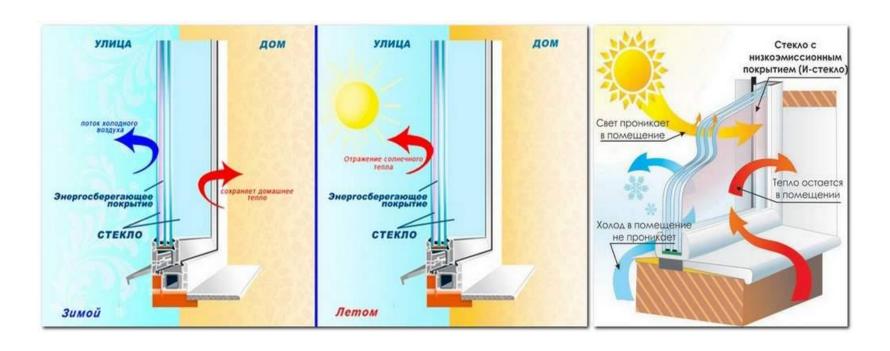
Энергосберегающими называются стёкла, у которых на внешнее стекло нанесено тонкое металлическое напыление, благодаря которому, они превращаются в инфракрасные зеркала, т.е. зеркала, отражающие только инфракрасные (тепловые) лучи, не оказывая большего, чем обычное оконное стекло, сопротивления видимому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

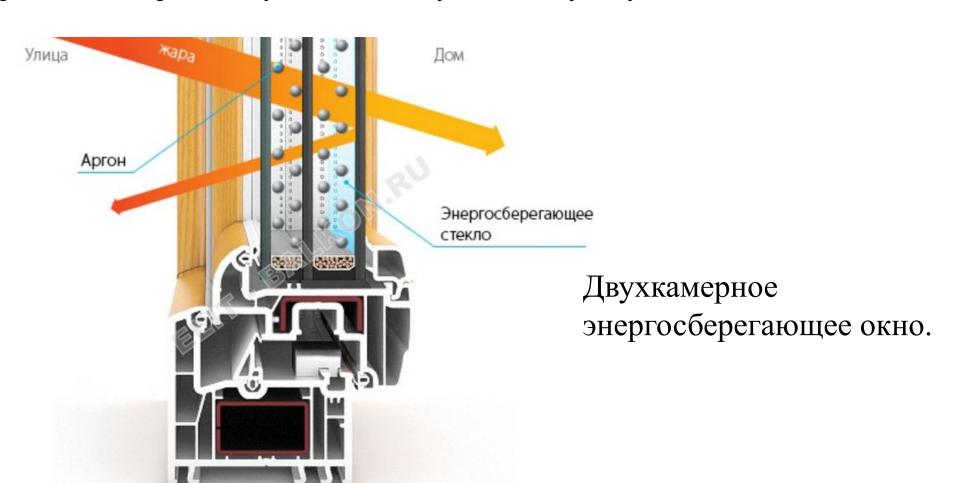
Блок оконного стекла с низкоэмиссионным покрытием.

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



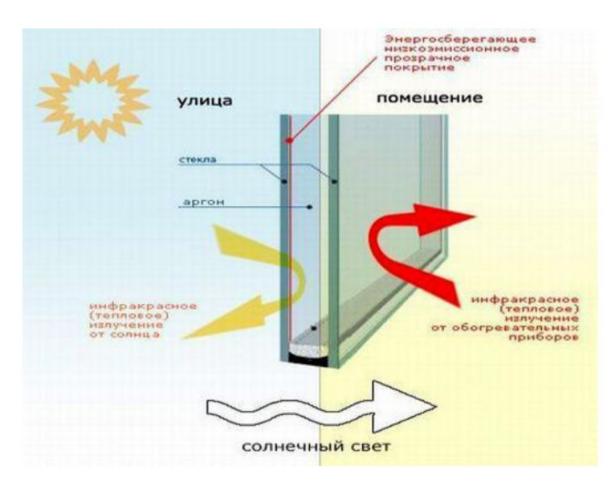
По эффективности и технологии производства энергосберегающие стекла разделяют на:

- 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



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

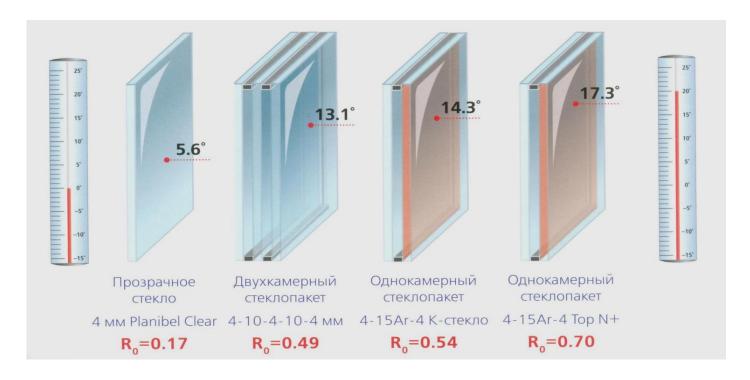


Энергосберегающая камера триплекса окна с К-стеклом

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·°С/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.

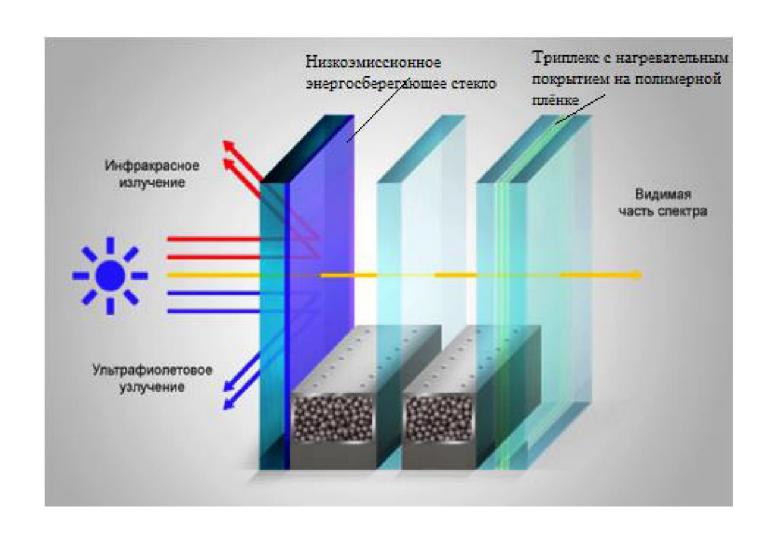


Электробогреваемые стекла

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.

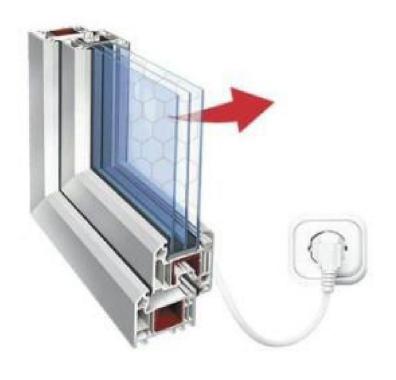
Конструкция блока оконного стекла низкоэмиссионного стеклопакета с электрообогревом стёкол

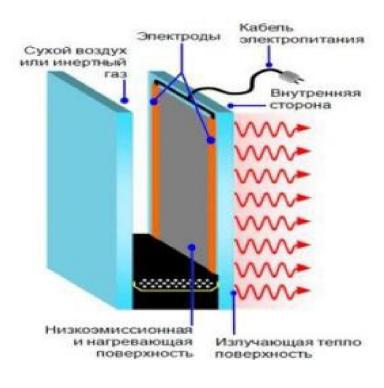


Плёнка с покрытием в виде сетки наносится на всю поверхность стекла. Рисунок заметен только при ближайшем рассмотрении. По конструкции токопроводящий рисунок схож с токоведущими линиями печатных плат, применяемых в электронике. Электроды, подводящие напряжение к сетке, находятся по краям стекла. Данный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

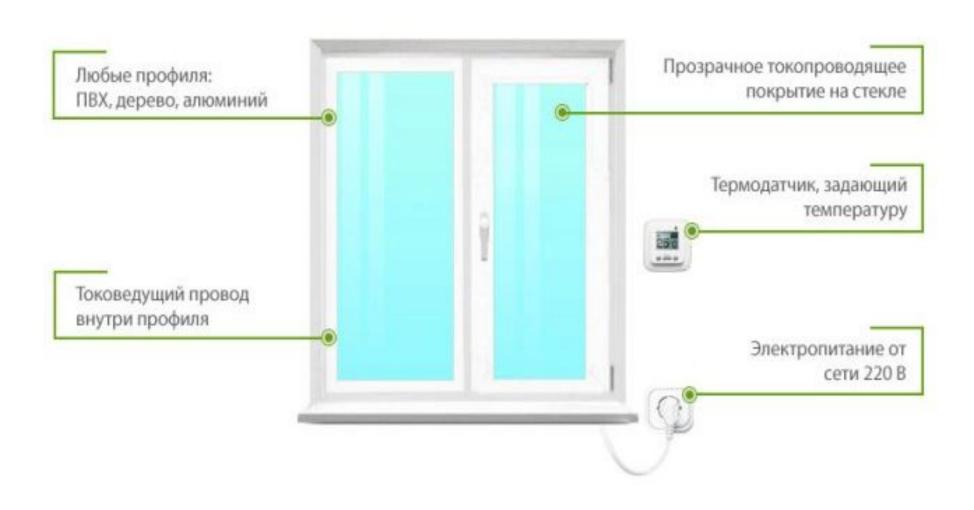
Во втором случае — покрытие однородное на всей поверхности плёнки на стекле. Оно заметно лишь при сравнении светопропускания через стекло и без него (стекло незначительно затонировано). В виду равномерности напыления, его электрическое сопротивление однородно по всем направлениям и одинаково как на 1 см², так и на 1 м².

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.

$$Q_{\mathrm{orp}} = Q_{\mathrm{B}\Pi} = Q_{\mathrm{T}\Pi\mathrm{p}} = Q_{\mathrm{H}\Pi}$$
 .

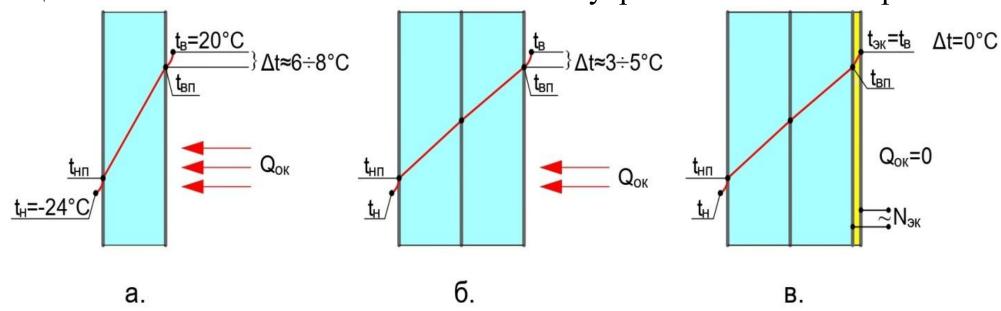
- где $Q_{\rm B\Pi} = F_{\rm orp} \alpha_{\rm B} (t_{\rm B} t_{\rm B\Pi})$ теплота, передаваемая конвекцией от воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- $Q_{\text{тпр}} = F_{\text{огр}} \frac{\lambda_{\text{ст}}}{\delta_{\text{ст}}} (t_{\text{вп}} t_{\text{нп}})$ теплота, передаваемая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

$$Q_{\rm orp} = F_{\rm orp}\alpha_{\rm B}(t_{\rm B}-t_{\rm B\Pi}) = F_{\rm orp}\frac{\lambda_{\rm cT}}{\delta_{\rm cT}}(t_{\rm B\Pi}-t_{\rm H\Pi}) = F_{\rm orp}\alpha_{\rm H}(t_{\rm H\Pi}-t_{\rm H}).$$

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 $t_{_{9K}}$ до температуры воздуха $t_{_{8}}$ и, следовательно, к исчезновению температурного напора между воздухом и поверхностью экрана: $t_{_{9K}} = t_{_{8}}$, $\Delta t = t_{_{8}} - t_{_{9K}} = 0$, при этом

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{вп}} = 0.$$

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

• При протекании тока по однородному токопроводящему экрану электрическое поле за время $\Delta \tau$ совершает работу

$$L_{\scriptscriptstyle 3JI} = U \cdot I \cdot \Delta \tau$$

• Используя закон Ома, выражение для работы электрического тока можно представить в следующем виде

$$L_{\rm \scriptscriptstyle 3JI} = R \cdot I^2 \cdot \Delta \tau$$

• Работа $L_{\text{эл}}$ электрического тока I, протекающего по токопроводящему покрытию с сопротивлением R, преобразуется в тепло $Q_{\text{эл}}$ (закон Джоуля-Ленца)

$$Q_{\rm ЭЛ} = L_{\rm ЭЛ} = R \cdot I^2 \cdot \Delta \tau.$$

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

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

• Будем считать, что одна часть выделившейся теплоты в теплозащитном экране Q_{9K} расходуется на повышение температуры самого экрана в среднем до 20° С, другая часть путем теплопроводности через несущее ограждение будет рассеиваться в окружающей атмосфере Q_{yT} .

$$Q_{\scriptscriptstyle \mathrm{S}\mathrm{J}} = Q_{\scriptscriptstyle \mathrm{S}\mathrm{K}} + Q_{\scriptscriptstyle \mathrm{YT}}$$

• Количество теплоты, затраченной на нагревание теплозащитного экрана массой $G_{\mathfrak{I} \mathsf{K}}$, обладающего теплоемкостью $C_{\mathfrak{I} \mathsf{K}}$, будет незначительно из-за малой массы. Поэтому можно принять, что

$$Q_{\scriptscriptstyle \mathrm{SK}} = G_{\scriptscriptstyle \mathrm{SK}} C_{\scriptscriptstyle \mathrm{SK}} \Delta t_{\scriptscriptstyle \mathrm{SK}} \approx 0$$

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

$$Q_{
m yr} = F_{
m orp} \sum rac{\lambda_{
m orp}}{\delta_{
m orp}} \Delta t_{
m orp} \Delta au$$
 ,

где $\Delta t_{\rm orp} = t_{\rm эк} - t_{\rm H}$ - разность температур экрана и наружного воздуха; $\lambda_{\rm orp}$ - коэффициент теплопроводности отдельных элементов ограждающей конструкции: δ — толимна 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 $Q_{\rm yr}$ можно оценить по следующей формуле с учетом КПД транспорта и распределения

$$B_{\mathrm{T(T)}} = \frac{Q_{\mathrm{yT}}}{Q_{\mathrm{p}}^{\mathrm{H}} \eta_{\mathrm{HCT}} \eta_{\mathrm{Tp}} \eta_{\mathrm{pac}}}.$$

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

$$B_{\mathrm{T}(\mathfrak{I})} = \frac{N_{\mathfrak{I}}}{Q_{\mathrm{p}}^{\mathrm{H}} \eta_{\mathrm{HCT}} \eta_{\mathrm{Tp}}}.$$

Так как при транспортировке и распределении электрической энергии $\eta_{\rm Tp} \approx 1.0$ и $\eta_{\rm pac} \approx 1.0$, то при её производстве на парогазовой ТЭС расход топлива может быть ниже чем при производстве теплоты в водогрейной котельной ($B_{\rm T(3)} < B_{\rm T(T)}$).

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.

традусо-сутки отопительного периода ν , \sim сут, рассчитывают по формуле

$$D = \Delta t \cdot Z_{\text{OT}} = (t_{\text{B}} - t_{\text{HCP}}) Z_{\text{OT}},$$

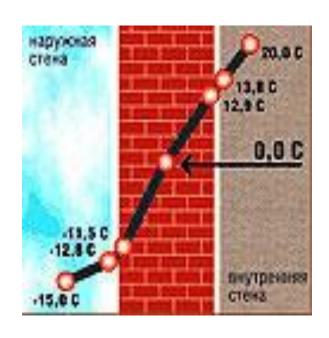
где $t_{\rm hcp}$ - средняя за отопительный период температура наружного воздуха;

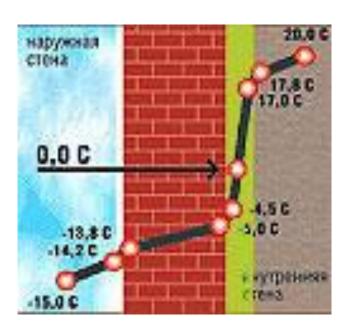
Толщину дополнительного слоя изоляции $\delta_{\rm из}$ можно рассчитать по следующей формуле

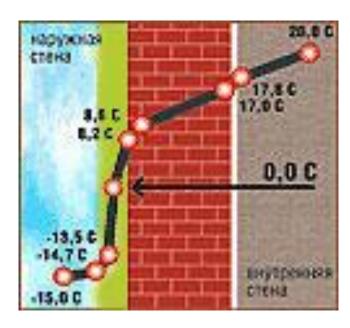
$$\delta_{\text{\tiny M3}} = \lambda_{\text{\tiny M3}} (R_{reg} - \frac{1}{\alpha_{\text{\tiny B}}} - \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} - \frac{1}{\alpha_{\text{\tiny H}}}),$$

- где $\lambda_{\rm us}$ коэффициент теплопроводности изоляционного материала;
- $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ термическое сопротивление существующих элементов ограждающей конструкции.

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







Способы снижения инфильтрационной отопительной нагрузки

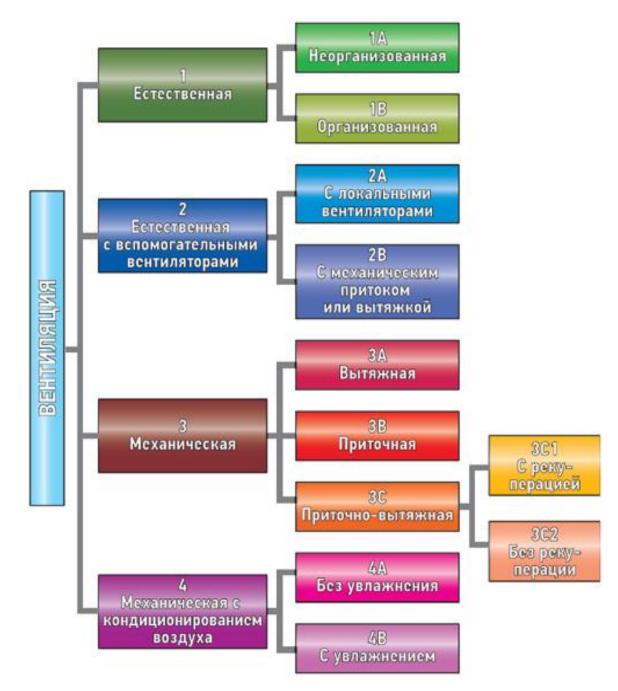
Воздухопроницаемостью обладают все наружные ограждения, но в расчете воздухообмена обычно учитывается только инфильтрация через окна, балконные двери и витражи. Нормы плотности остальных ограждений исключают возможность воздухопроницаемости ощутимо влиять на величину воздухообмена.

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

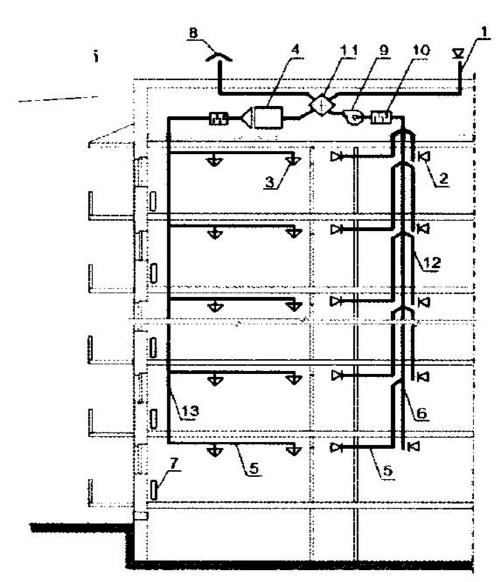
Классификация систем вентиляции жилых зданий в странах EC



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

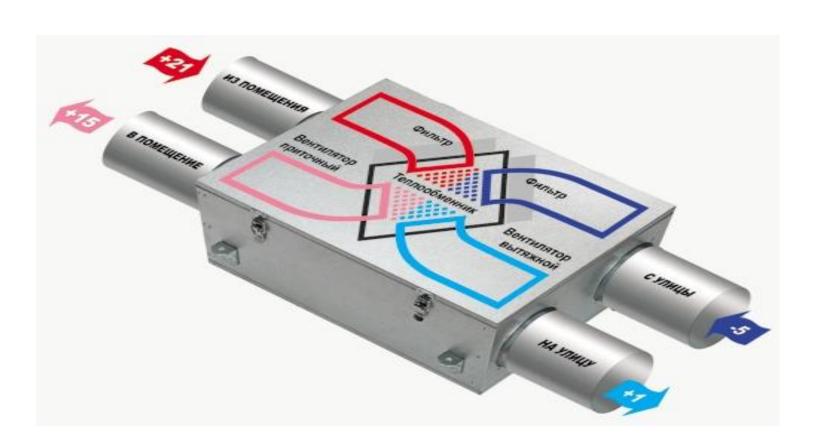
Однако, применение централизованных систем вентиляции в многоэтажных жилых домах связано со множеством различных проблем (излишняя энергоемкость, потеря полезной площади, занятой воздуховодами, шум, возможность переноса бактерий, сложность распределения воздуха по помещениям), затрудняющих применение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

Альтернативным решением централизованным приточновытяжным 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.

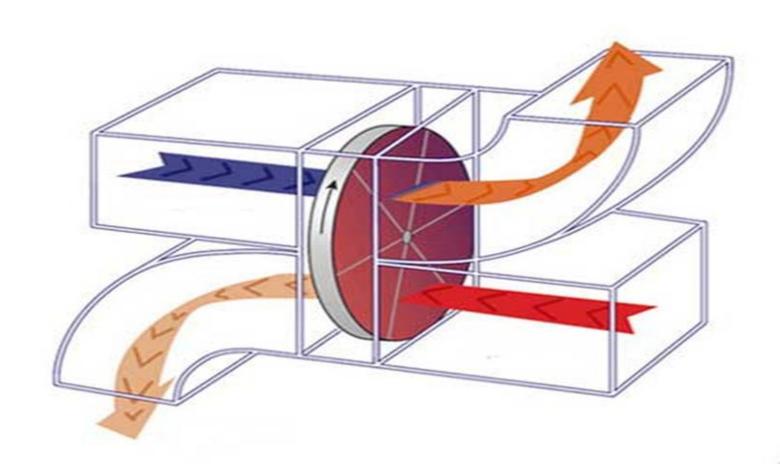
Схема приточно-вытяжной системы вентиляции отдельной квартиры на базе вентиляционной установки с рекуператором



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.