

Пассивное здание. Дом нулевой энергии. Дом плюс энергии или «активный дом.

Ассоц. проф. ФА Исабаев Г.А.

Пассивный дом (принят Закон, согласно которому с 2019 года в Европе нельзя строить дома по стандартам ниже, чем пассивный дом) – 15 кВт-час/м<sup>2</sup> в год.



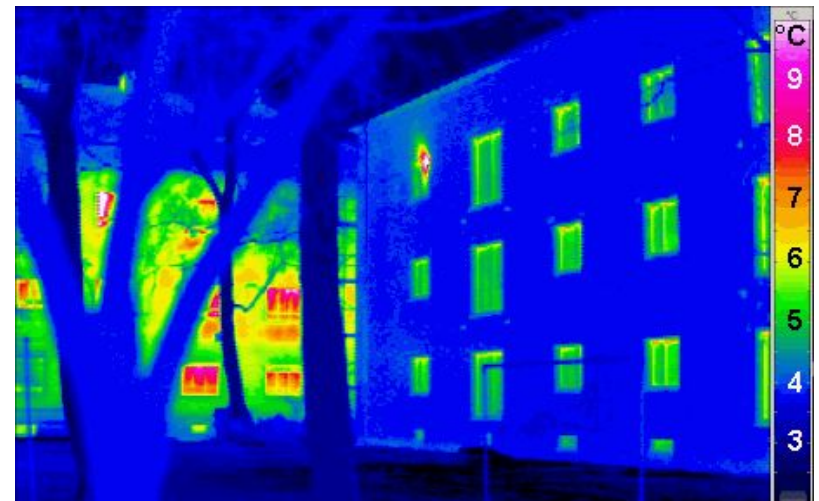
(г.Дармштат, первый пассивный дом профессора Файста)

- Пассивный дом, энергосберегающий дом, или экодом (нем. Passivhaus, англ. passive house) — сооружение, основной особенностью которого является отсутствие необходимости отопления или *малое энергопотребление — в среднем около 10 % от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий.* В большинстве развитых стран существуют собственные требования к стандарту пассивного дома.

## Пассивный дом

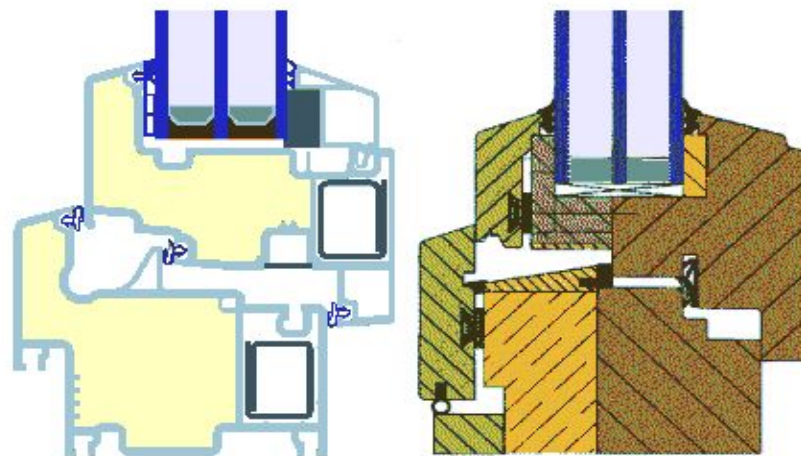
- Ограждающие конструкции (стены, окна, крыши, пол) стандартных домов имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, теплопотери обыкновенного кирпичного здания — 250—350 кВт·ч/м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год.
- Технология пассивного дома предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей — не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. В пассивном доме формируется несколько слоёв теплоизоляции — внутренняя и внешняя. Это позволяет не выпускать тепло из дома. Также производится **устранение «мостиков холода» в ограждающих конструкциях.** В результате в пассивных домах теплопотери через ограждающие поверхности не превышают 15 кВт·ч /1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год — практически в 20 раз ниже, чем в обычных зданиях.

Фотография с тепловизора в инфракрасных лучах показывает, насколько эффективна теплоизоляция пассивного дома (справа) по сравнению с обычным домом (слева).



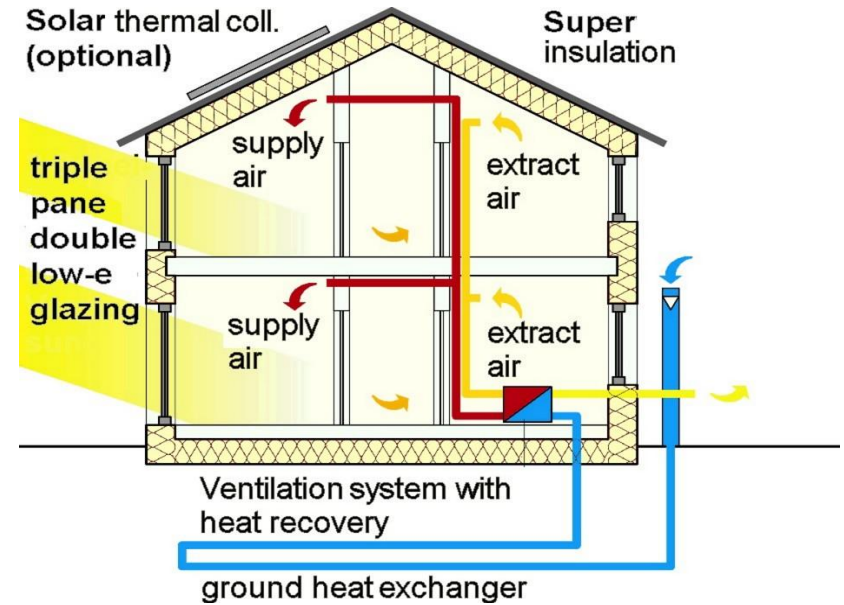
## Пассивный дом

- В пассивном доме используются герметичные стеклопакеты, 1-камерные (два стекла) или 2-камерные (три стекла), заполненные низко-теплопроводным аргоном или криптоном или стеклопакеты, собранные по принципу стеклоблоков или стеклопакеты с теплой дистанционной рамкой (полимерная или пластиковая, исключая мостик холода при применении алюминия). Применяется более герметичная конструкция примыкания окон к стенам, утепляются оконные проёмы. Стёкла обрабатываются особым образом — закаливаются с целью избежания теплового шока, покрываются диоксидной солнцезащитной и энергосберегающей плёнкой. Иногда для дополнительной теплоизоляции на окнах устанавливают ставни, жалюзи или шторы.
- Установка рольставень (роллет) позволяет увеличить тепловое сопротивление оконного блока на 20-30 % (сопротивление теплопередаче роллетной конструкции может быть 0,18 — 0,27 м<sup>2</sup>К/Вт).



# Пассивный дом

- В обычных домах вентиляция осуществляется за счёт естественного побуждения движения воздуха, который обычно проникает в помещение через специальные пазы (иногда через оконные проветриватели — клапаны приточной вентиляции) в окнах и удаляется пассивными вентиляционными системами, расположенными в кухнях и санузлах.
- В энергоэффективных зданиях используется более сложная система: вместо окон с открытыми пазами используются звукоизолирующие герметичные стеклопакеты, а **приточно-вытяжная вентиляция помещений осуществляется централизованно через установку рекуперации тепла.** Дополнительного повышения энергоэффективности можно добиться, если воздух выходит из дома и **поступает в него через подземный воздухопровод, снабжённый теплообменником.** В теплообменнике нагретый воздух отдаёт тепло холодному воздуху.
- Зимой холодный воздух входит в подземный воздухопровод, нагреваясь там за счёт тепла земли, и затем поступает в рекуператор. В рекуператоре отработанный домашний воздух нагревает поступивший свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17 °С.



Летом горячий воздух, поступающий в подземный воздухопровод, охлаждается там от контакта с землёй примерно до этой же температуры. За счёт такой системы в пассивном доме постоянно поддерживаются комфортные условия. Лишь иногда бывает необходимо использование маломощных нагревателей или кондиционеров (тепловой насос) для минимальной регулировки температуры.

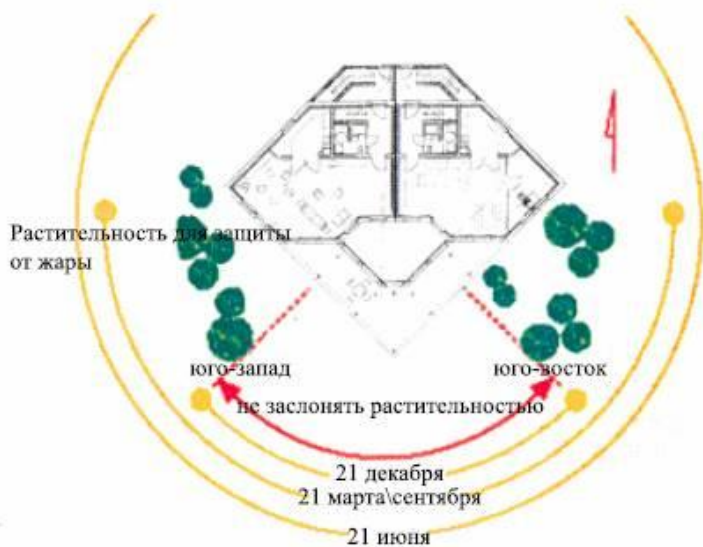
## Пассивный дом

- В каждом доме тепло исходит не только от батарей, но и производится работой электроприборов (холодильник, стиральная машина, плита и т.п.), а также производится самими жильцами. Эту бесплатную тепловую энергию мы сохраняем внутри пассивного дома благодаря строительным элементам, обладающим высочайшей теплоизоляцией и герметичностью. Снаружи в дом, в свою очередь, поступает бесплатная солнечная энергия, которую мы проводим внутрь при помощи целесообразно распределенных оконных проемов.
- И, наконец, в доме устанавливается так называемая «комфортная» вентиляция (каждое помещение автоматическим способом снабжается свежим воздухом). Таким образом, сокращаются те потери тепла, которые обычно возникают при проветривании помещения.
- Иначе говоря, Ваш дом не будет нуждаться в дорогом отоплении и, несмотря на это, в нем будет тепло и уютно.
- К принципу работы пассивного дома сначала относились с недоверием и в Германии. Однако в настоящий момент по этому методу построено уже более 10.000 домов, школ, административных и других зданий по всей стране. Заказчики очень довольны результатами и, имея лишь на 5%-20% бóльшие затраты на строительство, полностью экономят расходы на отопление. В Германии дополнительные затраты на строительство пассивного дома окупаются полностью приблизительно через 7 лет.








# Пассивный дом



- Южное направление главного фасада пассивного дома (отклонение от оси на 30% в западном или восточном направлении возможно) обеспечивает наиболее оптимальное активное и пассивное использование солнечной энергии (поступление солнечного тепла). Основная проблема заключается в сезонном несоответствии между количеством необходимой и поступающей солнечной энергии.
- Зимой окна, выходящие на южную сторону, обеспечивают существенный приток энергии за счет повышенного солнечного воздействия.
- В то же время, окна больших размеров, выходящие на восток или запад, невыгодны. Летом во время восхода и захода солнца они будут накапливать большое количество солнечной энергии, а зимой, когда дни значительно короче, напротив не будут приносить достаточно энергии.
- Оконные проемы с северной стороны дома должны быть как можно меньше, т.к. окна с этой стороны всегда остаются в тени и служат скорее источником потери тепла. Необходимым условием для получения солнечной энергии в таких условиях является усиленное остекление и высококачественные оконные рамы с коэффициентом теплопередачи не менее 0,8 Вт/м<sup>2</sup>К.

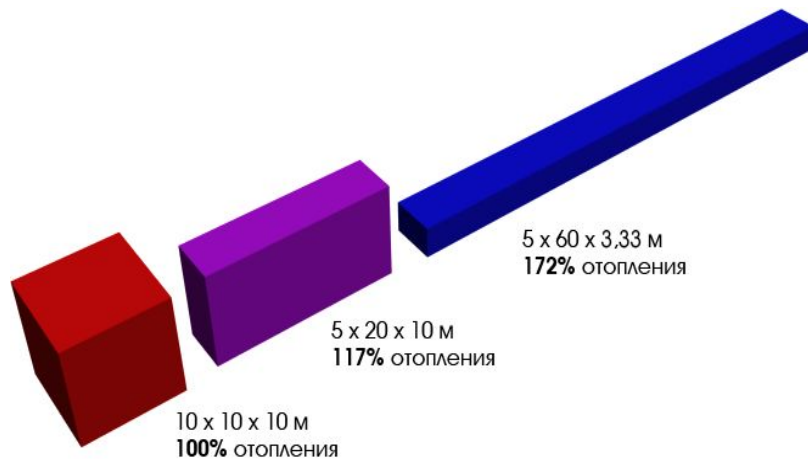
## Пассивный дом

Вид	План	В разрезе	A/V
Одноквартирный дом / коттедж	1 		0,98
	2 		0,6
Двухквартирный жилой дом			0,6
Дом рядовой застройки			0,4
Многоквартирный дом			0,24

- Стандарты строительства пассивного дома требуют определенного соотношения  $A/V$  (**площадь ограждающей поверхности, или проще, «оболочки» здания делится на суммарный объем помещений, в результате чего получаем коэффициент площади ограждающей поверхности сооружения**). **Этот показатель должен быть как можно меньше.** Цель этого расчета заключается в том, что каждое здание в течение отопительного сезона теряет через свою внешнюю ограждающую поверхность ценное тепло. В тоже время **геометрически компактные формы здания имеют самый низкий показатель тепловых потерь**, так как большой внутренний объем помещений ограничен минимальной площадью внешней поверхности. Поэтому любые выступающие архитектурные конструкции, например, балконы, террасы, навесы, мансарды и т.п. необходимо, по возможности, избегать, так как они увеличивают ограждающую поверхность здания, при этом, почти не увеличивая внутреннего объема дома – аналогично эффекту охлаждения в кулере через ребра охлаждения.
- Благодаря более низкому коэффициенту площади поверхности, дома рядовой застройки, а также многоквартирные дома имеют преимущества перед обособленно стоящими частными домами на одну семью.

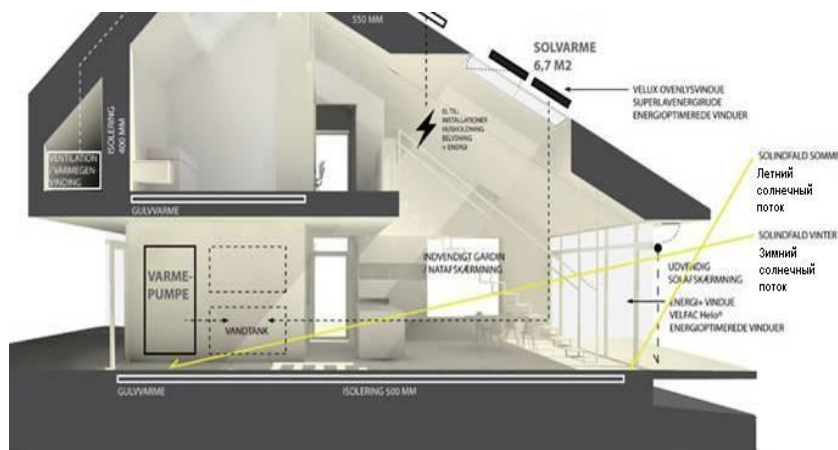


# Пассивный дом



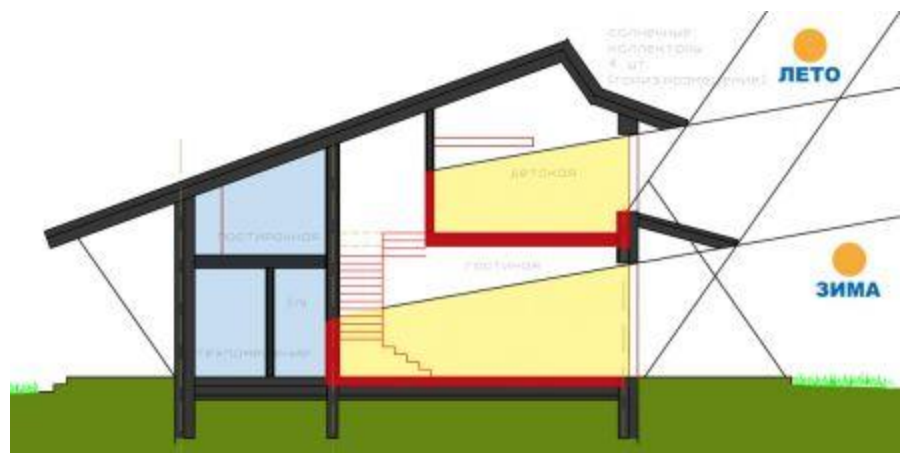
- Основные принципы проектирования пассивных домов.
- Существуют основные принципы проектирования пассивных домов.
- 1. Ландшафтно-планировочные.
- Правильная ориентация здания по сторонам света:
  - ветрозащита северной глухой стороны здания, закрытость этой стороны: зеленые насаждения, лес, другое здание и т. п.;
  - открытость объема здания с юга, отсутствие затенения южного фасада.
- 2. Объемно-планировочные.
- - **максимальная компактность здания.** **Компактность — это соотношение площади ограждающих конструкций (оболочки здания) и всего объема здания (его полезной площади).** Чем меньше площадь ограждающих конструкций по отношению к полезной площади здания, тем компактнее оно;
- - по возможности полное отсутствие эркеров, внутренних углов, балконов и т.п. Идеальной считается максимальная приближенность формы здания к самой компактной: полушару, стоящему срезом на земле; - пример в лекции 12 лекция, 20 слайд.
- При одинаковой толщине стен и способе укладки одинаковой теплоизоляции трехэтажное здание кубической формы теряет тепла намного меньше, чем вытянутое одноэтажное строение, отопить которое зимой, кажется, не представляется возможным. Недаром говорят, что в одноэтажных бараках жить невозможно - летом слишком жарко, а зимой - очень холодно. Это обусловлено в первую очередь особенностями геометрии стен и крыши длинного одноэтажного барака.

# Пассивный дом



- **Основные принципы проектирования пассивных домов.**
- Фасадные (правильное остекление здания).
- - отсутствие светопрозрачных частей, через которые тепло покидало бы здание, на его северной стороне;
- - расположение с юга максимального количества светопрозрачных конструкций, которые пропускали бы глубоко в здание лучи низкого зимнего солнца;
- - окна и другие светопрозрачные конструкции должны располагаться на фасаде в таком соотношении: 70-80% всех окон с южной стороны, 20-30% с восточной, 0-10% с западной и полное их отсутствие с северной.

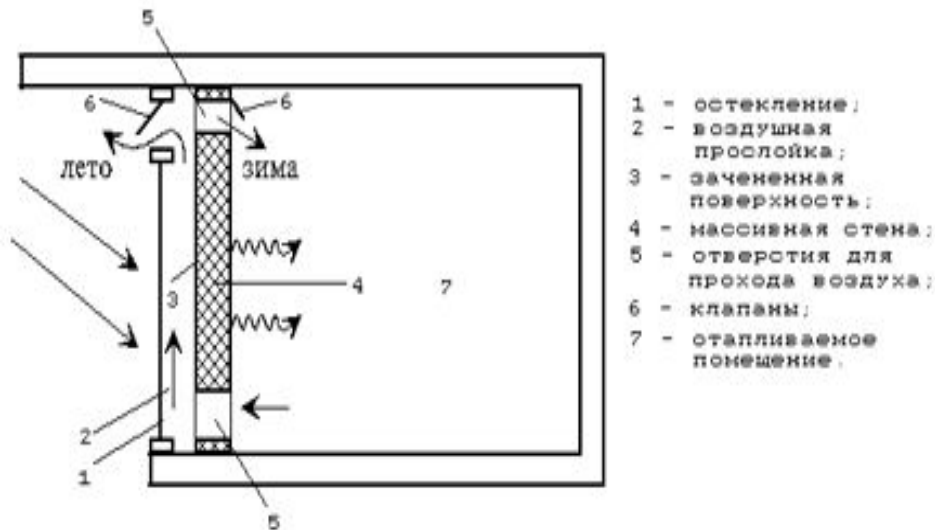
## Пассивный дом



- На рисунке показано, как применены объемно-планировочные принципы, на примере типового пассивного дома (арх.Т.Эрнст). Видно, как проникают в дом лучи низкого зимнего солнца, при этом выполнена защита от летнего перегрева (с помощью свеса кровли, а также навеса террасы). Также видно, что буферные помещения дома расположены с северной стороны.

# Пассивный дом

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА СТЕНЫ ТРОМБА-МИШЕЛЯ



- **Основные принципы проектирования пассивных домов.**
- Аккумулирующие.
- - **наличие массивных аккумулирующих элементов** внутри помещений для обеспечения приема, сохранения и отдачи ими энергии в местах, куда попадают прямые солнечные лучи от низкого зимнего солнца. Массивными аккумулирующими элементами в этом случае могут служить стены из полнотелого кирпича или бетона, желательны, отделанные изнутри глиняной штукатуркой.
- - **использование стены Тромба-Мишеля** –
- - планирование неглубоких помещений, в которых низкое зимнее солнце попадало бы на заднюю массивную (желательно темную) стену, прогревая ее;
- - массивные элементы внутри здания (простенки, внутренние части утепленных наружных стен) также способствуют пассивному накоплению в здании ночного холода в летний зной; -
- - улавливание аккумулирующими элементами энергии «внутренних источников тепла» (бытовых приборов, тела человека, лампочек, компьютеров и т.п.).

# Пассивный дом

Таблица 7. Сравнительная экономическая эффективность применения пенополистирола (кирпичная кладка шириной 510 мм)

	Без утеплителя	10 см	5 см
Потери тепла через 1 кв.м. стены	56Вт	15Вт	24Вт
Примерные потери тепла через стены здания общей площадью 100 кв.м. за сезон, тг	21.600	5.900	9.200
Экономия за счет использования утеплителя, тг	-	78.500	62.000
Стоимость пенополистирола, используемого для утепления стен, тг	-	69.000	34.500
Окупаемость применения	-	5,5 месяцев	3,5 месяца

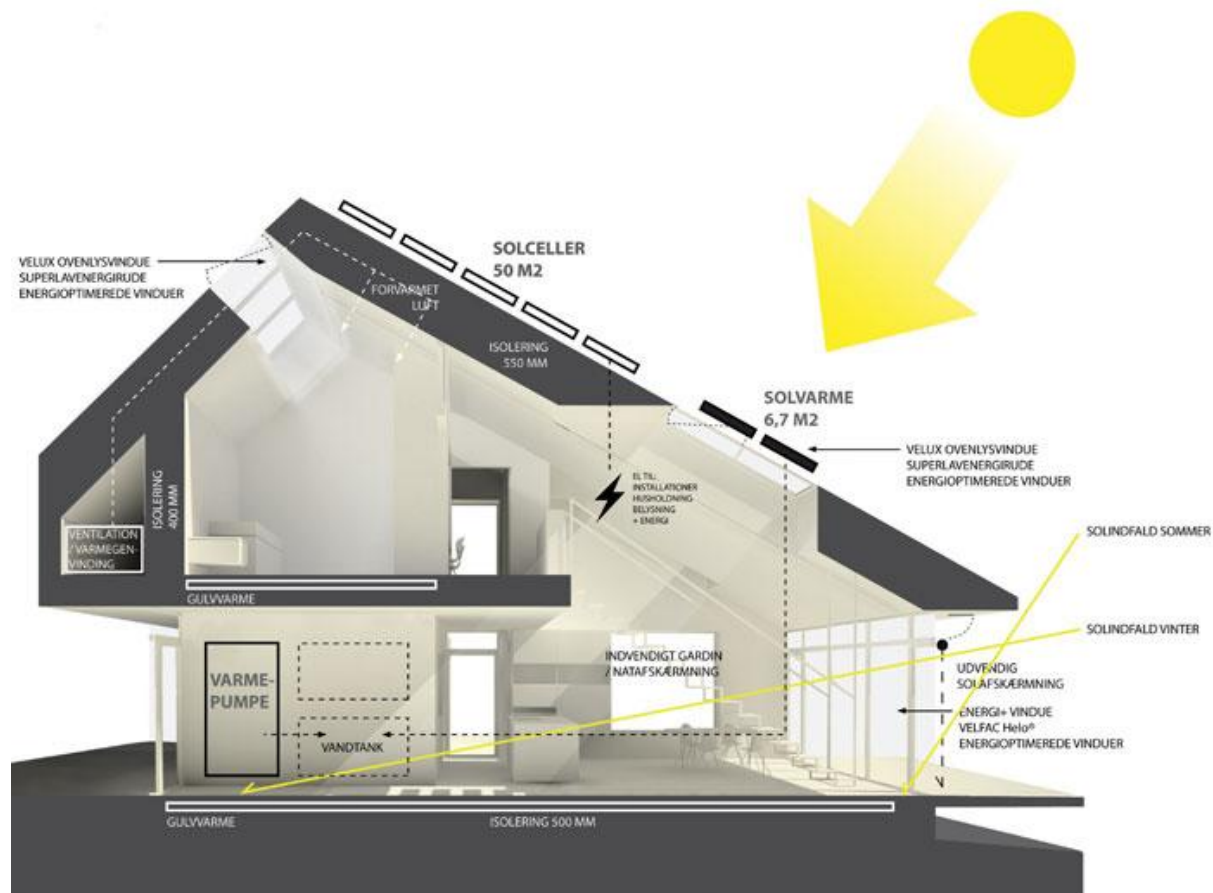
- **Основные принципы проектирования пассивных домов.**
- Изоляционные. -
- **- качественная наружная теплоизоляция внешней оболочки здания: полное утепление всех сторон здания: фундамент, стены, крыша и т.д.;**
- Для теплоизоляции фасадов здания в основном используется особый вид **пенополистирола** – **это пазированный экструдированный пенополистирол** марки ПСБ-С-25Ф. Именно этот вид материала создает благоприятную среду, так как имеет возможность отведения влаги от стен, тем самым не позволяет развитию плесени, бактерий, а также гниения стен изнутри. Отделка фасадов пенополистиролом предлагается на рынке уже долгое время и имеет отличные отзывы, а также зарекомендован в качестве надежного утеплителя, способного существенно снизить затраты на энергопотребление, то есть цена утепления дома существенно окупается после ремонта в экономии теплоэнергии в квартирах (таблица 7).



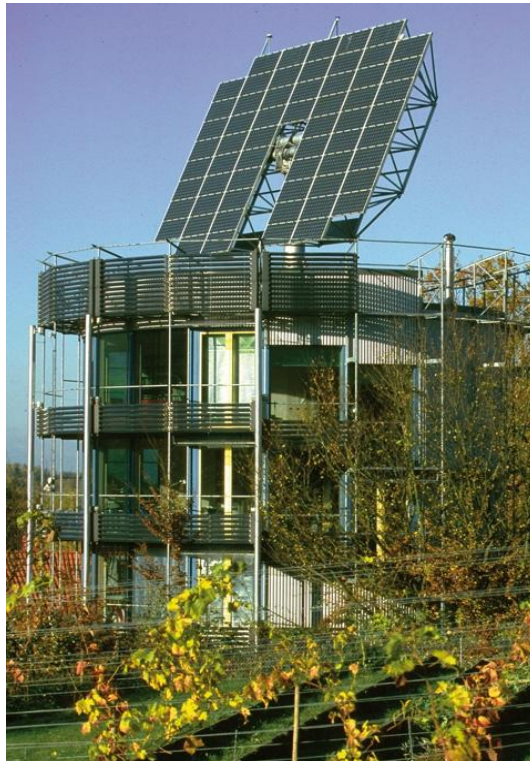
# Пассивный дом

- Выводы.
- За счет вышеперечисленных приемов, пассивным способом, экономится огромное количество энергии. В результате — мы получаем **пассивный дом, который на эксплуатацию (отопление и охлаждение) требует не более 20% от обычного дома**. Причем это не стоит застройщику почти никаких дополнительных инвестиций при строительстве. Все что нужно сделать — это создать правильный архитектурный проект будущего здания и качественно воплотить его в жизнь. Дополнительные расходы на увеличение толщины утеплителя, как правило, нивелируются компактностью здания. А система приточно-вытяжной вентиляции является, по большому счету, обязательной абсолютно для любого типа здания, а не только для энерговыгодных домов. Ведь контролируемая вентиляция — это единственный метод, который обеспечивает 100% качество воздуха постоянно.
- Дополнительную же энергию на обслуживание дома можно экономить уже активно: с помощью соответствующего инженерного оборудования (тепловые насосы, солнечные коллекторы, солнечные батареи, ветряки и т.п.), работающего от альтернативных источников энергии (тепла земли и солнца, силы ветров и т. п.). Подобная инженерия в пассивном доме является не обязательной, а только опциональной. Она может значительно (на 10-30%) повысить сметную стоимость здания, но с ее помощью можно свести затраты по эксплуатации дома и его вредное воздействие на окружающую среду практически к нулю, получив, так называемый дом «нулевой энергии», а при желании и наличии средств, даже дом «плюс энергии».

# Дом нулевой энергии (на основе пассивного дома) в датском городе Орхус



Дом «Гелиотроп» (плюс энергии или активный дом) в городе Фрайбурге в Германии. Архитектор Рольф Диш.



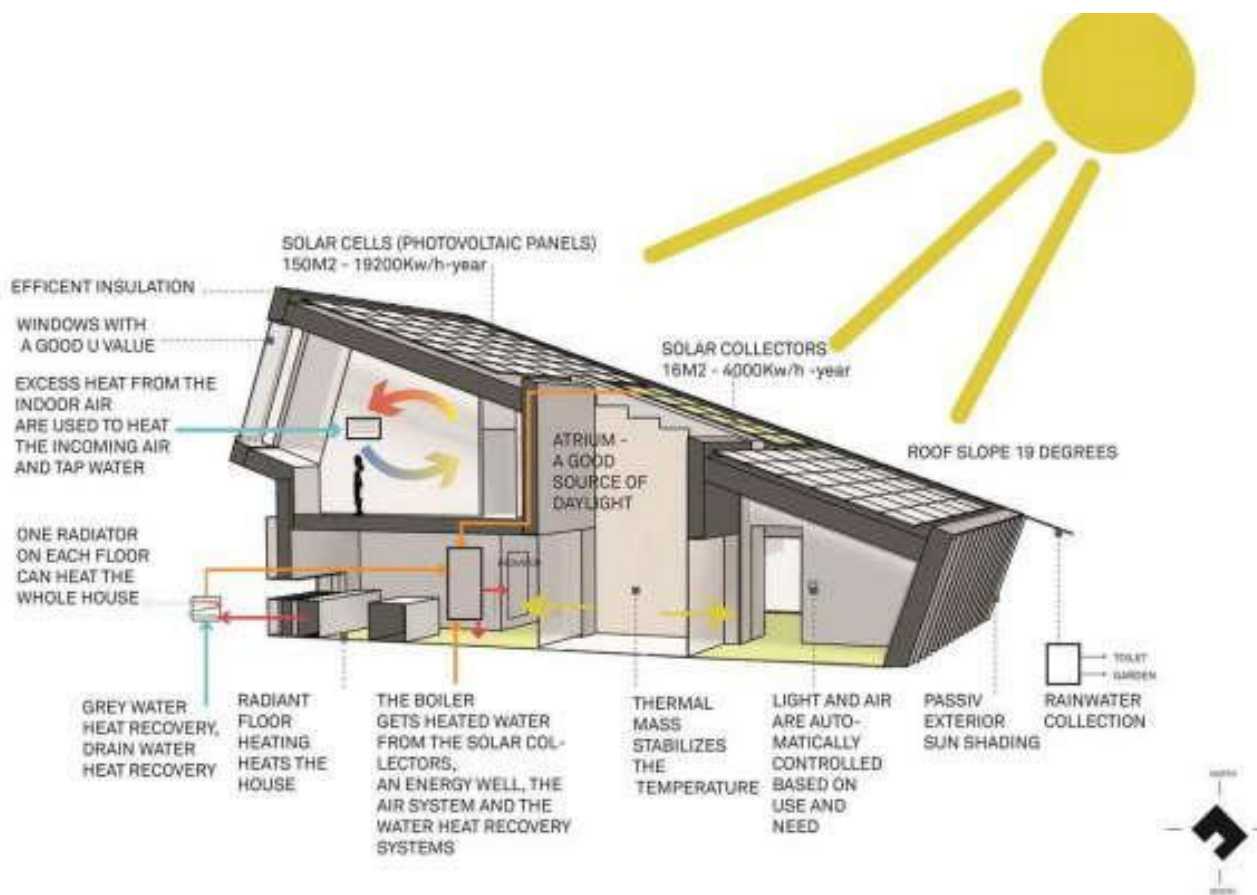
- построен так, что большая секция солнечных панелей движется за солнцем таким образом, чтобы получить максимально эффективное прямое попадание фотонов от солнечных потоков. Данное максимально эффективное использование солнечного освещения дает возможность получить больше электроэнергии, чем необходимо для электрофикации самого дома (в солнечный период до шести раз).

В норвежском городе Ларвик построен экспериментальный «активный» (дом плюс энергии) жилой дом по проекту бюро Snøhetta.



- По расчетам авторов, солнечные панели и коллекторы в совокупности с геотермальными насосами будут не только обогревать дом и покрывать всю его потребность в электроэнергии, но и генерировать дополнительные мощности, которых хватит на подзарядку 2 электрокаров в течение года, что приблизительно равно 20 000 км пробега.

В норвежском городе Ларвик построен экспериментальный «активный» жилой дом по проекту бюро Snøhetta.







Экспериментальный  
«активный» (дом плюс  
энергии) жилой дом по  
проекту бюро Snøhetta.

- Обращенная к солнцу кирпично-«дровянная» стена атриума является не столько декоративной поверхностью с интересной фактурой, сколько важным элементом пассивного дизайна: обладая высокой термальной массой, она накапливает тепло в дневное время суток и постепенно отдает его помещениям дома после заката

## Экспериментальный «активный» (дом плюс энергии) жилой дом по проекту бюро Snøhetta.

- В доме площадью 220 м<sup>2</sup> используется водяной обогрев, где в качестве теплоносителя выступает дождевая и «серая» вода, нагретая солнечными коллекторами, тепловыми насосами и рекуператорами. Для оптимального использования энергии здание оснащено разнообразными технологическими приспособлениями, позволяющими программировать и контролировать работу всех устройств: например, когда хозяева дистанционно включают стиральную машину со смартфона днем, «умный» дом понимает, что для ее работы нужно задействовать энергию, поступающую непосредственно в данный момент, а накопленные резервы оставить до вечера, когда вся семья соберется дома.

