

ДОМ БУДУЩЕГО В ПОДМОСКОВЬЕ

«АКТИВНЫЙ» ДОМ (ЭНЕРГИЯ+). ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ

«Активные» и «пассивные» здания набирают всё большую популярность во всём мире. В «пассивном» здании потребности в энергии на отопление настолько малы, что традиционная система отопления становится ненужной. Ее может заменить компактная система с малой тепловой мощностью. А «активные» здания в течение года вырабатывают энергии больше, чем сами потребляют. В мире опыт строительства и эксплуатации «активных» и «пассивных» домов достаточно распространён. А вот в России глубоко укоренилось мнение, что в наших климатических условиях практическая реализация концепций «активного» и «пассивного» дома нереальна. Однако энергоэффективный индивидуальный жилой дом, о котором мы сегодня расскажем, в пух и прах разбивает этот устоявшийся стереотип.

Этот «активный» жилой дом построен на севере Московской области (СНТ «Талицкие берега»). Мы побывали в нём и убедились, что в наших широтах, даже в условиях суровых морозов или ледяного дождя, эксплуатация такого дома – это вовсе не миф, а впечатляющая реальность. Этот дом построил энтузиаст-первопроходец, профессор НИУ «МЭИ» Ильдар Айдарович Султангузин. Он пригласил нас в гости и подробно рассказал о том, как всё устроено и работает. Это двухэтажный дом площадью 200 м². Самая главная часть этого дома – подвал, святая святых всей системы. Он не просто напоминает научную лабораторию, но фактически ею и является. Аспиранты и студенты-дипломники НИУ «МЭИ» скрупулезно собирают и отработывают информацию о том, как функционирует все установленное оборудование, предлагают, что еще можно сделать, чтобы сделать этот дом еще более «активным».



Рисунок 1. Энергоэффективный индивидуальный жилой дом в Московской области

ПАССИВНЫЕ ЧЕРТЫ АКТИВНОГО ДОМА

При проектировании и строительстве этого здания использовалась концепция «пассивного» дома с максимальными параметрами утепления – теплозащиты (рис. 1), а все энергоснабжение осуществляется на базе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Для отопления и горячего водоснабжения не используется ни централизованное теплоснабжение, ни топливные котлы. Все источники энергии расположены на крыше дома или на участке. Это солнечные фотоэлектрические панели для выработки электроэнергии; накопители электроэнергии (в том числе батарея электромобиля); тепловой насос, использующий тепло грунта, и солнечные водоподогреватели (коллекторы) для отопления и горячего водоснабжения.

Вся система автоматизирована. Стоимость такого инженерного оборудования добавляет к стоимости самого дома около 10-15% и, по расчётам, такая система окупается примерно за семь лет. На самом деле срок окупаемости еще меньше, потому что за газификацию этого дома пришлось бы заплатить 220-400 тыс. руб. Для пилотного проекта это просто отлично. Когда таких домов станет много, за счет роста масштабов строительства срок окупаемости заметно снизится. Также очень важно, что в таком доме риски перебоев в энергоснабжении гораздо меньше.

Разберём подробнее, какие решения были использованы для достижения высокой энергоэффективности. Есть два критерия отнесения дома к разряду «пассивного». Во-первых, удельный расход тепловой энергии на отопление не должен превышать 15-40 кВт·ч/(м²·год), что в 4-10 раз меньше, чем базовый уровень для индивидуальных жилых зданий в климатических условиях средней полосы России – 133-150 кВт·ч/(м²·год). Во-вторых, общее потребление первичной энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроснабжение всего здания не должно превышать 120 кВт·ч/(м²·год) при базовом уровне для индивидуальных жилых зданий 256-270 кВт·ч/(м²·год).

Для достижения таких параметров необходимы:

1. Качественная тепловая изоляция (тепловая защита) наружных ограждающих конструкций зданий: стен, крыши (перекрытий над чердаком), полов по грунту или перекрытий над подвалом.
2. Минимизация (в идеале – полное отсутствие) «мостиков холода» в наружных ограждающих конструкциях.
3. Энергоэффективные окна с повышенным сопротивлением теплопередаче (не менее 1,05 м²·°C/Вт).
4. Механическая система вентиляции здания с высокоэффективными рекуператорами теплоты (т.е. с использованием тепла уходящего из здания воздуха для нагрева притока воздуха в здание).
5. Интеграция возобновляемых источников энергии в инженерные системы здания.

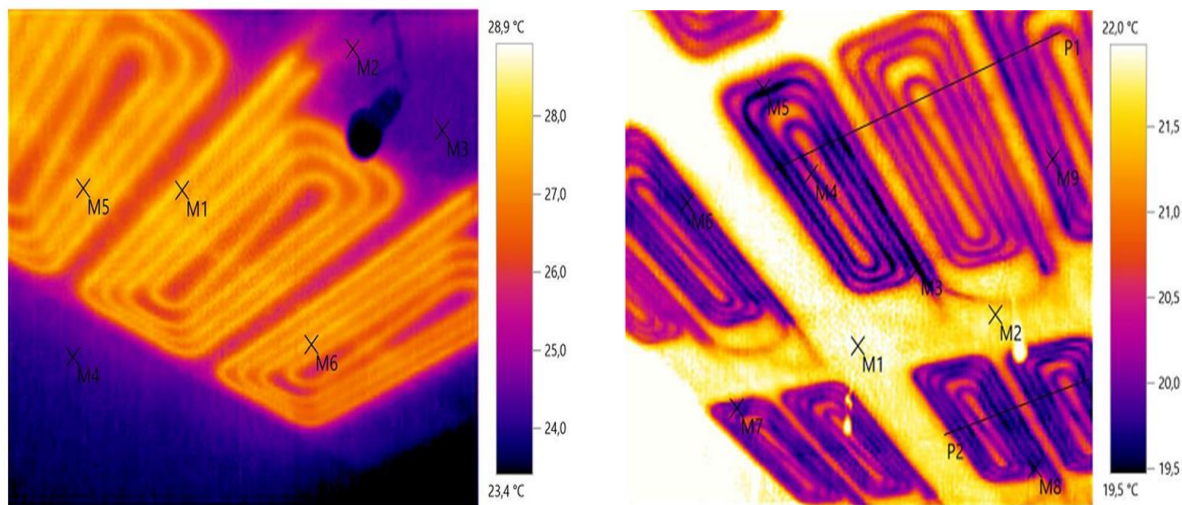
Высокие параметры теплозащиты стен достигнуты за счет ряда мер: использования газобетонных блоков «DRAUBER D500» плотностью 500 кг/м³ толщиной 300 мм и минеральной ваты ISOROC в качестве тепловой изоляции. Внутренний слой теплоизоляции плотностью 50 кг/м³ и толщиной 200 мм сверху закрыт еще одним слоем плотностью 80 кг/м³ и толщиной 50 мм. Между теплоизоляцией и фасадом из фиброцементных панелей имеется воздушный вентилируемый зазор 50 мм (рис. 2). Общая толщина тепловой изоляции фасада здания составила 618 мм с коэффициентом термического сопротивления наружных стен 10 м²·°C/Вт. Это более чем в 3 раза превышает нормативное значение термического сопротивления наружных стен для климатических условий средней полосы России – 2,8-3,1 м²·°C/Вт. Используются также энергоэффективные двухкамерные окна: профиль Deceunink EFORTE 84 со стеклопакетами STIS, теплосберегающими стеклами Guardian ClimaGuardN и мультифункциональными стеклами Pilkington SunCool 70/40 (рис. 2). В камерах толщиной 16 мм используется аргон 90%. Термическое сопротивление теплопередаче профиля окна – 1,05 м²·°C/Вт и стеклопакета – 1,67 м²·°C/Вт, что в 2–3 раза выше нормативного значения 0,45-0,5 м²·°C/Вт для климатических условий средней полосы России.

Для отопления используется система «теплый пол». Она установлена на первом этаже, а на втором – теплый (холодный) потолок (рис. 3). В летний период «теплый потолок» второго этажа становится «прохладным» и используется для охлаждения (кондиционирования) помещений. Механическая система приточно-вытяжной вентиляции позволяет использовать теплоту удаляемого воздуха для нагрева воздуха, поступающего извне (рис. 4). Для отопления и горячего

водоснабжения не используется ни централизованное теплоснабжение, ни топливо. Дом сам является электростанцией и вырабатывает больше электроэнергии, чем ему необходимо.



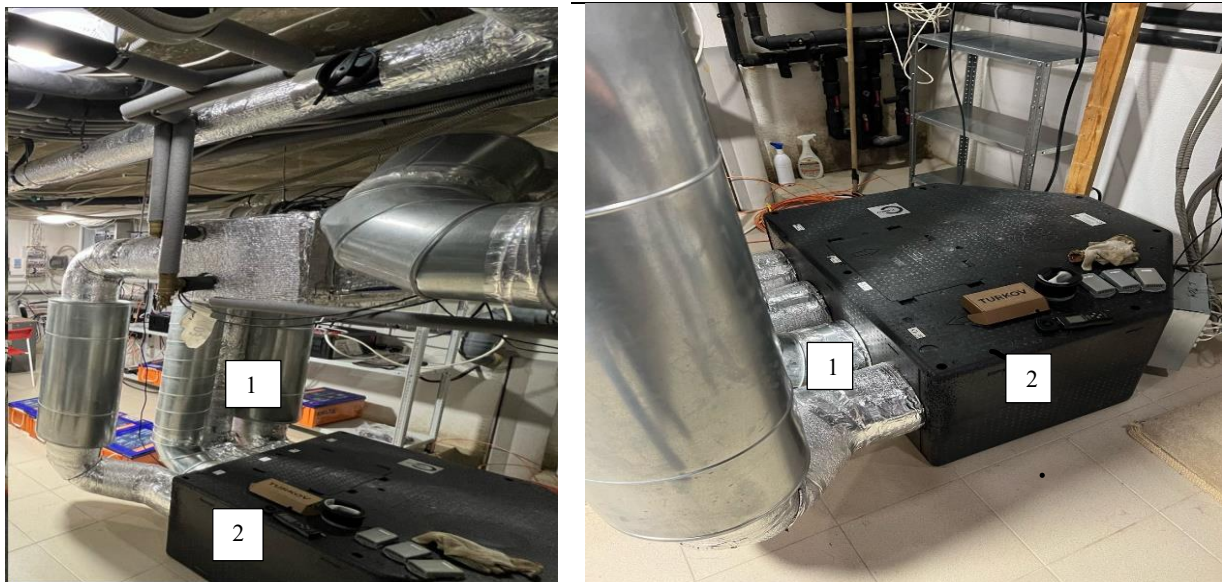
Рисунок 2. Тепловая изоляция наружных стен и энергоэффективный оконный профиль (этап строительства здания, май-ноябрь 2016 г.)



а) Режим нагрева. На термограмме видно, что в отопительный период (режим нагрева) температура теплоносителя (воды) в системе «теплый потолок» составляет 28-29 С, что обеспечивает температуру воздуха в помещении на уровне 22°С.

б) Режим охлаждения (кондиционирования). На термограмме показано, что в межотопительный период (режим охлаждения) температура теплоносителя в системе «холодный потолок» не превышает 20-20,5°С, что позволяет летом поддерживать температуру воздуха в помещении на уровне не более 23-24°С.

Рисунок 3. Система отопления «теплый пол» в помещении на 2-м этаже здания



1. Воздуховоды. 2. Блок с вентиляторами, фильтрами и рекуператором теплоты

Рисунок 4. Система приточно-вытяжной вентиляции с рекуператором теплоты

АКТИВНЫЕ ЧЕРТЫ ПАССИВНОГО ДОМА

Все энергоснабжение энергоэффективного дома осуществляется с помощью возобновляемых источников энергии, которые находятся либо на крыше, либо на участке. Солнечная фотоэлектрическая станция на базе солнечных панелей (установлены на крыше и на навесе над автомобилем) имеет суммарную мощность 22,14 кВт. Это втрое больше средних значений мощности солнечных панелей, устанавливаемых в индивидуальных домах в США. Для накопления электроэнергии используются аккумуляторные батареи. В качестве накопителя используется также батарея автомобиля. Помимо зарядной станции TOUCH, с помощью которой можно заряжать автомобиль, установлено специальное устройство, которое позволяет отдавать из батареи автомобиля энергию обратно в сеть дома. Дополнительный плюс - это позволяет сберечь ресурс батареи. Дом обеспечен прибором учета электроэнергии, который считает, как получение электроэнергии из сети, так и поставку ее в сеть.

Солнечные коллекторы (водоподогреватели) СК ЯSOLAR имеют площадь 32 м² и используются для нагрева воды (на отопление и горячее водоснабжение). Для сезонного аккумулирования тепловой энергии используется подземная емкость-аккумулятор нагретой воды. В отопительный период в качестве пикового источника теплоснабжения используется геотермальный тепловой насос «BUDERUS». Он включается в работу, когда температура в подземном аккумуляторе опускается ниже 22–24°С. В летний период используются грунтовые зонды без запуска компрессора теплового насоса для охлаждения (кондиционирования) помещений. Расположение этих возобновляемых источников энергии показано на рис. 5-7. Наблюдение и управление инженерными системами и возобновляемыми источниками энергии осуществляется в режиме «реального времени» с помощью специализированных систем мониторинга и диспетчеризации «ТеплоМОНИТОР» и «ПолиТЭР», установленных на компьютере, который является «центром управления полётами». Но если вас смущают технические сложности, то сразу стоит сказать, что жить в таком доме может не только профессор, понимающий все тонкости. Обслуживание хитрых систем такого дома можно заказать и получать удалённо.

Энергоэффективная тепловая изоляция и энергоэффективные окна позволили достичь очень низкого потребления электроэнергии на отопление и горячее водоснабжение в 2021 году – всего 7504 кВт·ч, или 37,5 кВт·ч/м². Использование возобновляемых источников энергии (солнечных фотоэлектрических панелей и коллекторов для нагрева горячей воды, подземного аккумулятора и теплового насоса) позволило в 2023 году сократить потребление энергии еще на 60% – до 3050 кВт·ч, или до фантастически низких 15,3 кВт·ч/м². Это в 10 раз меньше, чем в обычном доме. В 2023 году часть выработанной электроэнергии расходовалась на зарядку автомобиля. Но даже

при этом дом вырабатывает намного больше электроэнергии, чем ему нужно, а избыток электроэнергии поставляет в наружные электрические сети СНТ «Галицкие берега» (рис. 8 и 9), принося владельцу дополнительный доход согласно положениям закона о микрогенерации.



1. Солнечные фотоэлектрические панели. 2. Солнечные коллекторы для нагрева воды. 3. Подземный аккумулятор для хранения горячей воды. 4. Дождевой колодец для заливки талой воды в аккумулятор и дренажный колодец

Рисунок 5. Расположение возобновляемых источников энергии



а) этап строительства подземного аккумулятора для хранения горячей воды и солнечных коллекторов (май-октябрь 2021 года)



Рисунок 6. Солнечные коллекторы СК ЯSOLAR с подземным аккумулятором горячей воды



Рисунок 7. Тепловой насос «BUDERUS»



а) этап строительства навеса с солнечными фотоэлектрическими панелями для электромобиля (июнь-сентябрь 2022 года)



б) этап эксплуатации навеса с солнечными фотоэлектрическими панелями (февраль 2024 года)

Рисунок 8. Солнечные фотоэлектрические панели на навесе для электромобиля и зарядной станции

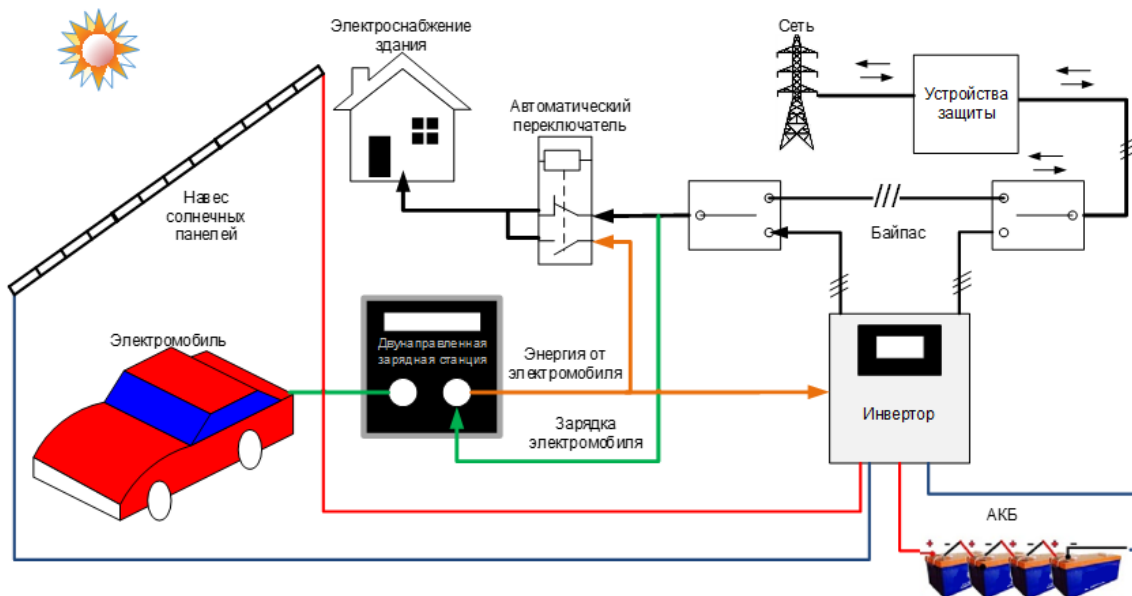
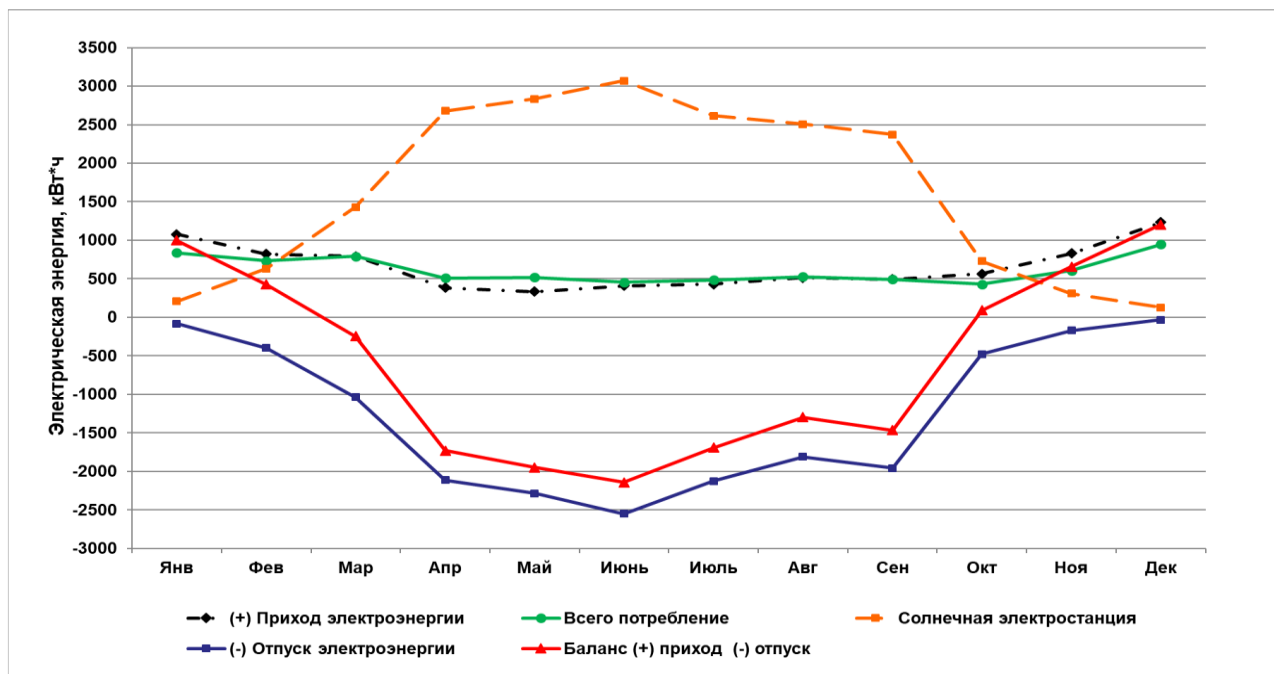


Рисунок 9. Схемное решение по выдаче электроэнергии от ВИЭ на зарядку электромобиля и в наружные электрические сети СНТ «Талицкие берега»

В 2023 году общее потребление электроэнергии электромобилем и энергоэффективным индивидуальным жилым домом составило 7,3 тыс. кВт·ч. Выработка электроэнергии солнечной фотоэлектрической станцией составила 19,5 тыс. кВт·ч. Отпуск электроэнергии в наружные электрические сети СНТ «Талицкие берега» – 15,0 тыс. кВт·ч, а поступление электроэнергии из наружных электрических сетей – 7,9 тыс. кВт·ч. Таким образом, чистый отпуск электроэнергии этим зданием в сеть составил за год 7,1 тыс. кВт·ч, и поэтому такой дом называется «активным», или «энергия+». Жители таких домов называются просьюмерами. Это комбинация слов producer (производитель) и consumer (потребитель). Фактический баланс электроэнергии этого жилого дома за 2023 год с распределением по месяцам показан на рис. 10.



На графике видно, что с марта по октябрь инженерные системы здания и электромобиль полностью обеспечиваются электроэнергией за счет работы солнечной электростанции (фотоэлектрические панели). При этом с февраля по ноябрь происходит отпуск электроэнергии в наружные электрические сети СНТ «Талицкие берега» (линии «(-) Отпуск электроэнергии» и «Баланс (+) приход (-) отпуск» становятся меньше нуля).

Рисунок 10. Фактический баланс электроэнергии энергоэффективного индивидуального жилого дома за 2023 год

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

По оценкам хозяина дома, профессора НИУ «МЭИ» Ильдара Айдаровича Султангузина, в 2023 году:

- **общая экономия энергии энергоэффективным индивидуальным жилым домом составила 35 тыс. кВт·ч;**
- **дом-электростанция отпустил в общую электрическую сеть более 7 тысяч кВт·ч (за вычетом собственного потребления);**
- **суммарное сокращение выбросов парниковых газов составило 15 тСО₂/год;**
- **удельный расход электроэнергии на отопление и горячее водоснабжение составил 15,3 кВт·ч/м², что практически соответствует критерию для «пассивного» дома.**

КАК ИЗ МАЛОГО МОЖЕТ ПОЛУЧИТЬСЯ БОЛЬШОЕ

Если тиражировать этот опыт «активного» дома на все индивидуальные жилые здания Московской области (которых, по данным статистики, более 668 тысяч), то максимально-возможный потенциал экономии энергии составит 23 млрд кВт·ч, а снижения выбросов парниковых газов – 10 млн тСО₂/год. Экстраполируя эти расчеты на все индивидуальные жилые здания России (почти 19 миллионов), получим максимально возможный потенциал экономии электрической энергии 663 млрд кВт·ч, а снижения выбросов парниковых газов – 285 млн тСО₂/год. Для сравнения: выбросы парниковых газов в Германии в 2023 году составили 675 млн тСО₂. Конечно, это очень грубая и упрощенная оценка, но она показывает, как из малого может родиться большое.

Описанный проект реализован энтузиастами без какой-либо господдержки. Но для того, чтобы этот опыт тиражировать, на первых порах господдержка нужна. Вот, например, для стимулирования развития электромобильности предоставляются субсидии в размере 925 тыс. руб./электромобиль. Если бы была разработана федеральная программа «*Строим дом будущего*» и в ее рамках предоставлялись субсидии на строительство «активных» и «пассивных» зданий в размере 1-3 млн руб. на дом, то дело бы пошло, и дома будущего стали бы не единичными потрясающими воображение примерами, а обычной практикой. При этом меры господдержки для строительства «активных» домов позволили бы устранить проблему дефицита электрической мощности, которая остро стоит в ряде регионов нашей страны, и способствовали бы достижению углеродной нейтральности, как того требует Климатическая Доктрина России.

И.А. Башмаков, В.И. Башмаков и К.Б. Борисов