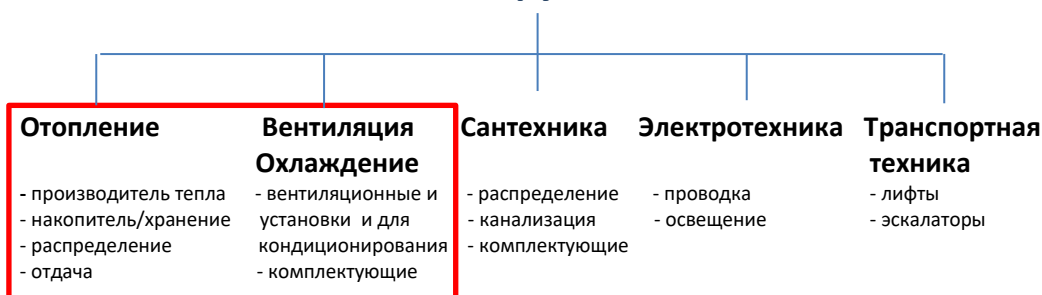


Тренинг для тренеров 11

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ: ОТОПЛЕНИЕ

1 Общие положения

Техническое оборудование здания



Кондиционирование помещений

Рис. 1: Работы по техническому оборудованию здания

В настоящее время на техническое оборудование здания (ТОЗ), как на существенную составляющую здания, приходится от 20% до более 60% затрат на строительство. ТОЗ с его отдельными видами работ (см. рис. 1) включает в себя техническое оборудование, необходимое для функционирования и эксплуатации здания.

Важной задачей ТОЗ является создание комфортного микроклимата в помещении. Так как это оказывает значительное влияние на энергопотребление здания во время эксплуатации, ТОЗ и особенно кондиционированию помещений с его подразделами

- отоплению
- вентиляции
- охлаждения

уделяется особая роль в энергосберегающем строительстве. Если под кондиционированием помещений понимать создание внутреннего климата, необходимого для комфорта людей и не зависящего от всех внешних воздействий, то это в принципе может привести к созданию с использованием соответствующих строительных технологий своеобразной архитектуры, оторванной от окружающего мира. В экстремальных случаях такие здания могут быть герметично закрыты стеклянными фасадами и, благодаря высокому уровню технологии, полностью кондиционированы и, тем самым, иметь высокое энергопотребление. Однако здание всегда должно быть спроектировано таким образом, чтобы для обеспечения комфорта потребовались лишь небольшие дополнительные потоки энергии.

Лучше всего это сделать, как показано на рис. 2, изначально удерживая потребность в энергии на как можно более низком уровне путем полного использования конструктивных (так называемых пассивных) мер, включая хорошую зимнюю теплоизоляцию, защиту от солнца и т.д. В этом случае наиболее неизбежная, остаточная потребность в энергии для отопления, вентиляции и/или охлаждения здания или помещения должна быть покрыта наиболее энергоэффективной инженерной техникой (активными мерами), предпочтительно с использованием возобновляемых источников энергии.



Рис. 2: Мероприятия по энергетическому кондиционированию помещений¹

2 Отопление (отопительные системы и их компоненты)

Обеспечение тепла является важной задачей ТОЗ. На рис. 3 представлен обзор того, что характеризует систему отопления здания или помещения. В частности, здесь следует упомянуть потребность в тепле, его производство и передачу (распределение тепла в здании и его передачу в помещение).

¹ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.25

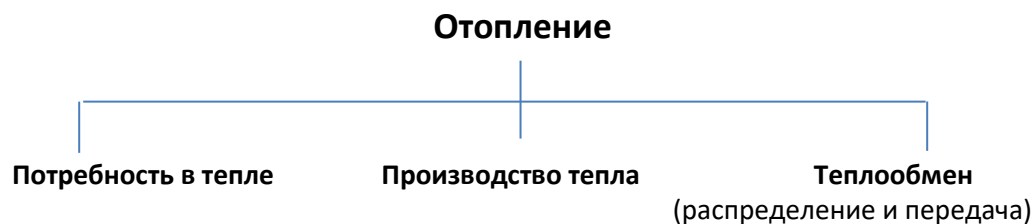


Рис. 3: Обзор отопления (источник Хайнер (2010), стр. 10)

2.1 Потребность в тепле

Потребность в тепле возникает при неравновесии теплового баланса здания или помещения. На рисунке 4 показан такой баланс тепла.

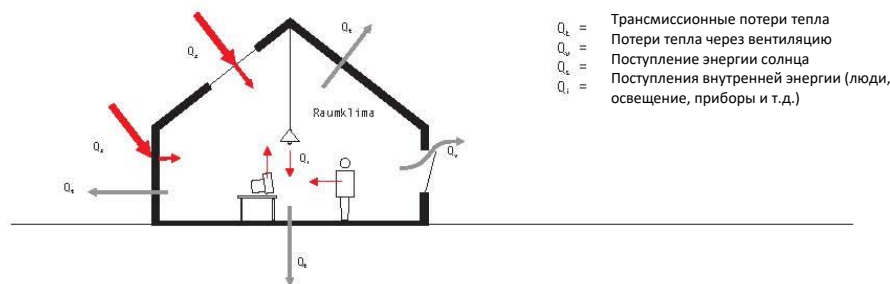


Рис. 4: Факторы, влияющие на тепловой баланс здания²

Комнатная температура должна всегда находиться в комфортном диапазоне в зависимости от использования (например, 20°C для жилых помещений). Тепло выходит из здания в результате трансмиссии (поток тепла через ограждающую конструкцию здания из-за разницы температур внутри и снаружи) и вентиляции (обмен воздуха внутри и снаружи посредством неконтролируемых утечек в ограждающей конструкции здания, а также посредством естественной или механической вентиляции). Солнечное излучение через прозрачные компоненты здания, а также тепло, исходящее от приборов и людей внутри здания, подает тепло в здание. В идеальном случае всё это находится в равновесии.

Однако, в зависимости от температуры наружного воздуха, несмотря на строительство, адаптированное к соответствующему климату, может возникнуть необходимость, по крайней мере временно (в наших широтах, главным образом, зимой), снабжать здание или помещение искусственным теплом, чтобы достичь желаемой температуры внутри помещения. В результате возникает потребность в отоплении.

² Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.21

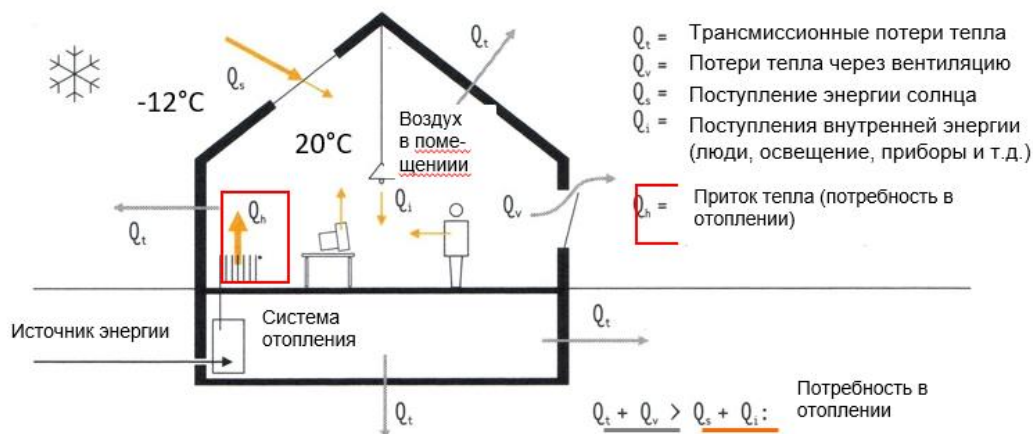


Рис. 5: Возникновение потребности в отоплении³

Если солнечного и внутреннего притока энергии недостаточно, потери тепла в здании или помещении должны быть компенсированы теплом, поступающим из системы отопления с использованием подходящего источника энергии (см. рис. 5).

2.2 Производство тепла

Если есть необходимость в отоплении, тепло должно быть произведено из источника энергии. Это обеспечивает теплогенератор как важный компонент системы отопления.

На рис. 6 представлен обзор возможных теплогенераторов.

Генератор тепла			
Тепловые насосы		Блочные теплоэлектростанции	Отопительный котел
Энергоносители:	Грунт/вода	Мазут	Мазут
	Вода/вода	Природный газ	Природный газ
	Воздух/вода	Биогаз	Гранулят

Рис. 6: Обзор распространенных теплогенераторов и подходящих источников энергии (Хайнер (2010 г.))⁴

Одним из самых распространенных теплогенераторов в наших широтах является котел, обычно расположенный в подвале здания. Тепло, как правило, образуется в результате сжигания ископаемых видов топлива, таких как мазут, газ или древесина (гранулы), в качестве возобновляемого источника энергии. Затем это тепло передается через теплообменник в теплоноситель, обычно воду, и распределяется по всему зданию (центральное отопление здания).

³ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.21

⁴ Хейнер, Майкл, Тиль, Дитер/Руофф, Джо (2010): Общее правило инженерных систем здания. Для архитекторов, Мюнхен, с.28

Наиболее эффективным является так называемый конденсационный котел, который забирает дополнительное тепло из отработанных газов и таким образом может достичь высокого КПД (см. рис. 7).

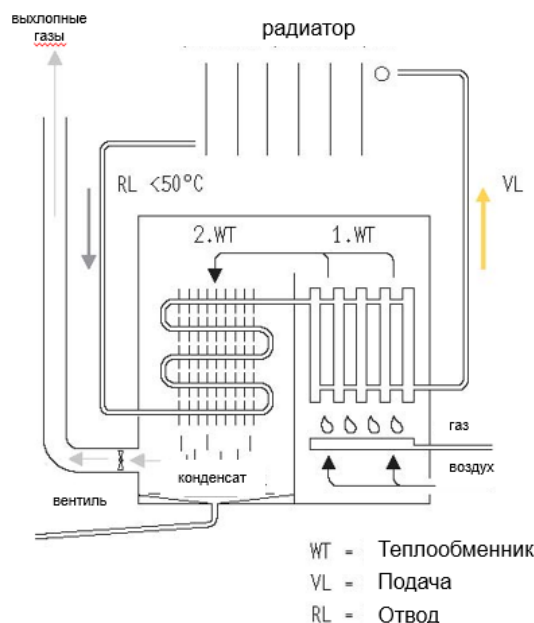


Рис. 7: Принцип конденсационного котла⁵

Конденсационные котлы лучше всего комбинировать с системами поверхностного отопления (например, теплый пол) из-за необходимой низкой температуры воды в обратном трубопроводе (см. раздел 2.3). Благодаря низкой температуре, эти системы также хорошо подходят для дополнения термических солнечных установок. Из-за низкой температуры выхлопных газов и дополнительного выхода тепла (см. выше) дымовая труба конденсационного котла обычно должна иметь конденсато-устойчивую внутреннюю трубу и вентилятор (компрессор), так как действие подъемной силы слишком слабо.

Помимо сжигания ископаемого или регенеративного топлива для производства тепла, тепло, получаемое в результате других процессов, может также использоваться в зданиях. Примером этого является использование тепла, вырабатываемого в процессе производства электроэнергии.

В большинстве случаев выработка электроэнергии, как и выработка тепла, происходит в результате процессов сгорания, в итоге образуются горячие отработанные газы. Путем передачи этого тепла, например, в водный цикл, из процесса сжигания получают две формы энергии: электричество (мощность) и тепло. Поэтому ее называют "комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии (ТЭЦ)". По отношению к количеству используемого топлива можно добиться очень хорошего КПД, так как большая часть энергии, содержащейся в топливе, является пригодной для использования.

⁵ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.54

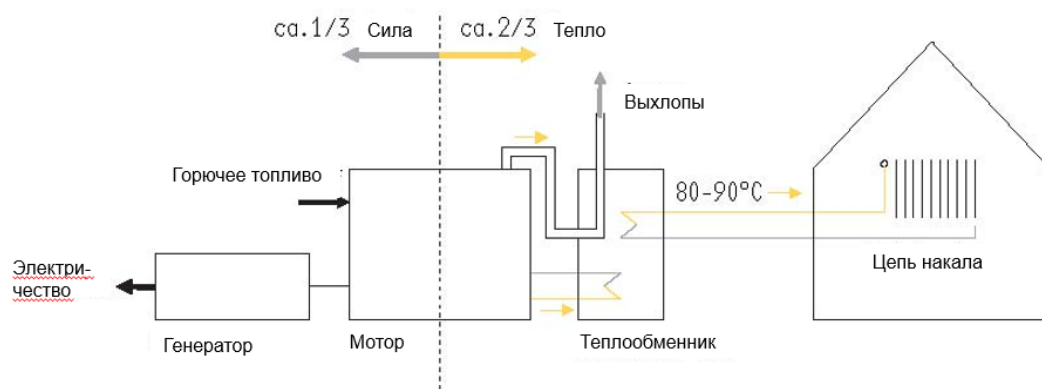


Рис. 8: Принцип комбинированной выработки тепловой и электрической энергии с блочной ТЭЦ⁶

Принцип комбинированной выработки тепловой и электрической энергии может применяться в крупных теплоэлектроцентралях, а также в средних (например, для снабжения жилищного фонда) или малых электрогенераторах (например, для снабжения одного здания). Средние или малые электростанции и теплогенераторы называются блочными ТЭЦ и обычно поставляют тепло в виде горячей воды с температурой 80-90°C (см. рис. 8). В качестве топлива здесь используется в основном природный газ и легкое жидкое топливо, а также биогаз и биотопливо (например, рапсовое масло).

Еще одной возможностью для обеспечения необходимого тепла является использование энергетического потенциала окружающей среды здания. Помимо температурного уровня наружного воздуха или отработанного воздуха в помещении, для этой цели идеально подходят относительно постоянные температуры на различной глубине грунта, в грунтовых водах и в близлежащих водных ресурсах. На рисунке 9 показано использование геотермальной энергии через наземные коллекторы и геотермальные зонды.

⁶ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.55

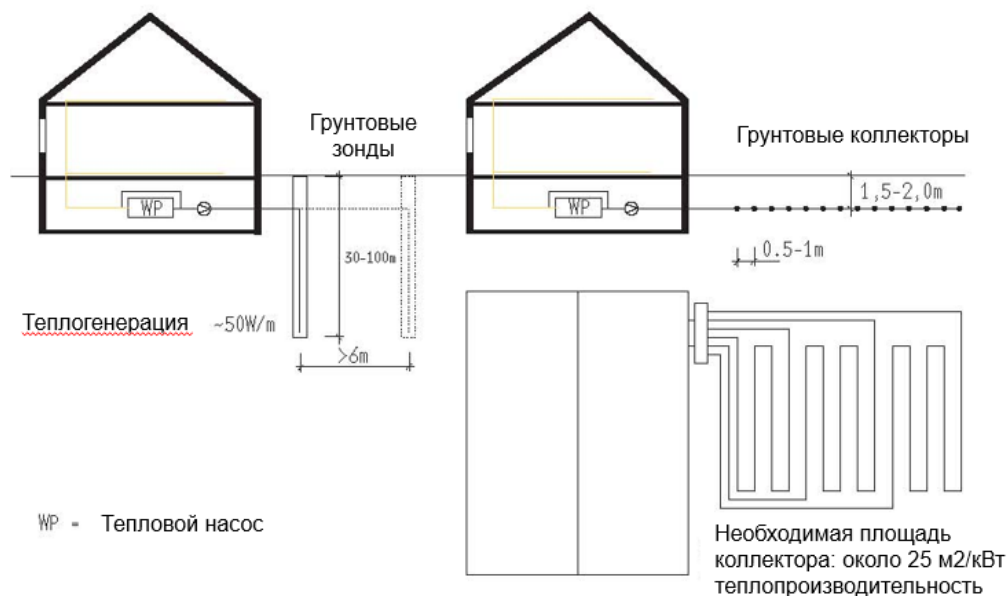


Рис. 9: Использование энергии окружающей среды (геотермальной энергии) для отопительных целей⁷

Энергию, полученную из этих источников, можно использовать для обогрева зданий зимой и охлаждения летом. Для отопления, однако, уровень температуры, как правило, должен быть повышен за счет использования дополнительной энергии. Обычно это делается с помощью так называемых тепловых насосов, которые работают по тому же принципу, что и холодильник. Они повышают температуру тепла, извлекаемого из наружного воздуха, грунта или грунтовых вод, и передают его в систему отопления (см. рис. 10). Эффективный тепловой насос должен иметь коэффициент полезного действия β не менее 3,5-4⁸. Коэффициент производительности β описывает соотношение между произведенной тепловой энергией и энергией (обычно электрической), используемой для работы компрессора.

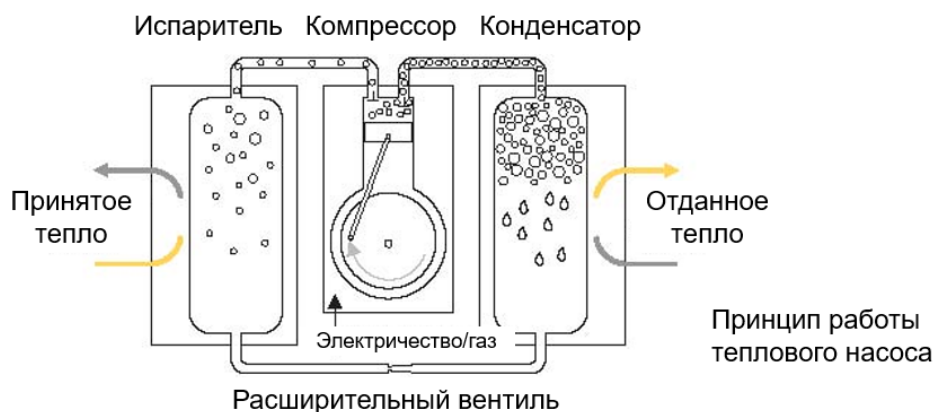


Рис. 10: Принцип работы теплового насоса⁹

⁷ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.56

⁸ Хейнер, Майкл, Тиль, Дитер/Руофф, Джо (2010): Общее правило инженерных систем здания. Для архитекторов, Мюнхен, с.28

⁹ Кляйн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.57

Чем выше температура источника тепла или чем меньше разница температур между источником тепла и отопительным контуром, тем эффективнее работает тепловой насос. Поэтому тепловые насосы в качестве теплогенераторов особенно полезны в комбинации с низкими температурами системы и большими поверхностями нагрева, такими как системы напольного отопления.

2.3 Теплообмен (распределение и передача тепла в помещении)

Система распределения тепла в здании представляет собой связующее звено между выработкой и передачей тепла в помещении, т.е. тепло, как правило, вырабатывается централизованно и транспортируется в отапливаемое помещение с помощью воды (или воздуха) в качестве транспортирующего средства. На рис. 11 представлен соответствующий обзор.

Вода является лучшим теплоносителем, чем воздух, и поэтому центральное отопление зданий с горячей водой является наиболее распространенной системой. Труба, в которой вода течет из теплогенератора в систему передачи, называется "подача" (VL), обратная труба называется "отвод" (RL) (см. Рис. 7). Температуры, преобладающие в этих трубах, являются важным параметром для комбинирования теплогенераторов и систем теплопередачи.

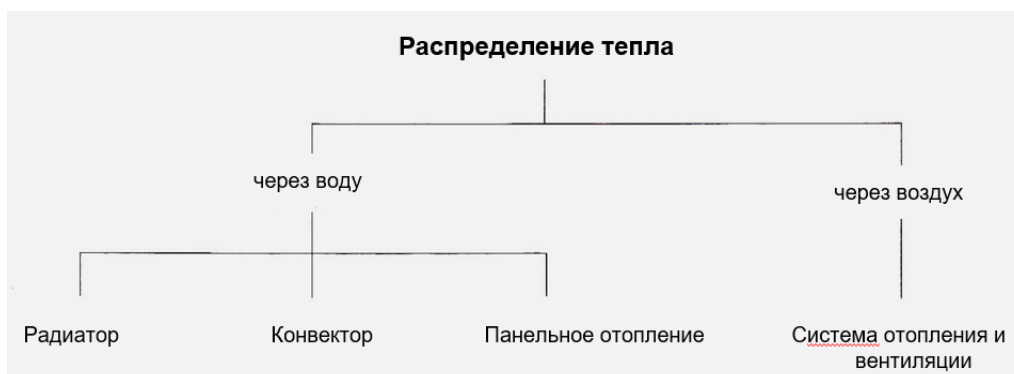


Рис. 11: Системы распределения и передачи тепла¹⁰

Для минимизации потерь энергии трубопроводы, как правило, должны быть как можно короче, и должна быть обеспечена дополнительная изоляция. Изоляция также служит для предотвращения образования конденсата при транспортировке холодных веществ.

Если тепло вырабатывается и излучается непосредственно в помещении, речь идет об отдельных отопительных системах (например, отдельные печи, газовые радиаторы, электрические обогреватели и т.д.). Они представляют собой особую форму отопительных систем и не рассматриваются далее в данной публикации. В дополнение к теплоизолированным трубам, арматуре и насосам для распределения тепла требуется соответствующая система регулирования. Это

¹⁰ Хейнер, Майкл, Тиль, Дитер/Руофф, Джо (2010): Общее правило инженерных систем здания. Для архитекторов, Мюнхен, с.34

необходимо для постоянной адаптации мощности отопительной установки к изменяющейся потребности в отоплении, на которую влияют погодные условия (внешняя температура, ветер, солнечные излучения), внутренние источники тепла и изменения в использовании помещения. Теплопроизводительность должна регулироваться автоматически в зависимости от времени, а также от наружной и внутренней температуры. В жилом секторе в первую очередь имеются клапаны радиаторных термостатов, наружные и комнатные термостаты с соответствующими датчиками температуры, а также автоматический режим ночного снижения температуры. Для более крупных зданий или систем часто рекомендуется использовать автоматизированную систему управления зданиями, которая контролирует отопление в различных помещениях с помощью датчиков и центрального компьютера.

Еще одной предпосылкой эффективного снабжения здания теплом является гидравлическая балансировка всей системы отопления. Гидравлическая балансировка обеспечивает ориентированную на спрос подачу отопительной воды в здание. Путем регулировки клапанов и насосов система откалибрована таким образом, чтобы в каждом помещении было доступно только то количество отопительной воды, которое требуется в соответствии с проектом или потребностью. Без гидравлической балансировки вода распределялась бы в трубопроводной сети по принципу наименьшего сопротивления. В результате это бы привело к тому, что нагревательные поверхности в отдаленных помещениях недостаточно обеспечивались водой и не нагревались должным образом. Это показано на рис. 12a/b. Чтобы избежать частичной нехватки обогрева, система автоматически повышает температуру подачи, что неоправданно увеличивает расход топлива. Кроме того, часто предпринимаются попытки компенсировать недостаток тепла за счет использования более мощных циркуляционных насосов для отопления. Это также увеличивает потребление электроэнергии и, следовательно, затраты на нее.

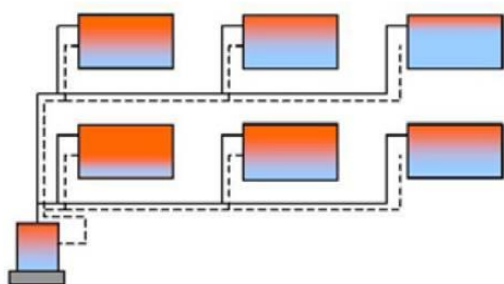


Рис. 12a: гидравлически несбалансированная система

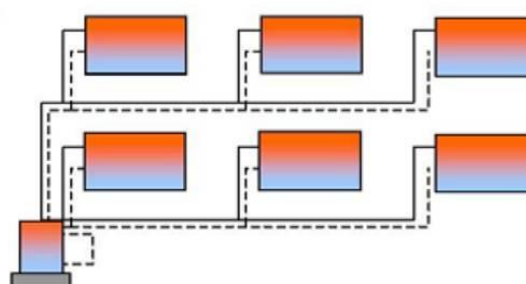


Рис. 12b: гидравлически сбалансированная система

Кроме того, несбалансированная система может значительно снизить эффективность конденсационного котла. При избыточном напоре отдельных поверхностей нагрева это приводит к повышению температуры рециркуляции в системе. Водяной пар в отработанных газах конденсационного котла может конденсироваться только в ограниченном объеме или не конденсироваться вообще. В результате расходуется меньше дополнительного тепла, а экономия, которую обычно дает современный конденсационный котел, аннулируется (см. рис. 7).

Через подходящую систему транспортируемое тепло передается от генератора через воду или воздух в соответствующее помещение. Это происходит частично за счет излучения и частично за счет конвекции (передачи тепла через воздух) (см. рис. 12в). Тепло, передаваемое излучением, более комфортно, поэтому системы передачи с высокой долей излучения предпочтительнее с точки зрения комфорта.

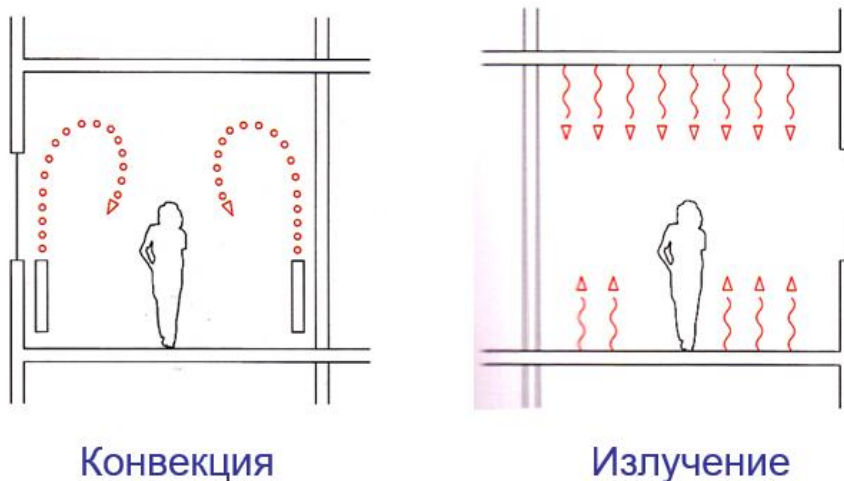


Рис. 12.с: Типы теплообмена¹¹

Кроме того, системы теплопередачи различаются в зависимости от температуры подачи (T_v), удельной мощности и их возможностей регулирования. Типичными системами теплопередачи при отоплении горячей водой являются батареи (радиаторы, конвекторы) и системы поверхностного отопления (подогрев пола, потолка и т.д.). В таблице 1 представлен обзор систем теплопередачи и их свойства.

Таб. 1: Свойства систем теплопередачи

Системы теплопередачи	Преимущества	Недостатки	Доля излучения/ конвекции	T_v (C°)
Радиатор	экономично, быстро, хорошо регулируется	необходимо место, вид	50/50	50-75 (90)
Конвектор	экономит место, быстро, хорошо регулируется	уборка, образование пыли	20/80	50-75 (90)
Теплый пол	хороший температурный профиль, невидимо	возможны капли холодного воздуха, возможны венозные нарушения из-за	80/20	30-45

¹¹ Хейнер, Майкл, Тиль, Дитер/Руофф, Джо (2010): Общее правило инженерных систем здания. Для архитекторов, Мюнхен, с.11

		относительно высоких температур вблизи пола, медленное регулирование, пригоден не для всех половых покрытий		
Отопление в стене и потолке	хороший температурный профиль, невидимо, возможно отапливать и охлаждать	медленное регулирование, при стенном отоплении невозможно приставить мебель или сделать встроенку, при потолочном отоплении необходима достаточная высота потолков и расстояние между отапливаемой площадью и людьми в помещении	90/10	30-45
Воздушное отопление	комбинация вентиляции и отопления, быстрое регулирование	возможен сквозняк, выше 49 °C обугливание пыли	0/100	30-49 (70)

Конструкция и расположение нагревательных элементов приводят к различным температурным профилям в помещении и, таким образом, оказывают особое влияние на комфорт. Чтобы максимально приблизиться к идеальному температурному профилю, передача тепла в помещение должна происходить постоянно и быть равномерной как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении (см. рис. 13).



Рис. 13: Профили комнатной температуры воздуха систем теплопередачи¹²

Батареи (радиаторы, конвекторы) предпочтительно устанавливать на внешней стене и в непосредственной близости от остекления, чтобы избежать возможных сквозняков. Недостатком является относительно высокая требуемая температура потока, особенно в конвекторах, что делает сочетание с солнечной тепловой энергией, тепловым насосом или конденсационной технологией менее разумным (см. также Возобновляемые источники энергии).

Панельные отопительные системы (системы подогрева пола, стен и потолков), в которых трубы отопления проложены в стяжке, штукатурке или облицованы подходящими панелями, являются невидимыми и отдают тепло, главным образом, за счет излучения в помещение и создают более комфортный температурный профиль (см. рис. 13). Большая нагревательная поверхность позволяет значительно снизить температуру потока по сравнению с радиаторами. Особенно в домах с низкой потребностью в отоплении и в сочетании с низкотемпературными системами, такими как конденсационные котлы, тепловые насосы и комбинированные солнечные тепловые системы (см. также Возобновляемые источники энергии), панельные отопительные системы являются подходящей системой для теплопередачи.

В принципе, тепло может также распределяться в здании и подаваться в помещение с помощью вентиляционных систем (системы воздушного отопления). Однако, поскольку, как уже упоминалось, воздух является плохим теплоносителем, это, как правило,件лезно только в зданиях с очень высоким стандартом теплоизоляции и низкой потребностью в отоплении, например, в пассивных домах.

Материал предоставлен проф. др. А. Юстом, Европейский образовательный центр экономики жилищного хозяйства и недвижимости (ЕБЦ), EBZ Business School, г. Бохум, Германия, 2020 г.

¹² Клайн, Оливер, Шленгер, Йорг (2008): Кондиционирование помещений, Базель, Бостон, стр.66