



А. Е. Елохов
директор ООО «Институт
пассивного дома»

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ В ГЕРМАНИИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ AKTIV-STADTHAUS С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ

Статья посвящается памяти моего первого учителя и наставника в изучении базовых знаний по проектированию энергоэффективных и экоустойчивых зданий профессора Манфреда Хеггера. Он прожил яркую творческую жизнь, которую посвятил развитию и воплощению в жизнь устойчивого строительства будущего.

Компании «Институт пассивного дома» и «Национальное агентство устойчивого строительства» за несколько лет провели 9 образовательных туров в Германию, посвященных теме «Пассивный дом: миф

или реальность?». В рамках туров команда профессора Манфреда Хеггера представляла нам проекты — победители международных конкурсов Solar Decathlon 2007 и 2009 гг. — здания с положительным балансом, т. е. вырабатывающие больше энергии, чем необходимая потребность на отопление, охлаждение, ГВС, электрической энергии на бытовые нужды, освещение и работу инженерного оборудования.

В 2015 г. под сопровождением команды профессора М. Хеггера (архитектурный проект NNS Planer + Architekten AG) было закончено

строительство проекта многоквартирного жилого дома с положительным энергобалансом Aktiv-StadtHaus в центре г. Франкфурт-на-Майне (Германия).

Заказчиком и застройщиком объекта являлось городское предприятие ABG FRANKFURT HOLDING, которое занимается строительством и управлением жилым фондом Франкфурта-на-Майне. Планировалось создать здание, которое не только будет соответствовать последним тенденциям в области энергоэффективности и энергосбережения, но и станет доступным

2

• СПРАВКА •



ПРОФЕССОР ХЕГГЕР



Манфред Хеггер родился в 1946 г. Он изучал архитектуру в 1967–76 гг. в Штуттгартском университете, инженерное дело — в Техническом университете Берлина, планирование строительства — в Лондонском университете. С 2001 г. профессор Хеггер возглавлял кафедру «Эскизное проектирование и энергоэффективное строительство» в Дармштадтском техническом университете. С 2001 г. Хеггер являлся одним из основателей архитектурного бюро NNS Planer + Architekten, цель которого — комплексное проектирование с применением принципов устойчивого строительства, разработка и внедрение инновационных решений в энергоэффективных проектах жилых и общественных зданиях. С 2010 по 2013 гг. — Президент зеленого стандарта DGNB.

29 июня 2016 г. профессора Хеггера не стало.



ЮЖНЫЙ ФАСАД ЗДАНИЯ

обычным людям, так как квартиры должны сдаваться в аренду, а потому быть не слишком дорогими.

Строительные работы велись с конца 2013 по август 2015 года. Застройщику достался не слишком удобный земельный участок. Здание пришлось строить длинное и узкое: длина 160 м, а ширина всего лишь 9 м. По этой причине было принято решение придать фасаду волнообразность, чтобы снять ощущение слишком длинного здания и увеличить арендную площадь.

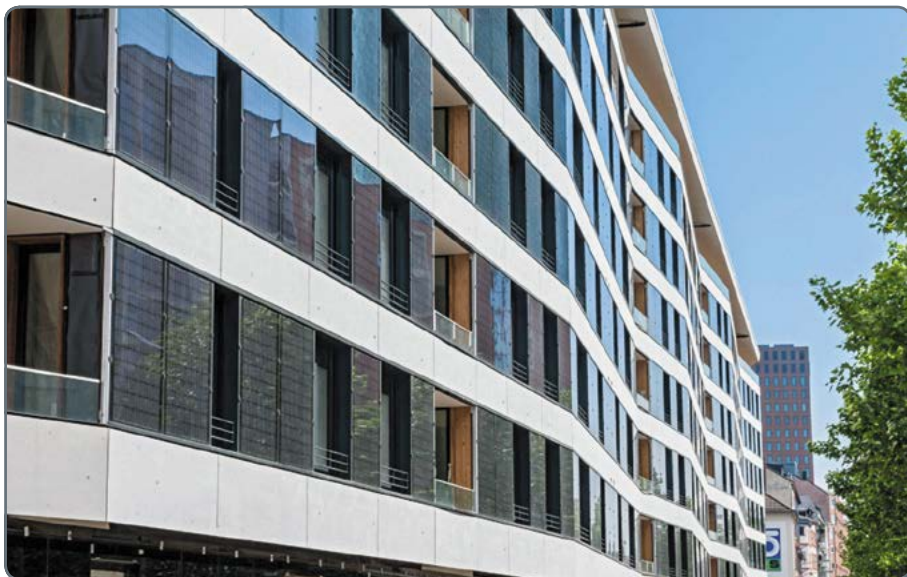
Площадь земельного участка 1230 м², и практически весь он был занят зданием, общая площадь которого составляет 10713 м². Примерно 60% — это квартиры. Коэффициент компактности — 0,34, что является не самым лучшим показателем, но виной тому конфигурация земельного участка.

Главный фасад дома — южный. На наружных стенах расположены фотогальванические элементы. Начиная со второго этажа есть небольшой вынос наружу, а на него накладываются «волны». В итоге создается дополнительная площадь, которая может стать арендной. 30% площади фасадов занимают окна.

Здание имеет гибридную конструкцию. Каркас дома — перекрытия и колонны выполнены из монолитного железобетона. На фасады закреплялись наружные стеновые деревянные панели заводского изготовления с заполнением эффективной теплоизоляцией (наружная облицовка наружных панелей была выполнена белыми облицовочными плитами из этернита или фотогальваническими элементами). Стеновые наружные панели приходили на строительную площадку с уже вмонтированными в них окнами размером 3 × 12 м. Также был предусмотрен алюминиевый крепеж для монтажа фотогальванических элементов. Они монтировались непосредственно на строительной площадке.

На южном фасаде толщина стены — 55 см, на северном — 47 см. На южном фасаде стены толще, так как там расположены фотогальванические элементы и за ними нужно было предусмотреть вентилируемое пространство, чтобы система могла охлаждаться.

В здании 4 подъезда и, соответственно, 4 входных группы, 4 лифта, 74 квартиры из 2, 3 и 4 комнат. Самая маленькая квартира — 55 м², самая большая — 132 м². Также имеются два



■ ПРИМЕР ВОЛНООБРАЗНОСТИ НА ЮЖНОМ ФАСАДЕ ■

офисно-торговых помещения (парикмахерская и офис).

В проекте преследовалась политическая цель: с 2020 г. каждый строящийся дом должен производить больше энергии, чем потребляет. Данный пример показывает, что в центре города можно построить здание, которое с помощью альтернативных источников тепла будет не только покрывать все свои потребности, но и перекрывать их. Так, 300 тыс. МВт·ч в год производится с помощью фотогальванических панелей, этого хватает для того, чтобы

дать потребителям достаточное количество энергии. Но в здании производятся даже их избытки, которые используются для электромобилей. Есть и определенные сложности. Во-первых, электрическая энергия производится днем, когда светит солнце, а потребляют электрическую энергию в основном утром и вечером, когда люди приходят с работы. То есть большая часть электроэнергии производится тогда, когда она нужна в меньшей степени. Поэтому электрический ток, который производится в дневное время,



■ ЭТАП МОНТАЖА НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАНЕЛЕЙ ■



ПРИМЕР ПЛАНИРОВКИ 2-ГО ЭТАЖА

можно продавать в сеть. А для того чтобы делать это не сразу, предусмотрена система аккумуляторных батарей. У каждого жильца в приложении к договору аренды есть определенный подарок, дословно «бюджет на электрическую энергию» — это определенное количество кВт·ч,

которое жилец получает бесплатно. Например, владелец двухкомнатной квартиры площадью 55 м² в год имеет 1800 кВт·ч в качестве бонуса. Изначально заказчик хотел, чтобы жильцами потреблялась электроэнергия, которая вырабатывается в здании. Но это незаконно, так



ВИД НА ЗДАНИЕ СВЕРХУ СО СТОРОНЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ФАСАДА



как градостроительное предприятие не может продавать электроэнергию своим жильцам, иначе это уже будет энергетический концерн. В Германии есть законодательная возможность выбирать поставщика энергии. Заказчик заключает договор с поставщиком на передачу сгенерированной электрической энергии, а у жильцов есть договор о том, что они получают определенный бонус, если выбирают его в качестве поставщика. Владельцы квартир, конечно же, соглашаются принять такой подарок. Благодаря этому бонусу жильцы выбирают электроэнергию, которая производится этим зданием. Если кто-то расходует электричества больше, чем ему выделено бесплатно, то он платит по рабочему тарифу, в данном случае это 24 евроцента за 1 кВт·ч. Все излишки, которые вырабатывает здание, заказчик продает поставщику энергии, т.е. образуется кооперация.

Поскольку заказчик — городское предприятие, то им преследуются цели, отличные от частного застройщика. Он получает определенный городской социальный заказ, например: на выделенной территории обеспечить необходимое количество недорогой жилплощади. Его задача — построить определенное количество квартир, которое можно было бы сдавать в аренду.

Например, за упоминавшуюся уже двухкомнатную квартиру площадью 55 м² так называемая теплая аренда составляет 894 евро в месяц, т.е. около 15,5 евро за 1 м². «Теплая аренда» — это цена аренды с отоплением и горячей водой. В данном здании установлен определенный лимит по отоплению и горячей воде в зависимости от площади квартиры, который учтен в «теплой аренде». Если жильцы будут потреблять больше, то оплата будет осуществляться по более высокому тарифу.

В проекте, который мы рассматриваем, застройщик хотел показать, что даже в непростых условиях можно создать недорогое здание, где будут сдаваться квартиры по невысокой арендной стоимости, но при этом отличаться высоким качеством. Затраты на строительство вместе с проектированием и земельным участком составили всего 24 млн евро. В здании выполнена чистовая отделка, установлена вся бытовая техника. Застройщик получил под этот проект определенные субсидии на федеральном уровне и определенные спонсорские деньги, так как проект являлся

пилотным. Предположительно, это составило около 30% от всех затрат на строительство.

Интересно решены трехкомнатные квартиры: они выходят на южный и северный фасады. На северном фасаде расположены балконы площадью 12 м². С южной стороны — гостиная и кабинет, с северной — спальня. С южной стороны достаточно интенсивное движение, поэтому бывает довольно шумно. Этот факт учитывался при проектировании. Для защиты от шума применялись деревянные окна с сертификатом пассивного дома (двухкамерные стеклопакеты с двумя низкоэмиссионными покрытиями и заполнением межстекольного пространства инертным газом). Коэффициент теплопередачи окон $U = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ или сопротивление теплопередаче $R = 1,25 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

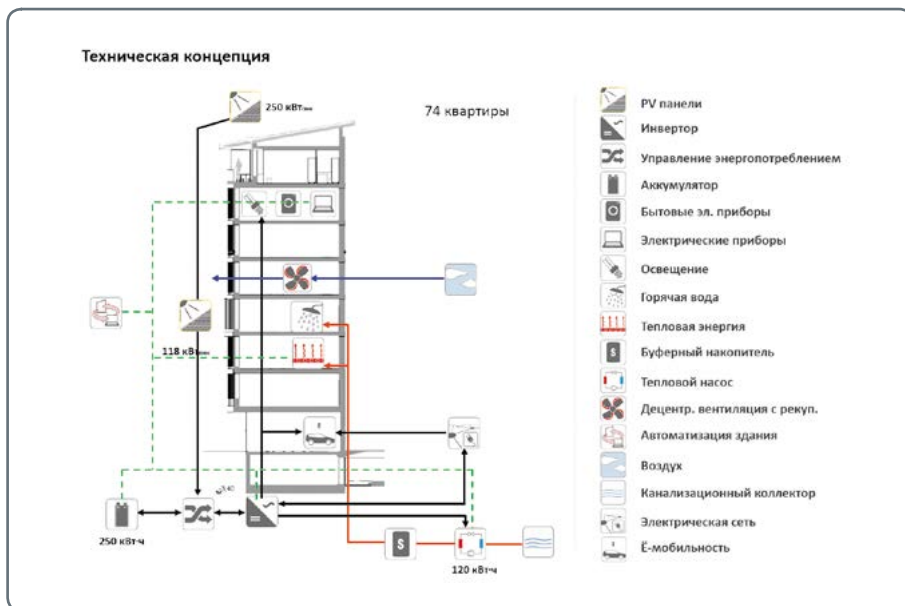
В двухкомнатных квартирах ориентация только на южную сторону, у них есть интегрированные на всю длину балконы. По торцам здания расположены четырехкомнатные квартиры.

Арендная плата за жилье составляет 15–16 евро за 1 м², что очень выгодно для центра города.

В проекте не предусмотрена система кондиционирования. Есть механическая система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла для каждой квартиры и наружная солнцезащита на южном и на северном фасадах — это достаточная альтернатива системе кондиционирования. Система солнцезащиты выполнена на всех окнах. Она защищает не только от солнца, но и от взглядов жильцов соседнего дома, а также позволяет закрывать наглухо окна в спальнях для комфортного сна.

Система вентиляции в квартире устроена по классическому принципу пассивного дома. Во все жилые помещения подается приточный воздух, в коридорах осуществляется переток, во влажных помещениях (кухни, санузлы) — вытяжка.

Расчетное значение удельного расхода тепловой энергии на отопление составляет 18 кВт·ч/м² в год — это практически стандарт пассивного дома. Потребности в тепловой энергии на отопление и ГВС здание способно покрывать самостоятельно, так как генерирует больше энергии, чем потребляет. Этому способствует один тепловой насос типа вода-вода COMBITHERM (Германия) с термической мощностью 120 кВт, который



ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЗДАНИЯ

размещен в техническом подвальном помещении. Источником тепла для него служит расположенный на прилегающей улице канализационный коллектор, с достаточной скоростью потока и средней температурой 17°C. В канале используется специальный канализационный теплообменник, который уложен в канализационном коллекторе на участке длиной 55 пог. м. Вода от теплового насоса на контур канализационного теплообменника уходит при температуре от 7 до 17°C и возвращается с температурой от 10 до 20°C. Практически разница по температуре составляет около 3°C, тем не менее этого достаточно для успешной работы

теплового насоса. Также есть три емкостных теплонакопителя объемом 5 тыс. л каждый.

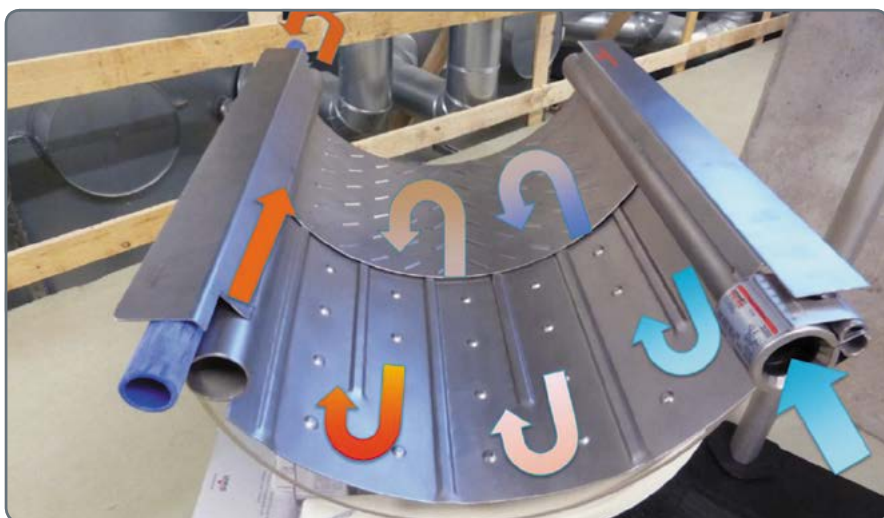
Всего в здании две распределительные сети: одна низкотемпературная — на отопление с помощью теплых полов (35°C), вторая — высокотемпературная — на ГВС (55°C). Два бака на 10 тыс. л для ГВС и 1 бак — на 5 тыс. л для системы теплых полов. Тепловой насос нагревает горячую воду до 55°C в двух буферных емкостях, в каждой квартире есть проточный водонагреватель, который догревает воду, если это необходимо. Температура 55°C в двух буферных емкостях выбрана потому, что она наиболее эффективна для работы

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

Показатели	Величины	Ед. изм.
Длина участка застройки	160	м
Ширина участка застройки	9	м
Количество этажей	8	—
Площадь участка застройки	1230	м ²
Площадь крыши	1500	м ²
Общая площадь здания (BGF)	10 713	м ²
Площадь квартир (WF)	6418	м ²
Полезная площадь (NF)	7586	м ²
Отапливаемая площадь (AN)	889	м ²
Объем здания по наружному контуру (BRI)	31 217	м ²
A/V соотношение	0,34	—
Доля площади окон	29,8	%



ТЕПЛОВОЙ НАСОС ВОДА-ВОДА COMBITHERM С ТЕРМИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 120 КВТ



ОБРАЗЕЦ КАНАЛИЗАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА



БАЛКОН НА ЮЖНОМ ФАСАДЕ

теплового насоса. В каждой квартире установлен проточный электрический водонагреватель, который при необходимости нагревает горячую воду до 60 °С. Никакого риска образования легионелл нет, так как критическая температура для их активного размножения составляет от 25 до 35 °С. Риск их образования полностью исключен и благодаря проточному водонагревателю. Циркуляция в системе ГВС стандартная.

Тепловой насос и все здание в качестве первичной энергии потребляет только электричество. Электроэнергия, которая вырабатывается от фотогальванических панелей, используется для работы теплового насоса. В случае выхода из строя теплового насоса в качестве резерва применяется конденсационный газовый котел мощностью 142 кВт — это система аварийного обеспечения. Мощности теплового насоса в 120 кВт хватает, так как есть три теплоаккумулятора общим объемом 15 тыс. л. Тепло, которое снимается с канализационного теплообменника длиной 55 пог. м, составляет 95 кВт. Средний коэффициент преобразования теплового насоса COP составляет 3,2 — это является очень хорошим показателем. Все трубопроводы имеют мощную теплоизоляцию.

Благодаря емкостным накопителям максимально эффективно используется электрическая энергия, которая вырабатывается фотогальваническими панелями в течение дня. Также есть возможность разнести время производства и потребления тепловой энергии на несколько часов.

В подвальном помещении расположены счетчики электрической энергии каждой квартиры. Жильцы получают информацию по ее потреблению через айпады, размещенные в квартирах. В подвале находится серверная, где хранятся все данные. Отдельное помещение предназначено для аккумуляторных батарей, выполненных по литий-железо-фосфатной технологии. Они могут аккумулировать 250 кВт·ч. Благодаря этим аккумуляторам здание использует 51 % произведенной энергии. Аккумуляторные батареи предназначены для того, чтобы разнести во времени производство и потребление электроэнергии и снять пиковую нагрузку. В помещении аккумуляторной стоит кондиционер. Тепло, которое выделяется от аккумуляторов, тоже используется: оно уходит на тепловой насос.

Аккумуляторные батареи объекта Aktiv-StadtHaus могут обеспечить ≈ 160 кВт·ч. Этого хватает для работы:

- 50 телевизоров — по 3 часа;
 - 74 холодильников — по 6 часов;
 - 20 посудомоечных машин (со стандартным режимом мойки);
 - 20 ноутбуков — по 2 часа;
 - 10 стиральных машин (со стандартным режимом мойки);
 - 20 электрических конфорок — по 30 минут;
- для зарядки 4 электромобилей — по 2,5 часа работы каждого.

В торцах последнего этажа здания расположены четырехкомнатные квартиры, арендная плата которых составляет 2200 евро в месяц, примерно 17 евро за 1 м². Это несколько дороже остальных квартир, но вид, который открывается из них на реку Майн и на центр города, того стоит. Еще одним плюсом всех квартир является комплектация их энергоэффективной бытовой техникой класса A++ фирмы Miele: кухонная бытовая техника (индукционная плита, электрическая духовка, посудомоечная машина, вытяжка с рециркуляцией воздуха), холодильник, сушильная и стиральная машины.

Каждая квартира оснащена отдельной вентустановкой фирмы Paul с сертификатом пассивного дома, которая снабжена пультом управления системой вентиляции. Вентустановка расположена в туалете. Она настроена на 3 режима и может работать как приточно-вытяжная система с высокоэффективной рекуперацией тепла или как приточная система, когда требуется много свежего воздуха. Совсем выключить вентустановку нельзя, она работает постоянно, при необходимости можно перевести ее на минимальный уровень.

В каждой квартире есть айпад, установленный таким образом, что его нельзя снять (он на замке). Его невозможно использовать в частных целях, он настроен на работу только по назначению. Единственное приложение на нем будет всегда включено. На айпад выводится несколько показателей. Например, «Солнечный электрический ток» показывает, сколько времени жители смогут пользоваться электрической энергией напрямую от солнца, пока не набегут облака или не зайдет солнце и т. д. Но главная цель — показать арендатору, на каком уровне у него находится потребление тепловой и электрической энергии. На экран выводится



■ МЕНЮ АЙПАДА ■

показатель потребления в процентах от начала расчетного периода (его «подарочного» бюджета), а также укрупненные графики годового и недельного потребления с детализацией по каждому бытовому прибору (стиральная машина, посудомоечная машина, холодильник, вентустановка и т. д.). Если расход энергии слишком большой, то владелец может задуматься о том, что он делает не так, и соответственно скорректировать свой образ жизни. Аналогично — и для тепловой энергии. Но тут есть разделение на отопление и горячую воду. Дополнительно имеется система анонимного ранжирования, т. е. каждый жилец может посмотреть, много или мало относительно других жильцов этого дома он потребляет электрической энергии и на каком месте он находится. Температура теплых полов регулируется в каждой комнате вручную с помощью поворотного регулятора.

В доме установлены эффективные лифты с возвратом энергии. Стройщик предусмотрел в каждом подъезде на первом этаже помещения для хранения велосипедов. Также есть возможность хранить велосипед в подвале.

Один из гаражей в здании работает по системе каршеринг (carsharing — дословно переводится как «поделиться автомобилем»). В каждом гараже — три места для электромобилей и одно — для жильцов с ограниченными возможностями. В гараже заправляются только автомобили системы каршеринг. Жители могут авторизоваться в системе и использовать эти автомобили для проката. Продолжительность заправки



зависит от автомобиля. В данном гараже будут использоваться совсем маленькие автомобили Volkswagen App. Есть разные режимы зарядки: режим быстрой зарядки длится около 90 минут, режим нормальной зарядки — около 4 часов. Система зарядки все делает автоматически, нужно только подключить к нему электроавтомобиль. Полной зарядки будет хватать примерно на 130 км.

Представленный проект многоквартирного жилого дома наглядно демонстрирует возможности внедрения современных достижений науки и техники для перехода на более рациональный подход к проектированию, строительству, эксплуатации и утилизации. Обычно строительный сектор обладает довольно большой инерцией и внедрение чего-то нового происходит довольно медленно. Например, в развитии автомобилестроения последние 20 лет наблюдался значительный прогресс. Такой же прогресс должен быть и в строительном секторе. Энергоэффективный дом во Франкфурте-на-Майне наглядно демонстрирует, каким должно быть здание ближайшего будущего. Такие дома должны быть выполнены по стандарту пассивного дома и дополнительно покрывать собственные потребности в энергии, а в идеале даже генерировать энергии больше, чем необходимые потребности. ●

Автор благодарит коллег профессора М. Хеггера и сотрудников компаний AktivPlus e. V. и HNS Planer + Architekten AG за информацию, предоставленную для написания статьи