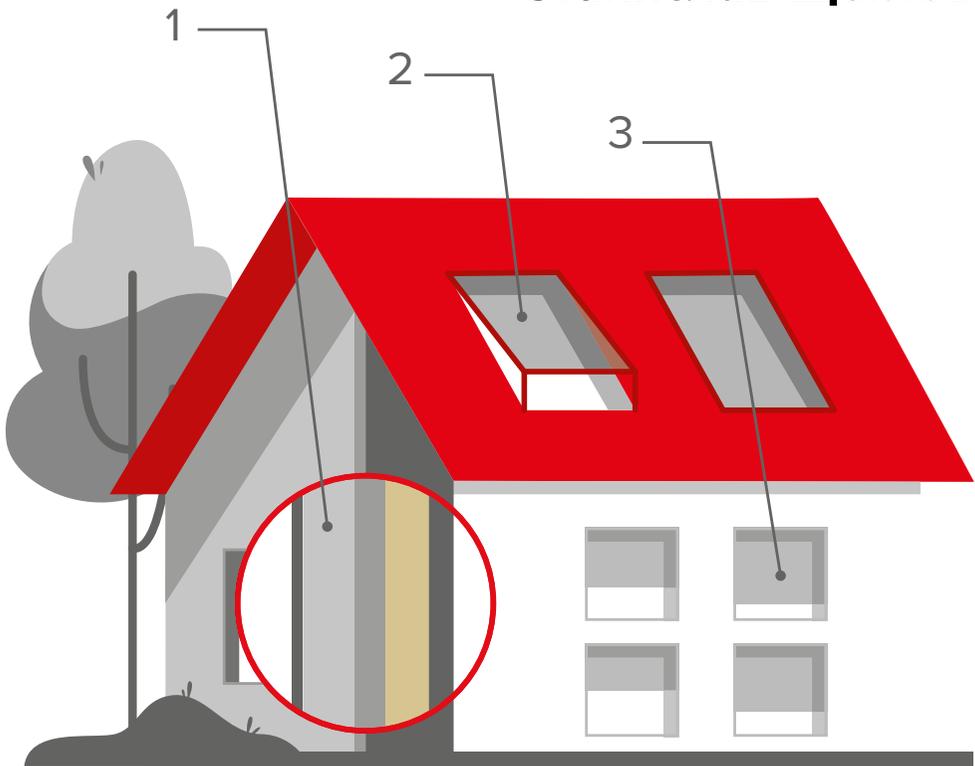


ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГО- ЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ

Станислав Щеглов



УДК 696/697:620.9
ББК 38.711+65.441.353
Щ33

Щеглов, С.

Щ33 Основы проектирования энергоэффективного здания / С. Щеглов. – М. : ООО «ТехноНИКОЛЬ Строительные Системы», 2021. – 114 с.

ISBN 978-5-9905638-5-8

В книге рассмотрены принципы проектирования и строительства энергоэффективных зданий. Выполнена сравнительная оценка влияния различных каналов потерь тепловой энергии на энергопотребление здания, а также возможные методы их оптимизации. Проведен сравнительный анализ эффективности использования различных энергосберегающих мер с точки зрения эффективности их применения.

Книга будет полезна специалистам строительных компаний и проектных организаций, студентам, обучающимся по направлениям «Строительство» и «Архитектура», аспирантам.

УДК 696/697:620.9
ББК 38.711+65.441.353

ISBN 978-5-9905638-5-8 ООО «ТехноНИКОЛЬ Строительные Системы», 2021

Содержание

1. Для чего необходимо улучшать тепловую защиту отапливаемых зданий? Мода это или необходимость?	4
2. Энергоэффективность и энергосбережение. Тождественны ли данные понятия?	7
3. Принципы проектирования и строительства энергоэффективного здания	13
4. Тепловой баланс здания	29
5. Виды и доли тепловых потерь в здании	35
6. Повышение тепловой защиты наружной оболочки здания	44
7. Выбор уровня теплозащиты светопрозрачных конструкций	51
8. Насколько оправданно применение терморазъемов (прерывание мостиков холода)	53
9. Однослойная или многослойная конструкция. Достоинства и недостатки	55
10. Насколько необходимо утеплять различные виды наружных ограждающих строительных конструкций	62
11. Оптимизация потерь тепла, связанных с необходимостью обеспечения кратности воздухообмена и инфильтрацией наружного воздуха	69
12. Обоснование выбранного подхода	72
13. Использование возобновляемых источников энергии в энергоэффективных зданиях	77
14. Стоит немного подождать, и зеленая энергетика станет намного дешевле традиционной	81
15. И все же... Тем, кто воспользуется благами зеленой энергетике, жить станет легко и просто	83
16. Окупаемость инвестиций, направленных на повышение энергосбережения отапливаемых зданий	83
17. Выбор источника теплоснабжения с точки зрения энергоэффективности	88
18. Как упростить решение задачи по проектированию энергоэффективного здания	95
19. Насколько сложен расчет энергопаспорта здания	101
20. Заключительные положения	103
Приложение	104

1. Для чего необходимо улучшать тепловую защиту отапливаемых зданий? Мода это или необходимость?

Тема энергосбережения и повышения энергетической эффективности отапливаемых зданий с каждым годом становится все более актуальной. В разных странах причины процесса могут различаться, но можно выделить две наиболее важные.

1. Политическая — энергетическая безопасность страны. В этой ситуации наблюдается дефицит энергоресурсов, который создает определенные риски для развития страны.
2. Экономическая — энергоемкость ВВП страны. В этой ситуации дефицита энергоресурсов нет, однако эффективность их использования находится на относительно низком уровне, что сказывается на энергоемкости производства промышленных товаров и услуг. Энергоемкость оказывает прямое влияние на себестоимость про-



Рис. 1

1. Для чего необходимо улучшать тепловую защиту отапливаемых зданий?
Мода это или необходимость?

изводства, а это, в свою очередь, на конкурентоспособность экономики. Иными словами, проблем с наличием энергии нет, но энергетические затраты на производство продукции не позволяют стране обеспечить устойчивый спрос на продукцию как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

В любом случае, какова бы ни была причина, энергосбережение в современном мире становится задачей государственного масштаба. Страны вынуждены искать возможности сокращения потребления энергии, для того чтобы обеспечить больший ее запас. Ведь один из законов экономики гласит: чем меньше спрос, чем больше запас определенного товара или ресурса, тем меньше будут затраты на доступ к данному виду ресурса. Каким образом можно увеличить запасы? Либо производить новые единицы продукции, открывать новые месторождения, либо сократить потребление уже имеющихся запасов. Однако нельзя просто так, не предпринимая никаких дополнительных усилий, взять и сократить физическое потребление энергии, поскольку это окажет негативный эффект на темпы развития экономики страны, снизит эффективность промышленного производства, скажется на безопасности и качестве проживания людей в зданиях. Как же решить эту непростую задачу? Ответ напрашивается: надо повышать энергоэффективность. При успешном развитии энергоэффективности в стране выгодоприобретателями будут являться практически все — от государства до конечного потребителя. Следует четко разделять: выгода у каждого будет своя, можно сказать, уникальная: от снижения энергоемкости ВВП и повышения экспортного товарооборота (государство) до снижения затрат на производство различных товаров и услуг (промышленность), вплоть до снижения темпов роста затрат на услуги ЖКХ (население).

По этой причине говорить о том, что тема повышения энергоэффективности всего лишь модный тренд, больше не приходится. Это вынужденная необходимость. Повышение энергоэффективности жизненно важно для обеспечения устойчивого развития как государства, так и промышленности, бизнеса и населения. В известной многим с детства книге Льюиса Кэрролла «Алиса в Зазеркалье» диалог между Алисой и Черной Королевой хорошо описывает одно из необходимых условий движения вперед:

— В нашей стране, — с трудом проговорила Алиса, все еще задыхаясь, — если куда-то кто-то бежит, да еще с такой скоростью и так долго, то обязательно куда-нибудь да прибежит.

— *Какая медленная у тебя страна, — фыркнула Королева. — Здесь приходится бежать что есть мочи только для того, чтобы оставаться на месте, а уж если хочешь куда-нибудь передвинуться, придется бежать по меньшей мере вдвое быстрее.*

Знаменитая на весь мир книга была написана в конце XIX века! С тех пор темпы жизненного развития в мире многократно возросли. Аналогия и выводы очевидны.



Рис. 2

2. Энергоэффективность и энергосбережение. Тожественны ли данные понятия?

Многим жителям нашей страны хорошо знакомы призывы государства экономить энергоресурсы, которые были широко распространены в советское время. Возможно, вы помните плакаты с надписями «уходя, гасите свет», «выключайте электроприборы», «экономьте электроэнергию» и многими другими.

Собственно, это и были элементы первой фазы развития системы сбережения энергетических ресурсов в нашей стране. На этой стадии необходимо было обращать внимание населения на важность задачи формирования и развития у потребителей естественной привычки к экономии и сбережению. В этом случае экономия достигается за счет осознанного бережливого отношения к энергии, ограничения ее потребления.

Однако высокого уровня энергосбережения таким образом не достичь. Дальнейшее развитие системы энергосбережения требует определенных денежных затрат, инвестиций. Тут начинается второй этап, в рамках которого требуется сокращение теплотребления за счет снижения потерь тепла через оболочку здания: утепления наружных ограждающих конструкций, замены окон на более энергоэффективные. Целевые характеристики строительных конструкций устанавливаются в зависимости от категории здания. В случае массового домостроения (жилые многоквартирные здания, общественные здания, здания бытового и производственного назначения) требования устанавливаются в национальных нормативных документах, посвященных теме энергосбережения. В Российской Федерации его роль выполняет свод правил «Тепловая защита зданий» СП 50.13330. Нормы, указанные в этом документе, должны выполняться безоговорочно, их исполнение контролируется соответствующими органами. На этапе проектирования здания контроль осуществляется органами государственной и негосударственной экспертизы. При невыполнении требований к энергосбережению проект возвращается на доработку. После окончания строительства соответствие фактических показателей энергосбережения проектным осуществляется органами государственного строительного надзора. Здание не получит разрешение на ввод в эксплуатацию при обнаружении несоответствий фактических значений проектным.

Каким же образом работает данный механизм в случае частного домостроения, для которого, согласно действующему законодательству Российской Федерации, он не является обязательным? Государство не вправе требовать от частного застройщика, планирующего строительство объекта недвижимости для собственных нужд, соблюдения требований энергосбережения, поскольку его дом не подпадает под действие нормативных требований. Иными словами, частный застройщик имеет законное право строить здание с энергопотреблением любого уровня. К сожалению, большинство частных застройщиков именно так и поступает. Поскольку нет ограничений по уровню энергопотребления, то на первый план выходят показатели комфорта, который в России часто определяется размером жилой площади на человека, высотой потолков, количеством и размером бытовых и вспомогательных помещений и т. д. Люди, привыкшие жить в домах массовой застройки 70-х, 80-х, 90-х годов, где эти параметры оставляли желать лучшего, стремятся восполнить нехватку того, что ранее было в большом дефиците: увеличить площадь комнат, размеры и количество окон, поднять потолки — одним словом, хотят построить свой собственный дом как можно больше.



Рис. 3

Мало кто из будущих домовладельцев задумывается о том, что все эти «улучшения» напрямую влияют на размер тепловых потерь здания при эксплуатации. Причем влияют в сторону увеличения энергопотребления. Из школьного курса физики всем должен быть хорошо известен закон сохранения энергии. Сколько энергии было израсходовано или потеряно, столько же и нужно восполнить с целью сохранения установленных параметров микроклимата. В случае с жилыми зданиями это поддержание температуры внутреннего воздуха на уровне 20 °С. Это минимально допустимое требование для температуры внутреннего воздуха в жилых помещениях. Если здание теряет слишком много тепловой энергии, то и отбор тепла из системы отопления будет соответствующим. Необходимо четко знать размер тепловых потерь здания с тем, чтобы мы могли подобрать набор мер, уравнивающих эти потери.

Простой пример. Вспомним, как работают рычажные весы. Выбрав нефасованный продукт в магазине, мы перед оплатой должны его сперва взвесить. Сейчас в торговле в основном используются электронные весы, и нам достаточно просто положить на них покупку. Лет 10–15 назад для этой цели использовали рычажные весы. Принцип



Рис. 4

определения веса на них очень прост. На одну чашу весов кладем товар, вес которого нужно определить, а на другую начинаем выкладывать гири, вес которых нам заранее известен. Положили гирю весом 1 кг, но товар на противоположной чаше все еще перевешивает. Значит, он весит более одного килограмма. Добавляем еще одну гирю весом 1 кг. Итого 2 кг. Ситуация изменилась, весы качнулись, но все еще недостаточно, чтобы стрелка весов показала положение равновесия. Значит, товар весит больше 2 кг, но разница в весе уже не так значительна. Кладем еще гирю весом 100 грамм — и о чудо! Стрелка весов встала ровно посередине шкалы. Это значит, что мы уравновесили вес товара с весом гирек, масса которых нам известна. Суммарный вес гирек будет равен общему весу товара.

Чем меньше будет вес взвешиваемого товара, тем меньшее количество уравновешивающих мер (гирек) нам потребуется. Возвращаясь от примера к зданию, мы логично приходим к выводу, что чем меньше размер тепловых потерь в здании, тем меньше будет энергопотребление здания. Использование различных методов и способов энергосбережения позволит снизить расходы на отопление. Сегодня существует огромный набор различных энергосберегающих мер. Какую из них выбрать? Что обеспечит максимальную эффективность? С чего начать? Насколько необходимо реализовывать тот или иной функционал? Вот далеко не полный перечень вопросов, с которыми сталкивается любой частный потребитель, принявший решение о необходимости снижения тепловых потерь своего здания.

Чтобы найти ответы на эти вопросы, необходимо рассмотреть здание как единую сбалансированную систему, работающую по принципу постоянного теплообмена с окружающей средой. Чем холоднее на улице, тем выше тепловые потери. Чем слабее теплозащитные характеристики внешней оболочки здания, тем выше его энергопотребление. Если на улице усиливается ветер, повышается влажность, а солнце надолго уходит за тучи, тепловые потери здания будут расти. А значит, будет расти и энергопотребление для поддержания заданных параметров микроклимата. Попытки исправить ситуацию без понимания целостной картины, скорее всего, не принесут желаемых результатов — либо результат будет существенно ниже ожидаемого. Почему? Необходимо четко разобраться в процессах теплообмена и принципах проектирования и строительства энергоэффективного здания.

2. Энергоэффективность и энергосбережение. Тождественны ли данные понятия?

Однако, возможно, вы заметили, что в современном мире вместо термина *энергосбережение* значительно чаще используется термин *энергоэффективность*. Что это — подмена понятий или синоним? Попробка запутать потребителя паутиной слов? Нет, ни то и ни другое. Энергоэффективность — это следующая стадия развития системы энергосбережения (по нашей классификации получается, что третья). В чем же разница между этими двумя понятиями? Цель повышения уровня энергосбережения — снизить физический расход тепловой энергии. Какими методами и с какой эффективностью, по большому счету, на данном этапе нас не сильно заботит. Основная задача — наработать массив энергосберегающих мер и технологий различного характера, типа и функционала. Только после того, как будут созданы и апробированы энергосберегающие технологии, доказана их работоспособность, можно переходить к следующему этапу — повышению энергоэффективности.

Чтобы проиллюстрировать разницу между энергосбережением и энергоэффективностью, возьмем простой пример. Предположим, расчеты энергетического паспорта здания демонстрируют возможность

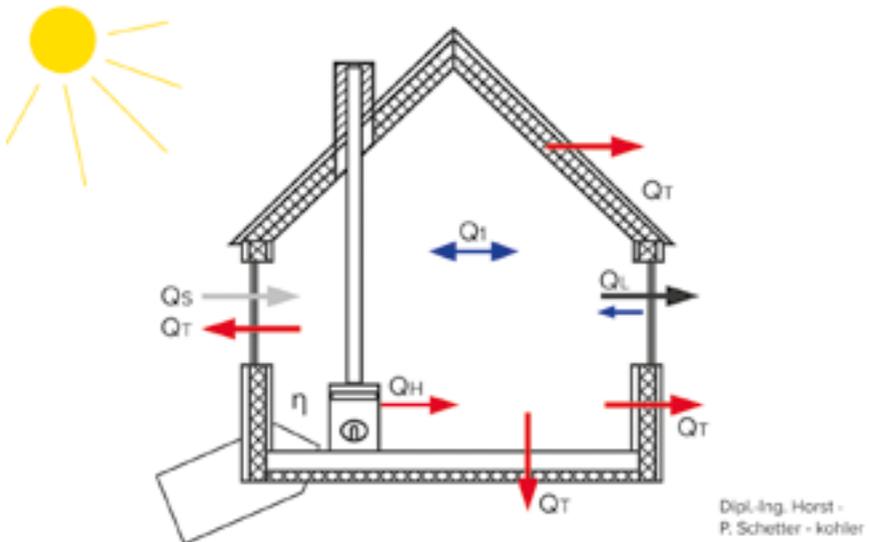


Рис. 5

снижения энергопотребления здания на одну и ту же величину за счет применения одной из двух энергосберегающих мер. Скажем, утепление внешних стен здания толщиной утеплителя по расчету соответствия требованиям теплозащиты с точки зрения сокращения расхода тепла на отопление может обеспечить точно такой же результат, как и замена светопрозрачных конструкций на более энергоэффективные. Нас по определенным причинам устраивает результат по снижению энергопотребления за счет применения одной (любой) из мер. Какую же из двух нам выбрать? Принять решение поможет как раз понятие энергоэффективности. Причем эффективности не теплофизической (ведь мы приняли условие, что обе меры обеспечивают одинаковый эффект с точки зрения энергосбережения), а финансовой. Все не так сложно: нам просто нужно соотнести эффект от применения энергосберегающей меры с теми финансовыми затратами, которые мы должны понести, чтобы данная мера начала работать. Что дороже: приобрести и смонтировать утеплитель или заменить окна? Тот вариант, который обеспечит наименьшие затраты при обеспечении одинакового результата (в нашем примере) или же даст наибольший эффект при одинаковых затратах, тот вариант и принято называть более энергоэффективным.

Итак, можно сделать вывод, что при переходе от понятия энергосбережения к понятию энергоэффективности мы обязаны учитывать не только энергетический аспект, но также и финансовый.

3. Принципы проектирования и строительства энергоэффективного здания



Рис. 6

Принципы проектирования энергоэффективных объектов недвижимости базируются на довольно стройной системе из четырех этапов, которые должны выполняться в представленной последовательности:

- На этапе предпроектной подготовки: учет особенностей ландшафта, пятна застройки, климатических особенностей региона строительства.
- На этапе проектирования: заложение принципов пассивного энергосбережения. К ним относятся те меры, которые приносят энергосберегающий эффект, требуя при этом только единоразовых капитальных затрат на этапе строительства. Этап эксплуатации здания не влечет дополнительных расходов на получение энергосберегающего эффекта.

- На этапе строительства: выбор и поставка строительных материалов, обеспечение качества монтажа узлов и строительных конструкций.
- На этапе эксплуатации: поддержание температурно-влажностных режимов эксплуатации, заложенных в проекте.

Может ли данная последовательность быть реализована в ином порядке? В принципе да. Энергосбережение от этого не пострадает. Однако показатели энергоэффективности при изменении последовательности будут существенно отличаться. Давайте рассмотрим влияние перечисленных этапов более подробно.

Этап предпроектной подготовки

Имея в распоряжении участок земли, предназначенный для строительства, зная его нюансы и особенности, проектировщик уже на первоначальном этапе в состоянии заложить довольно мощный базис для повышения энергоэффективности будущего здания. Важность использования потенциала этого этапа сложно переоценить, равно как и наоборот: отсутствие внимания к возможностям повышения энергоэффективности будущего объекта на данном этапе обернется повышенными капитальными затратами для достижения аналогичного эффекта на этапе строительства здания. Речь может идти о сотнях тысяч рублей для здания малоэтажного строительства и миллионах рублей для жилых многоквартирных зданий, общественных зданий, зданий культурного и досугового назначения, больниц, школ, пансионатов. Почему так получается? Ответ намного проще, чем кажется. Представьте все потенциальные возможности повышения энергоэффективности в виде 100 %. Энергобаланс здания (все существующие в здании виды тепловых потерь и теплопоступлений) — это своего рода система, находящаяся в равновесии (вспомним пример с весами). Если мы пренебрегаем (или по каким-то причинам не пользуемся) возможностью сокращения потерь тепловой энергии, то в дальнейшем, стремясь привести платежи за отопление к определенному уровню, мы вынуждены будем восполнять неиспользованный потенциал предыдущего этапа за счет какой-то другой меры. Если мы этого не сделаем, то тепловые потери здания будут неуклонно расти, за ними вырастет энергопотребление, а стало быть, и расходы на отопление и вентиляцию здания. Тут можно выявить закономерность: чем на более раннем этапе мы решаем вопрос снижения тепловых потерь, тем меньшие затраты мы понесем на реали-

зацию данной меры в итоге. Итак, какие же мероприятия можно реализовать на этапе предпроектной подготовки?

- Учет ландшафта участка под застройку. Равнинный участок практически не обеспечивает никаких возможностей для реализации потенциала энергосбережения. Неровный же участок, наоборот, дает большие возможности. Здание, расположенное в низине, будет защищено от негативного влияния ветровой нагрузки, однако при этом оно может получать меньше солнечной энергии. Какая из двух составляющих будет оказывать большее влияние, покажет точный расчет энергопаспорта здания.
- Ориентация здания по сторонам света. Очевидно, что размещать здание на северную сторону лучше «спиной», то есть той стороной, которая имеет наименьшую площадь остекления. Дело в том, что в регионах с ГСОП (градусосутки отопительного периода — показатель, характеризующий суровость климата региона проектирования здания) свыше 4000 °С·сут/год окна, изготовленные по самым современным технологиям и имеющие максимальные теплозащитные характеристики, будут демонстрировать отрицательный баланс в годовом цикле. Окна, являясь светопрозрачными конструкциями, не только пропускают в помещения солнечную энергию (что положительно сказывается на энергопотреблении здания), но и активнее, чем другие виды строительных конструкций, теряют ее, поскольку окно даже с самыми высокими характеристиками теплозащиты будет многократно слабее остальных видов ограждающих конструкций в здании (стен, крыши, пола первого этажа). Фактически это означает, что за год (точнее, за отопительный период) в указанных широтах в годовом цикле окна будут терять больше энергии, чем пропускать ее внутрь от солнца. Со всем отказаться от окон мы не можем, так как они способствуют повышению инсоляции внутренних помещений. Помимо этого, дневной свет, поступающий в здание через окна, позволяет экономить электрическую энергию, расходующую на нужды освещения. Получается, что на этапе предпроектной подготовки мы можем заложить ориентацию здания, минимизировав площадь окон, ориентированных на северную сторону, и таким образом уже сейчас заложить определенный уровень снижения потребления энергии. Окна, ориентированные на север, практически не окажут никакого полезного эффекта для потребителя, так как даже с точки зрения инсоляции помещений северная сторона имеет наименьший потенциал. Даже в ясный день солнце на

севере стоит низко и пребывает там довольно недолго. Единственный разумный довод в пользу размещения окон на северной стороне здания — требования безопасности, как, например, в случае расположения помещения котельной в частном доме. По требованиям безопасности газовой службы помещения котельной должны в обязательном порядке быть оборудованы системой вентиляции и окном (если в доме планируется установка напольного газового оборудования).

- Учет растительности, расположенной на участке застройки. Если рядом с местом, где планируется возведение дома, растут деревья или кусты, то их также можно принимать во внимание при планировании размещения будущего здания. Растительность может способствовать снижению энергопотребления здания, уменьшая негативное воздействие ветровой нагрузки. Очевидно, что в этой ситуации деревья или кустарники должны располагаться там, откуда чаще (либо сильнее) дует ветер. Растительность может оказать еще одну дополнительную полезную услугу: снизить расход электрической энергии, потребляемой на нужды кондиционирования помещений. Так, например, зеленые насаждения, расположенные на южной стороне, будут защищать помещения от чрезмерного попадания солнечной энергии летом — как раз тогда, когда избыток тепла от солнца нам нежелателен. Для потребителя при эксплуатации будет дешевле использовать природный потенциал местности, чем постоянно пользоваться системой кондиционирования воздуха. В осенне-зимний период, когда энергия солнца нам как раз крайне необходима, деревья, сбросившие листву, не будут препятствовать проникновению солнечной энергии в помещения, ориентированные на юг.

Этап проектирования

Используя все возможности, предоставленные проектировщику особенностями местности, можно переходить к оптимизации проектирования тепловой оболочки будущего здания. Какие возможности может предоставить этап проектирования здания?

Планирование размещения внутренних помещений

В любом здании, будь оно жилым, общественным или производственным, всегда существует определенный набор помещений с характерной нехваткой или избытками тепловой энергии. Логично, что

3. Принципы проектирования и строительства энергоэффективного здания

в тех помещениях, где нам тепла не хватает, мы стремимся к его получению. И наоборот, жаркие помещения мы стараемся охлаждать по мере возможности. Например, в жилых зданиях кухня, котельная и отчасти ванная комната — это помещения с избыточным поступлением тепла. В общественных зданиях это могут быть помещения серверной. В таких помещениях, как правило, не предполагается размещение окон большой площади, иногда их наличие и вовсе нежелательно. С точки зрения планирования размещения указанных помещений внутри теплового контура здания светопрозрачные конструкции рекомендуется размещать с северной стороны здания, откуда, как мы уже выяснили, количество тепlopоступлений от солнечной радиации минимально. Таким образом мы оградим указанные помещения от повышения внутренней температуры воздуха за счет солнца, ведь, исходя из особенностей эксплуатации этих помещений, там и так существуют избытки тепла.

В таком случае размещение каких помещений следует планировать с южной стороны здания? В жилых зданиях это, как правило, гостиная, кабинет, библиотека. Указанные помещения обычно имеют большую



Рис. 7

полезную площадь по сравнению с кухней или котельной. В них, как правило, отсутствуют мощные внутренние источники тепловой энергии, способные оказать влияние на температурно-влажностный режим помещения, поэтому солнечная энергия будет очень кстати.

Что же касается западной и восточной сторон здания, то по этим сторонам света рекомендуется планировать размещение таких помещений, как спальня, прихожая. На востоке и на западе солнце бывает только утром и вечерами, при этом оно находится довольно низко и не отличается такой сильной активностью, как днем.

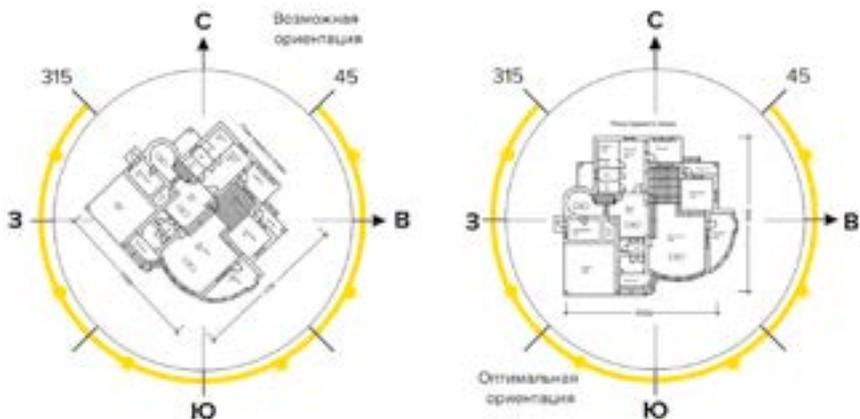


Рис. 8

Тепловая защита наружных ограждающих конструкций

Тепловая защита строительных конструкций — краеугольный камень энергоэффективного строительства. При спорах вокруг данной темы сломано немало копий: каким уровнем тепловой защиты должны обладать строительные конструкции зданий? К ответу на этот вопрос можно подойти 1) формально, 2) рассмотреть его с точки зрения разумной достаточности, ну и наконец 3) определить своего рода оптимальный уровень, выше которого подниматься неразумно с финансовой точки зрения. Как мы уже выяснили в предыдущих главах, здание, постоянно стремясь к балансу температурно-влажностного режима внутри помещений, будет потреблять из системы отопления ровно столько тепловой энергии, сколько было им потеряно. Наружная оболочка здания является своего

рода барьером между улицей и внутренними помещениями. Ее роль — защищать микроклимат помещений от утечек тепловой энергии, воздействия осадков, ветра, проникновения шума с улицы и т. д.

Для зданий, которые подпадают под действие нормативных требований в области тепловой защиты, **формальным** можно назвать уровень действующих требований, сформулированный в таблице № 3 Свода правил СП 50.13330.2012 с изменениями № 1 «Тепловая защита зданий» — «Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций». Почему автор называет данные требования формальными? Выполнение данных требований является обязательным при проектировании и строительстве зданий массовой застройки. Их выполнение должно обеспечивать минимально допустимый уровень энергосбережения, эффективность которого была определена государством еще в 2003 году. В том же году были определены нормы тепловой защиты ограждающих конструкций зданий, которые с тех пор ни разу не пересматривались. Предположить, что вопрос энергосбережения за прошедшее время не стал более актуальным, будет



Рис. 9

абсолютно неверно. Тарифы на тепловую энергию, предназначенную для нужд отопления и вентиляции жилых помещений, с 2003 года выросли примерно в 20 раз! А что же за это время произошло с размером тепловых потерь? Они, как вы уже наверняка догадались, остались без изменений. Иными словами, можно сказать, что при отсутствии роста требований к тепловой защите зданий за 17 лет платежи населения выросли ровно во столько же раз. Тепловая энергия, потребляемая для нужд отопления и вентиляции, подорожала многократно, а требования к энергосбережению остались неизменными. Именно поэтому выполнение требований существующего уровня энергосбережения можно назвать всего лишь формальным.

Уровень разумной достаточности энергосберегающих мер можно проиллюстрировать следующим примером. Теплозащита наружной оболочки здания, а также набор энергосберегающих мер, применяемых в здании, должны быть на таком уровне, чтобы отношение инвестиций на реализацию всех мер энергосбережения к размеру годовой экономики тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий обеспечивало окупаемость единовременных капитальных затрат не позднее чем через 10–15 лет. Но почему не сразу после внедрения? Это утопическая модель. Любая финансовая инвестиция требует определенного времени, по истечении которого вложенные средства начнут приносить прибыль. Почему именно 10–15 лет? В современных макроэкономических условиях это абсолютно адекватный срок окупаемости. Быстрее просто не получится, поскольку в реальном мире все постоянно дорожает: сырье, энергия, строительные материалы, стоимость услуг по строительству и монтажу, производство и поставка тепловой энергии. Вдобавок к этому национальная валюта демонстрирует устойчивую тенденцию к периодическому ослаблению. Как в таких условиях относиться к сроку окупаемости в 10–15 лет? Много это или мало? Достаточно или нет? Если рассматривать вопрос с позиции выбора за или против инвестиций в энергосбережение, то самым правильным подходом будет соотнести срок окупаемости со сроком службы здания, который составляет не менее 50 лет (именно на такой срок, как правило, проектируются здания в России, а на практике они эксплуатируются значительно дольше). То есть получается, что затраты на энергосбережение, окупившись через, допустим, 15 лет, за весь срок эксплуатации здания смогут принести прибыль в 3,33 раза больше первоначальных инвестиций. Но ведь в процессе эксплуатации здание подвергается текущему и капи-

тальному ремонту. Как это влияет на результат финансовых вложений? Даже если использовать такой подход, то вывод однозначный: если вложения в повышение энергоэффективности окупаются быстрее, чем наступил срок ремонта рассматриваемой конструкции, значит, вложения рентабельны. Срок проведения текущего ремонта для многоквартирных жилых зданий наступает через 15 лет, капитального через 25 лет, что говорит о том, что вложения в повышение энергоэффективности здания однозначно окупаются.

А что подразумевает **оптимальный уровень**? Это, можно сказать, следующий этап после принципа разумной достаточности. Энергосберегающие характеристики конструкций и оборудования должны закладываться с определенным запасом, чтобы через 2–5–10 лет после ввода здания в эксплуатацию оно морально и физически не устаревало, а по-прежнему оставалось энергоэффективным. По сути, мы говорим о создании определенного запаса энергосберегающих характеристик здания. Если вы спросите, зачем опережать время, ответом будет — чтобы экономить финансы! Причем не только жильцов (потребителей), но и государства. Всем известно, что переделывать сделанную работу всегда многократно сложнее и дороже, чем в самом начале выполнить ее качественно, правильно и с определенным запасом. Например, дей-

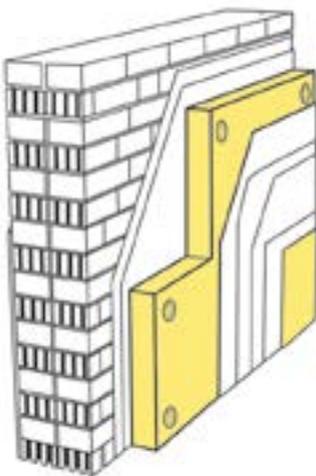


Рис. 10

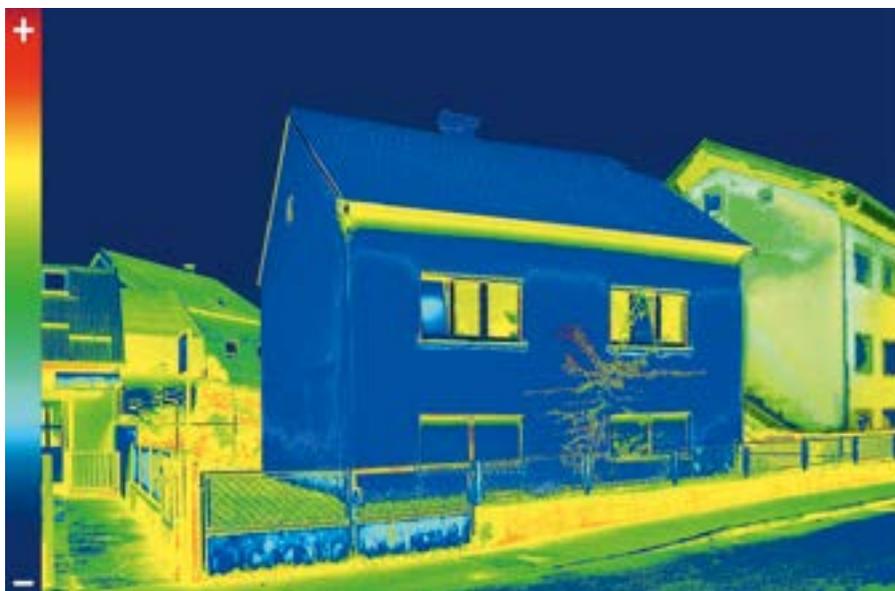


Рис. 11

ствующий норматив по значению приведенного сопротивления теплопередаче для стен жилых зданий в Москве составляет $R' = 2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Проектируя тепловую защиту стен по указанному уровню, мы идем по формальному пути, получая в итоге все те негативные последствия, которые были описаны выше. Закладывая двукратный запас, то есть ориентируясь на значение $R' = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, мы обеспечиваем запас по энергосберегающим характеристикам конструкции на долгие годы. А как же быть с окупаемостью? Да, такие вложения окупятся позднее, чем через 10–15 лет. Но тут необходимо учитывать еще один важный момент: грамотно утепленная конструкция с уровнем теплозащиты, превышающим действующий норматив, будет эксплуатироваться в более комфортных условиях, будет меньше подвержена негативному влиянию перепадов температур, переходов через ноль, а это значит, что она будет более стабильна, менее подвержена негативному воздействию внешних факторов.



Рис. 12

Суммарная площадь светопрозрачных конструкций: окна, мансардные окна, крышные фонари

Мы уже говорили о том, что светопрозрачные конструкции оболочки здания при всех своих достоинствах, к сожалению, обладают определенным недостатком — теплозащитные функции в сравнении с остальными типами ограждающих конструкций у них существенно ниже. Поскольку без окон в здании любого типа нам практически не обойтись, единственной доступной мерой снижения тепловых потерь через окна будет ограничение их суммарной площади. Существует правило, которое в советский период было зафиксировано в нормативной документации, но, к сожалению, исчезло оттуда в наши дни: суммарная площадь светопрозрачных конструкций здания не должна превышать 20 % от площади наружных стен (без учета оконных проемов). В этом случае тепловые потери через светопрозрачные конструкции, конечно же, останутся, но будут под определенным контролем: получается своего рода компромисс.

Теплотехническая однородность наружной оболочки здания

Теплотехническая однородность теплового контура здания оказывает существенное влияние на размер его тепловых потерь. Что такое теплотехническая однородность? Выражаясь простым языком, это размер дополнительных потерь тепловой энергии через места сопряжения строительных материалов с различными теплотехническими характеристиками. Вот пример: при расчете значения сопротивления теплопередаче для конструкции по глади используются теплофизические характеристики материалов. При этом мы исходим из того, что тепловой поток (тепловые потери) движется строго перпендикулярно плоскости строительной конструкции изнутри наружу (при условии, что температура воздуха внутри здания выше, чем температура воздуха на улице). Температура при движении сквозь конструкцию изнутри наружу будет постепенно понижаться, выравниваясь с температурой на улице ближе к внешней стороне ограждения. Изменение температуры при этом будет в строгой линейной зависимости от плоскости сечения по толщине конструкции. Чем ближе к наружной поверхности, тем ниже будет температура в каждой конкретной плоскости. Если представить эту же конструкцию, выполненную из материала с более низкими теплотехническими характеристиками, скорость изменения температуры в толще такой конструкции будет более высокой. Иными словами, тепловые потери во втором случае будут выше, чем в первом. Далее, если мы представим ограждающую конструкцию, состоящую из двух участков, выполненных из теплофизически разных материалов, то в каждом из них в отдельности процесс теплопередачи будет происходить по описанному выше принципу. А что при этом будет происходить на стыке, на участке примыкания одной конструкции к другой? По мере приближения к месту стыка каждый из участков будет оказывать все более сильное влияние на теплотери в соседнем участке. Можно сказать, что величина тепловых потерь в месте стыка будет находиться между значениями потерь на первом и втором участке. Это, если так можно выразиться, самое простое, примитивное описание механизма появления мест теплотехнической неоднородности оболочки. Ситуация, описанная выше, если и встречается, то довольно редко. Но тем не менее имеет место быть.

Как правило, дополнительные тепловые потери, связанные с теплотехнической неоднородностью, возникают в местах строительных узлов: в углах здания, местах примыкания балконных плит и козырьков

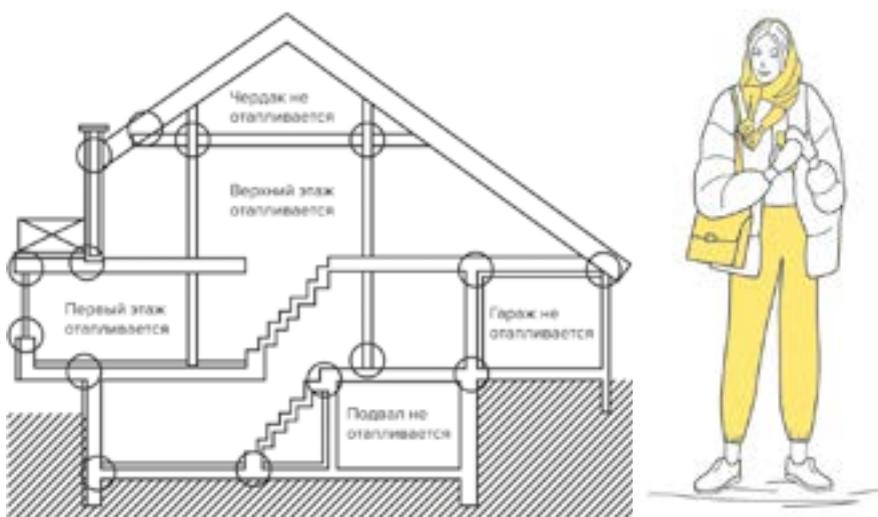


Рис. 13

входных групп к внешним стенам дома, наружных оконных откосах здания, местах крепления фасадных систем с утеплением и без и т. д.

У читателя может возникнуть справедливый вопрос: насколько серьезное влияние может оказывать однородность тепловой оболочки на энергопотребление здания? Тут, как и во многом другом, связанным с энергоэффективностью в строительстве, все зависит от контекста, от конкретной ситуации. Давайте рассмотрим еще один пример.

В относительно недалеком прошлом (до 2015 года) влияние теплотехнической однородности при проектировании зданий рассчитывалось по таблицам, взятым из нормативной документации по тепловой защите зданий. Влияние фактически сводилось к оценке дополнительных потерь тепла сквозь конструкцию, вызванных неоднородностью фрагмента самой конструкции:

- из-за кладочных швов, заполненных клеем или строительным раствором, в случае выполнения стеновых конструкций из штучных материалов;
- из-за наличия металлической арматуры или закладных металлических деталей в толще стеновой конструкции, выполненной из железобетона.

При этом практически полностью игнорировалось влияние однородности в узлах сопряжения строительных конструкций, где как раз и возникают основные потери тепловой энергии. Так происходило не потому, что проектировщики не знали о существовании данного явления. На тот момент просто не существовало вспомогательных инструментов, позволяющих сократить трудозатраты исполнителей, связанные с расчетами температурных полей в узлах сопряжения строительных конструкций с разными теплофизическими характеристиками. Каждый отдельный узел приходилось рассчитывать вручную. Это был довольно длительный и трудоемкий процесс. Коренным образом ситуация изменилась в 2015 году, когда в Российской Федерации увидел свет Свод правил СП 230.1325800.2015 «Характеристики теплотехнической однородности». В этом документе были представлены наиболее часто встречающиеся в строительной практике узлы и сопряжения конструкций, для которых предварительно были рассчитаны значения удельных потерь тепловой энергии. Таким образом проектировщики были избавлены от необходимости расчета значений удельных потерь тепла для узлов, включенных в состав указанного нормативно-технического документа. Следует отметить, что основным документом по проектированию тепловой защиты зданий в России — Свод правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» — требовал обязательного учета влияния потерь тепловой энергии через теплотехнические неоднородности с момента его официальной публикации, то есть начиная с 2012 года. У проектировщиков в то время фактически был только один путь: определять размер дополнительных потерь через неоднородности самостоятельно, используя методику расчета температурных полей. Но увы: для человека, не имеющего специальных знаний и опыта, этот вид расчета практически нереален. Он слишком сложен и требует наличия специального программного обеспечения. Как быть? Правильно! Действовать по старинке, то есть брать значения однородности для фрагмента конструкций по глади из таблиц и верить в то, что в реальности мы не сильно ошибаемся. Хотите знать, насколько мы можем ошибаться при таком подходе? В реальности процентов на 70–100%! Причем в сторону, противоположную повышению энергоэффективности. При проектировании тепловой защиты наша задача как проектировщика посредством снижения тепловых потерь снизить потребность здания в тепловой энергии, а происходит прямо противоположное: потребность зданий в тепловой энергии на отопление и вентиляцию растет — и растет катастрофически. Что происходит дальше? Проекты принимаются органами

строительной экспертизы, получают разрешение на ввод в эксплуатацию от органов строительного надзора и... демонстрируют характеристики энергопотребления в 2–4 раза выше тех, что были отражены в проектной документации. Что-либо исправить на этом этапе уже практически невозможно. Ужасно, не правда ли? Конечно, ответственность за такое расхождение проектных и фактических значений энергопотребления здания лежит не только на ошибке в оценке теплотехнической однородности объекта. Тут довольно много причин, о которых мы более подробно поговорим далее. Но если попытаться оценить влияние теплотехнической однородности, то, согласно данным свода правил СП 230.1325800.2015, неправильный учет теплотехнической однородности может снизить теплозащиту ограждающей конструкции почти в два раза! Много это или мало? Давайте посмотрим на ситуацию под другим углом. Выполняя расчет теплозащиты наружной стены, например, для жилых зданий, расположенных в климате Москвы, мы, согласно требованиям свода правил СП 50.13330.2012 с изменениями №1, обязаны обеспечить значение приведенного сопротивления теплопередаче не ниже значения $R' = 2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ (при расчетной температуре внутреннего воздуха, равной 20 °C). На основании теплотехнического расчета производится подбор толщины теплоизоляционного материала таким образом, чтобы с учетом дополнительной теплозащиты конструкционного материала суммарное значение расчетного сопротивления теплопередаче было не ниже нормируемого. Тут у нас появляется новый термин — приведенное сопротивление теплопередаче. Что это такое? Это как раз то сопротивление теплопередаче, которое получается из условного, то есть по глади конструкции, после учета влияния теплотехнической однородности. Эта зависимость линейная, то есть $R' = R_0 \cdot r$, где:

R' — приведенное сопротивление теплопередаче;

R_0 — условное сопротивление теплопередаче;

r — теплотехническая однородность.

В итоге получаем четкую зависимость: насколько сильно мы пренебрегли точностью учета теплотехнической однородности, насколько сильно мы ошиблись в расчетах значения r , настолько же у нас снизится значение приведенного сопротивления теплопередаче, которое, как мы выяснили с вами ранее, непосредственно влияет на размер трансмиссионных потерь тепловой энергии через оболочку здания.

Снова возник новый термин — трансмиссионные потери тепла. Важный момент для тех, кто озабочен решением задачи повышения энергоэффективности своего здания. Мы подробно рассмотрим этот аспект в следующем разделе, а пока давайте подведем итог по теме теплотехнической однородности. Теперь для нас очевидно, что однородность внешней оболочки здания должна рассчитываться максимально точно. Тем самым мы страхуем себя от неприятных сюрпризов на этапе эксплуатации здания. Трансмиссионные потери энергии через тепловую оболочку здания будут под нашим контролем.

4. Тепловой баланс здания

В предыдущих разделах мы рассмотрели разные виды тепловых потерь в зданиях и постарались оценить влияние каждого из них. Почему корректная оценка каждого вида так для нас важна? Все они являются составными частями энергетического баланса здания. Помните, когда мы учились в школе, на уроках физики в старших классах мы проходили закон сохранения массы и энергии, который простыми словами можно выразить следующей фразой: если где-то что-то убыло, то где-то обязательно прибудет. И добавлю цитату из моей любимой книги Льюиса Кэрролла «Алиса в Стране чудес»: «Все куда-то движется и во что-то превращается! Ничто не исчезает бесследно».

Как эта информация применима к нашей ситуации? Как это связано с темой энергосбережения и повышения энергоэффективности? Все просто. Энергия (в нашем случае тепловая энергия на отопление), как и все в этом мире, подчиняется законам физики, и ее движение, переходы и трансформацию также можно рассматривать через закон сохранения энергии и массы. Сложно? Давайте перейдем на простые примеры и ситуации, знакомые каждому владельцу недвижимости. Жилой, коммерческой, муниципальной или частной — не имеет никакого значения. Можно выбрать здание любого типа: жилое, административное или производственное. Главное, чтобы это здание было отапливаемым, то есть мы говорим о здании, к которому для поддержания параметров микроклимата подводится энергия. Это может быть тепловая энергия в виде пара или горячей воды с ближайшей ТЭЦ. Это может быть магистральный газ или дизельное топливо, которые превращаются в тепло при сжигании котельным оборудованием. Вид топлива для нас в этом примере абсолютно не имеет значения. Нам важно понять, что для поддержания определенной температуры и влажности внутри помещений отапливаемого здания необходимо получить и израсходовать определенное количество тепла. Откуда мы его возьмем, сейчас для нас не принципиально.

Итак, мы договорились, что нам необходим источник тепла. Но тут возникает следующий вопрос: а сколько тепла нам нужно? Есть хорошая русская поговорка «пар костей не ломит», а еще «ошпаренных меньше, чем обмороженных», то есть народная мудрость подразумевает, что запас тепла всегда лучше, чем его недостаток. В принципе, это

было почти верно в те времена, когда энергия для потребителей стоила копейки. В здания тепла подавалось больше, чем требовалось. Стало жарко? Открой форточку, выпусти излишки тепла. Энергия-то почти бесплатная, чего ее жалеть?

Но сейчас все изменилось коренным образом. Из года в год тарифы на тепло для населения, по официальным данным, растут со скоростью 4–6 % в год, с 2003 года цены на тепло для населения выросли в 20 раз — помните, мы это обсуждали в прошлом разделе. И ведь это только видимая часть айсберга. На самом деле тепло для населения ежегодно дорожает гораздо сильнее. Мы с вами — простые потребители — этого почти не замечаем, поскольку полный размер повышения цен на энергию не находит отражения в квитанции за услуги ЖКХ, в состав которой и входит услуга по отоплению. Если бы государство не ввело ограничения на допустимый ежегодный рост размера совокупного платежа за услуги ЖКХ для населения, то счета росли бы не на 4–5 %, а на все 10–15 %. Ограничения на рост тарифов в нашей стране определены Постановлением Правительства России № 400 от 30 апреля 2014 года. Но если допустить, что население оплачивает только часть затрат, то должен существовать кто-то, кто «закрывает» остальные части. Иначе услуги ЖКХ перестанут быть прибыльными, чего нельзя допустить, так как любая форма бизнеса обязана не только окупаться, но и генерировать добавленную стоимость. Так кто же оплачивает недостающую часть? Неужели теплоснабжающие организации нашли возможность работать в убыток? Или оборудование перестало требовать ежегодных инвестиций на модернизацию? Конечно же нет. Иначе мы с вами бы не ждали с таким нетерпением включения отопления с началом каждого отопительного сезона. Уже стало почти традицией: осенью, как приходит пора включать отопление в многоквартирных жилых домах, на теплотрассах происходят аварии, жильцы страдают от холода в квартирах, хотя по всем требованиям тепло обязано поступать. Причина в степени износа теплогенерирующего и сетевого оборудования, по которому тепло подается в квартиры. Затраты теплогенерирующих предприятий и предприятий сферы ЖКХ из года в год растут, так как требуемого обновления оборудования и инфраструктуры в полном объеме не происходит. Откуда в таком случае они берут недополученную прибыль? Ответ прост — из бюджета! Разницу покрывает государство, помогая таким образом предприятиям, от деятельности которых зависит не только развитие, но и во многом существование города, сохранять рентабельность. Из-

лишне, думаю, напоминать, что деньги в бюджет поступают из налогов как физических, так и юридических лиц! А значит, по сути, платеж населения за тепло разбит как минимум на две части: одна, прямая, напечатана в официальных квитанциях, которые мы ежемесячно получаем и своевременно оплачиваем, а вторая взимается в виде своеобразной «предоплаты» — некоей доли налоговых платежей, часть которых потом пойдет в том числе на поддержку предприятий муниципального сектора.

Однако на самом деле есть еще и третья составляющая отчислений за энергопотребление. Называется она, правда, сложновато — перекрестное субсидирование. Видов перекрестного субсидирования существует великое множество, однако нас в данный момент интересует только один из них, а именно — «перекрестное субсидирование энергопотребления промышленных предприятий». Простыми словами принцип можно описать так: сильный платит за слабого. Не вдаваясь в детали, перейду сразу к сути этого механизма. Промышленные предприятия, потребляющие энергию в масштабах гораздо больших, чем население, платят за нее по тарифам, в несколько раз превышающим тарифы для



Рис. 14

населения. Вас это не удивляет? Оптовый покупатель получает предложение на покупку энергии от поставщика менее выгодное, чем розничный потребитель. Это выглядит более чем странно, не правда ли? Вы можете себе представить ситуацию, когда цены в оптовых магазинах были бы выше цен в розничных? Но таково состояние установившегося равновесия. Причем это не особенность именно нашей страны: перекрестное субсидирование существует практически во всех государствах мира. Где-то оно больше, где-то меньше, существует в разных формах. Но существует. А теперь, как говорится, следите за руками: понятно, что все дополнительные издержки, которые понес производитель товаров, будут включены в себестоимость производства продукции, а затем учтены в стоимости товаров для потребителя. Это касается как промышленных, так и продовольственных товаров. Мы с вами сами оплачиваем эту дополнительную энергетическую долю затрат производителя в момент оплаты приобретаемых товаров или услуг в магазинах.

К чему же клонит автор? Если попробовать сложить все явные и неявные формы роста платежей, то мы увидим цифры, очень далекие от тех официальных 4–5%, которые установлены в Постановлении Правитель-

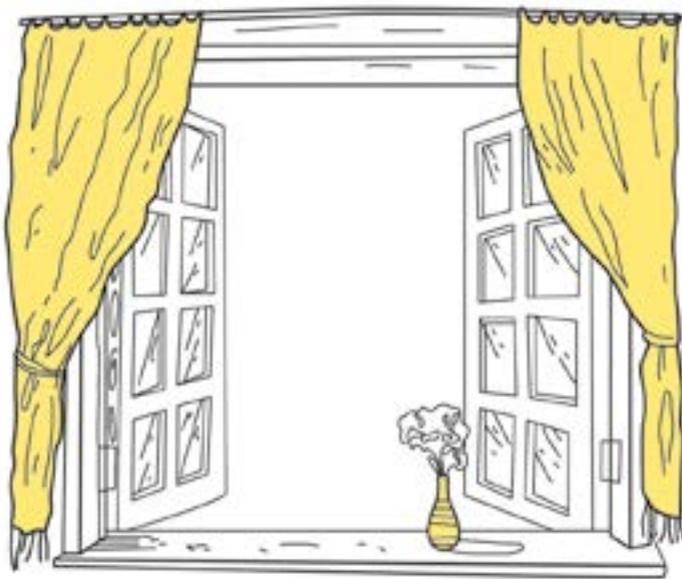


Рис. 15

ства № 400. Проблема в том, что система настолько сложна и запутанна, что вычислить реальный суммарный процент практически невозможно. А ведь для многих слоев населения нашей страны рост тарифов даже на уровне 4–5 % в год является довольно напряженным...

Итак, мы пришли к выводу, что в сегодняшней экономической ситуации потребителей, желающих регулировать уровень тепла в помещениях путем открывания форточки, найдется крайне немного. Надо иметь очень приличный доход, чтобы не обращать никакого внимания на рост тарифов на уровне 10–15 % в год. Но люди, добившиеся финансового успеха, финансовой независимости, потому и смогли стать таковыми, что крайне внимательно относятся к тому, сколько и на что они тратят. Мы приходим к вечному вопросу: как быть в этой ситуации, что делать?

Давайте вернемся к теме баланса. Здание постоянно обменивается тепловой энергией с улицей. Граница, на которой происходит этот самый обмен теплом, — так называемая тепловая оболочка здания (ее еще называют тепловым контуром). Изменение погодных условий, смена времен года, природные аномалии, влекущие за собой повышение энергопотребления зданий, вначале приводят к росту тепловых потерь. Если мы не скомпенсируем их за счет поставки дополнительного количества тепла, то внутренняя температура воздуха начнет снижаться, здание начнет остывать. Задача теплоснабжающей организации — поставить в здание столько тепловой энергии, сколько необходимо для поддержания стабильного микроклимата в помещениях. Это будет сделано, так как это зона прямой ответственности теплоснабжающих организаций перед государством, но не стоит забывать, что за каждую поставленную единицу тепловой энергии потребителю будет выставлен счет на оплату. Что же в таком случае остается потребителю? Как можно снизить размер платежа за поставленное тепло? Сокращать энергопотребление! Этого можно добиться разными путями. Самый простой — закрыть вентиль на радиаторах отопления. Но в этом случае, как мы уже выяснили, температура в помещениях начнет понижаться, а это нам вряд ли понравится. Люди, равно как и домашние животные, существа теплокровные и способны нормально существовать в довольно ограниченном диапазоне температуры и влажности. Если условия микроклимата начнут ухудшаться, повысится риск возникновения простудных заболеваний, снизится работоспособность, возрастет утомляемость. А это значит, что вариант энергосбережения посредством прикручивания вентиля радиатора нам не очень подходит. Что остается? Снизить

размер тепловых потерь здания, сохранить как можно большее количество тепловой энергии внутри контура. Решается это путем оптимизации теплового баланса здания, в процессе расчета которого как раз и становится понятна величина всех тепловых потерь. Эту задачу необходимо и можно успешно решать, зная, какие виды потерь тепла существуют в здании, по каким каналам оно теряет тепловую энергию и какова доля каждого канала в зданиях разного типа: жилых, административных, производственных. Об этом мы как раз и поговорим в следующем разделе.



Рис. 16

5. Виды и доли тепловых потерь в здании

В предыдущих разделах были рассмотрены некоторые каналы потерь тепловой энергии в зданиях, разные по характеру и размеру. Однако если взглянуть на проблему в целом, то все виды тепловых потерь, возникающих в любом отапливаемом здании вне зависимости от его типа и режимов эксплуатации, можно разделить на два крупных блока: трансмиссионные потери тепловой энергии и так называемые вентиляционные потери. Их сумма как раз и определяет общий размер тепловых потерь. Это не означает, что нам нужно будет обеспечить подвод к зданию точно такого же количества тепловой энергии, поскольку здание не только отдает тепло, но и получает его, что несколько снижает то количество, которое необходимо получить из системы отопления. Но об этом позднее. Сейчас наша задача — разобраться с потерями. Какие из них более значимы, трансмиссионные или вентиляционные? Можем ли мы как-то контролировать эти потери или, что еще лучше, эффективно ими управлять?

Прежде всего разберемся в терминах, чтобы понимать, с чем мы имеем дело. Начнем с общего определения тепловых потерь.

Тепловые потери здания, в наиболее простом изложении, это количество тепла, которое теряется помещением, домом или квартирой в единицу времени. Измеряются они в Вт·час. Возникают тепловые потери в здании из-за разницы внешней и внутренней температур воздуха. В неотапливаемых зданиях, в зданиях, к которым не подводится тепловая энергия, потери коммерческой тепловой энергии отсутствуют, так как значения температур воздуха внутри помещений и снаружи здания практически равны.

Трансмиссионные тепловые потери — количество тепловой энергии, проходящее через ограждение (тепловую оболочку) из здания в окружающую среду под воздействием разности температур внутри и снаружи здания. Основной механизм теплопередачи в этом случае — теплопроводность.

В отличие от трансмиссионных, механизм **вентиляционных тепловых потерь** основывается не на разности температур, а на разности давлений воздуха внутри и снаружи здания. Разность давлений с разных

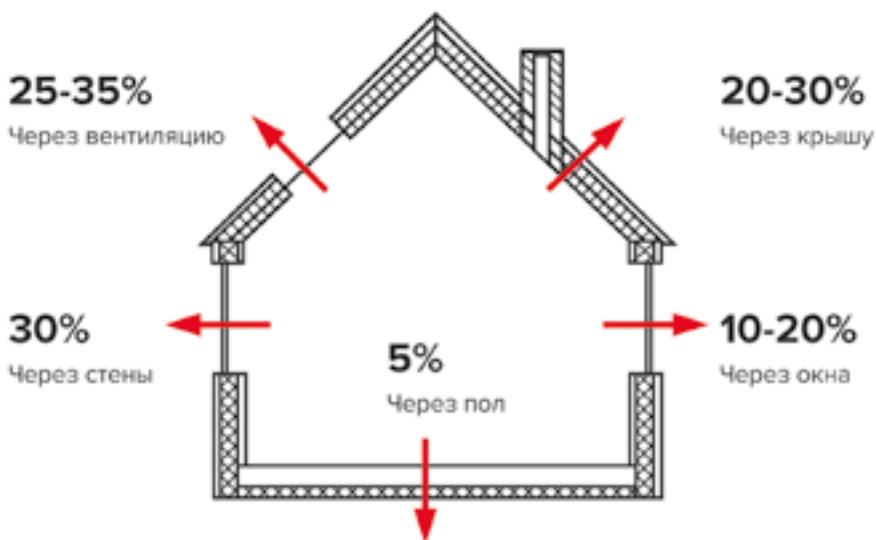


Рис. 17

сторон тепловой оболочки здания обеспечивает появление своего рода «напора». Барьер в виде ограждающей конструкции (внешних стен, крыши, окон, пола первого этажа) сдерживает воздушные массы от перемещения и смешивания, сохраняя тем самым «разность потенциалов», если так можно выразиться применительно к давлению воздуха. Вентиляционные потери условно можно разделить на два независимых подвида:

- вентиляционные потери тепла, вызванные необходимостью обеспечения кратности воздухообмена в помещениях;
- вентиляционные потери тепла, вызванные инфильтрацией наружного воздуха внутрь здания. Инфильтрация наружного воздуха — это процесс физического проникновения наружного воздуха внутрь теплового (отапливаемого) контура из-за разности давлений внутри здания и снаружи через неплотности (щели, дефекты).

Теперь давайте попробуем раскрыть эти понятия чуть глубже.

Трансмиссионные потери. Это механизм теплопередачи, в процессе которого происходит перемещение тепловой энергии, перенос массы веществ при этом не происходит. Вызван этот процесс, как уже было

отмечено, разностью температур внутри и снаружи теплового контура. Поток тепла в процессе теплообмена двух сред с разной температурой всегда направлен из области с более высокой температурой в область с более низкой температурой. Холодная область как бы «вытягивает» тепло из нагретой. Физически этот процесс продиктован частотой колебания частиц на молекулярном и атомарном уровнях. Чем выше температура тела, тем активнее (быстрее) и сильнее колеблются молекулы и атомы вещества. При колебании молекулы и атомы передают энергию своим соседям, постепенно разогревая их. Те, в свою очередь, осуществляют дальнейшую передачу и т. д. Простейшим примером трансмиссионного механизма теплопередачи будет металлическая ложка, опущенная в чашку или стакан с горячим напитком. Результат всем хорошо известен: металлический черенок ложки постепенно нагреется. Помните, как простое предостережение было иронично сформулировано в неоднократно цитируемой здесь книге Льюиса Кэрролла «Алиса в Стране чудес»: «Если слишком долго держать в руках раскаленную докрасна кочергу, в конце концов обожжешься».

То же самое происходит при трансмиссионных потерях тепла в домах. Таким же образом осуществляется перенос тепла из помещений на улицу через внешние стены, крышу, пол первого этажа, окна, крышные фонари, тепловые мосты (теплотехнически неоднородные узлы и конструкции).



Рис. 18

Процесс трансмиссионной теплопередачи будет продолжаться без конца, пока будет существовать разница температур внутри и снаружи. Трансмиссионная теплопередача прекратится только тогда, когда либо вся тепловая энергия будет передана из нагретой области в холодную и температуры разделенных сред выровняются, либо на пути движения тепловой энергии возникнет барьер из слоя материала, имеющего более высокое сопротивление трансмиссионной теплопередаче. Справедливости ради стоит отметить, что во втором случае процесс не прекратится, а замедлится. Роль таких материалов, блокирующих (или сильно снижающих) механизм трансмиссионной теплопередачи, в современной строительной практике, как правило, выполняют разные виды теплоизоляции. Их теплопроводность существенно ниже (разница может составлять несколько порядков, то есть десятки и даже сотни раз) теплопроводности традиционных строительных материалов. Без применения теплоизоляции сложно представить современное строительство. Применение традиционных строительных материалов, таких как бетон, железобетон, штучные строительные материалы (кирпич, поризованные строительные блоки, газобетон, газосиликат), сводится к обеспечению требуемой механической прочности и безопасности конструкций. Что же касается вопросов энергосбережения, то тут пальма первенства заслуженно принадлежит теплоизоляционным материалам. Строительные и теплоизоляционные материалы используются в комбинации по принципу бутерброда (или сэндвича), состоящего из нескольких слоев. Сегодня уже практически невозможно встретить проекты отапливаемых зданий, где в роли ограждающих присутствуют однослойные строительные конструкции. Это безумно расточительно в любом случае: как с точки зрения материалоемкости, так и с точки зрения энергосбережения. Если мы попытаемся выполнить однослойный вариант наружной стены или крыши, соответствующий современным нормам в области энергосбережения, используя в качестве строительного материала традиционные решения (кирпич, бетон, металл), то, учитывая их теплотехнические характеристики, нам для выполнения требований к энергосбережению потребуется очень большая толщина слоя. Давайте рассмотрим данную ситуацию на конкретном примере:

1. Требования к теплозащите внешних стен жилых зданий в Москве составляют $R_{\text{норм}} = 2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ (при расчетной температуре внутреннего воздуха, равной 20 °C).
2. Теплопроводность глиняного кирпича составляет $\lambda = 0,6 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$.

3. Теплопроводность железобетона составляет $\lambda = 1,95 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.
4. Минимальная толщина однослойной внешней стены, выполненной из глиняного кирпича, соответствующей действующим нормам по теплозащите, $b = R_{\text{норм}} \cdot \lambda = 2,99 \cdot 0,6 = 1,8 \text{ м}$.
5. Минимальная толщина той же стены, выполненной из железобетона, соответствующей действующим нормам по теплозащите, $b = R_{\text{норм}} \cdot \lambda = 2,99 \cdot 1,95 = 5,8 \text{ м}$.

Владелец частного дома может задать справедливый вопрос: если требования по закону не распространяются на объекты ИЖС (индивидуального жилищного строительства), то почему я должен ориентироваться на эти показатели? Формально — действительно не должен. Согласно положениям Градостроительного кодекса Российской Федерации, никто не вправе запретить владельцу частного дома эксплуатировать свое собственное частное здание, построенное на собственные средства, но при этом не выполняющее требования действующих норм по тепловой защите. Частный домовладелец строит здание на свои собственные средства, и предполагается, что именно он и будет его эксплуатировать, своевременно оплачивая счета от энергоснабжающих компаний. Иными словами, хозяин — барин, строю как хочу. Выбор сценария остается за частным потребителем. В случае строительства неэнергоэффективного здания потребитель, очевидно, понесет несколько меньшую сумму капитальных затрат на проектирование и строительство, однако столь же очевидно, что в процессе эксплуатации он столкнется с повышенными (если сравнивать с энергоэффективным домом) затратами на эксплуатацию, причем не только с точки зрения платы за потребленную тепловую энергию на отопление и вентиляцию, но и затрат на ремонт элементов здания, вышедших из строя по причине более жестких по сравнению с энергоэффективным домом условий эксплуатации. И наоборот: задумав проектирование и строительство энергоэффективного дома, владелец должен быть готов к несколько более высоким капитальным затратам на этапе проектирования и строительства, однако в процессе эксплуатации такой рачительный хозяин будет постоянно экономить на отоплении своего жилища. Тут дело во многом в психологии и отчасти в менталитете. Если задать человеку вопрос: «Какой вариант ты выберешь: экономить сейчас, на начальном этапе, но нести повышенные затраты на этапе эксплуатации, или наоборот — инвестировать в здание несколько больше на начальном этапе, чтобы в процессе

эксплуатации регулярно экономить на услугах энергоснабжающей компании?» — очень многие выберут первый вариант, воспринимая эту ситуацию как «синицу в руках». Понятно, что журавль в данном примере символизирует мечту, которая как раз и должна летать в облаках, а не быть приземленной. Такова психология человека. Вспоминается знаменитый Стэнфордский зефирный эксперимент, в ходе которого детям предлагали съесть один зефир прямо сейчас или удержаться, немного подождать и съесть два спустя короткое время (около пятнадцати минут). Большинство детей не задумываясь съедали зефир сразу. Интересно, что в ходе последующих исследований ученые обнаружили, что дети, оставшиеся в меньшинстве, готовые потерпеть ради двойного удовольствия, впоследствии добились большего успеха в жизни...

Почему важно крайне взвешенно подходить к принятию решения об уровне энергоэффективности будущего здания именно в самом начале, еще до того, как владелец начнет вкладывать средства? Приняв решение и построив здание по первому сценарию, потребитель в дальнейшем практически потеряет возможность серьезно повлиять на ситуацию. Как размышляет большинство частных застройщиков? Сначала я построю рядовой (неэнергоэффективный) дом, а уже потом, при необходимости сокращения затрат на отопление, предусмотрю выполнение необходимых требований по энергосбережению (а некоторые вначале об этом вовсе не задумываются). Ловушка заключается в том, что затраты на исправление ситуации уже построенного здания обойдутся владельцу многократно дороже, чем строительство энергоэффективного дома с нуля. В нашем мире многое подчинено данному закону: сделать сразу правильно в конечном итоге всегда дешевле, чем потом переделывать сделанное. Скупой платит дважды.

Однако мы несколько отклонились от темы повествования. Вернемся к рассмотрению видов тепловых потерь. Трансмиссионные потери мы уже изучили, пришла пора разобраться со вторым видом, а именно с потерями вентиляционными. Как упоминалось в начале раздела, суммарно трансмиссионные и вентиляционные потери составляют 100 % всех видов потерь тепла зданием. Следовательно, зная размер первой и второй составляющих, мы сможем в первом приближении оценить количество тепловой энергии, которое потребуется подвести к зданию, чтобы внутренний микроклимат (температура и относительная влажность внутреннего воздуха) оставались неиз-

менными. Вентиляционные потери тепловой энергии можно разделить на две подгруппы.

Первая — это те потери тепловой энергии, которые возникают в связи с необходимостью обеспечения в помещениях здания необходимой кратности воздухообмена. Иными словами, речь идет о вентиляции, с помощью которой из помещений удаляется грязный, отработанный воздух, содержащий CO_2 , вредные примеси, избыток влажности и так далее. На смену ему в здание поступает свежий воздух, содержащий повышенное количество кислорода. Чтобы жильцы не чувствовали неприятных запахов, чтобы у них не болела голова, а работоспособность не снижалась, свежий воздух в помещения должен поступать постоянно. По понятным причинам вместе с вредными примесями и избыточной влажностью вентиляция удаляет из помещения и тепло. Подаваемый в помещение свежий уличный воздух восполнит недостаток кислорода, однако его требуется нагреть до расчетной температуры внутреннего воздуха. Данный цикл (правильнее назвать это процессом, так как он идет непрерывно) происходит на постоянной основе, снова и снова. Без обеспечения кратности воздуха внутри помещений мы обойтись никак не можем. А можно ли при этом избежать потерь тепла, связанных с вентиляцией? Ответ на данный вопрос утвердительный. Для этих целей придумано специальное устройство — теплообменник, называемый рекуператором. Более подробно принцип работы рекуператора будет рассмотрен в следующих главах, а пока давайте рассмотрим **вторую** составляющую из подгруппы вентиляционных потерь тепловой энергии в здании. Это так называемые потери на инфильтрацию уличного воздуха через неплотности тепловой оболочки здания. Попросту говоря, это щели, бреши в тепловом контуре дома, через которые его внутренний объем может физически сообщаться с внешней средой. Плохо загерметизированные межпанельные стыки, щели в углах дома, щели в примыканиях оконных блоков к оконному проему, плохо отрегулированные дверные и оконные притворы — по всем данным каналам постоянно циркулирует воздух, передавая тепловую энергию в осенне-зимне-весенний период изнутри наружу, а летом, когда на улице, как правило, теплее, чем в помещениях, — в обратном направлении, нагревая таким образом воздух внутри и требуя применения активных мер по охлаждению помещений (кондиционирования).

В отличие от трансмиссионных потерь тепловой энергии, при которых механизм теплопередачи не связан с массопереносом, венти-

ляционные потери происходят именно посредством массопереноса из области с более высоким давлением в область с более низким давлением. Ранее мы с вами разобрались, что процесс теплопередачи посредством теплопроводности материалов не связан с массопереносом. В данном случае механизм иной. Теплопередача происходит за счет движения масс воздуха с разной температурой, происходит их смешение. Визуально этот процесс практически незаметен, но мы можем его ощущать: при активном движении окружающего нас воздуха мы будем ощущать холод. Воздух сам по себе является отличным теплоизолятором. Но лишь тогда, когда он неподвижен. Как только он начинает двигаться, он становится своего рода «проводником» тепла. Каким может быть решение данной проблемы? Герметизация всех неплотностей в тепловой оболочке здания с целью сокращения потерь за счет инфильтрации, а также использование рекуператора тепла вытяжного воздуха. В теории все выглядит довольно просто, но на практике значительно сложнее. Поговорим об этом позднее. А сейчас, после того как мы разобрались в механизмах тепловых потерь, от величины которых зависят расходы на отопление и вентиляцию помещений отапливаемых зданий, давайте посмотрим, как соотносятся друг с другом потери трансмиссионные и потери вентиляционные. Зачем нам это нужно, спросите вы. Если одна составляющая потерь тепловой энергии явно больше второй, то именно ее и следует оптимизировать при решении задачи по снижению тепловых потерь здания. Математика простая: оптимизируя большую долю тепловых потерь, мы получим и больший результат в виде энергосбережения. Определить точное соотношение размера тепловых потерь нам поможет опять-таки расчет энергетического паспорта здания. Без расчета энергопаспорта сделать это довольно проблематично. Сегодня в профессиональной среде продолжают бесконечные споры относительно соотношения разных видов потерь: какой вид является более существенным: трансмиссионные или вентиляционные? Если одни из них больше, то насколько? От этого будет зависеть набор энергосберегающих мер и их эффективность. Кто-то считает, что вентиляционные потери больше трансмиссионных, кто-то наоборот. Без проведения соответствующих расчетов можно сказать, что в той или иной степени правы и те, и другие. Дело в том, что правильный ответ зависит от того, о каком типе здания идет речь, каков режим эксплуатации этого здания. Давайте рассмотрим ситуацию на примерах.

Пример 1: Жилой дом. В жилых зданиях соотношение потерь тепловой энергии, связанных с вентиляцией и «трансмиссией», приблизительно можно оценить как паритет. Собственно, так и было задумано в начале становления процессов нормирования тепловой защиты оболочки жилых зданий. Эти два разных по смыслу вида потерь тепловой энергии в жилых многоквартирных зданиях должны быть примерно одинаковыми.

Пример 2: Здание торгового центра. Для зданий данного типа характерен высокий процент вентиляционных потерь, связанный с необходимостью обеспечения высокой кратности воздухообмена. Причина — большое количество посетителей, связанная с этим высокая доля тепловых потерь и высокая доля тепловыделений. Каждый человек в состоянии покоя выделяет порядка 100 Вт тепловой энергии. Учитывая количество посетителей торговых центров, суммарное количество тепла, выделяемого людьми, создает дополнительные требования к системе вентиляции. Она должна быть мощной и производительной.

Пример 3: Здание офисного центра. В этом примере особого внимания требует размер бытовых тепловыделений, вызванный работой офисной оргтехники. Тем не менее, поскольку в офисных центрах, как правило, работает много людей, необходима подача большого объема свежего воздуха, которая увеличивает размер вентиляционных потерь.

Примеров баланса зданий различного назначения может быть великое множество, попытка создать некую матрицу принятия решений относительно соотношения тепловых потерь — дело неблагодарное, так как каждый проект уникален, необходимо четко просчитывать все нюансы, существующие в здании и влияющие на тепловой баланс. Только в этом случае мы можем говорить о реальном, а не формальном движении в сторону повышения энергосбережения и энергоэффективности. Собственно, решением этой задачи и занимаются проектировщики, а также инженеры по вопросам отопления и вентиляции.

6. Повышение тепловой защиты наружной оболочки здания

В этом разделе мы с вами постараемся найти ответы на вопросы, возникающие как в начале проектирования нового здания, так и у владельца уже существующего дома:

- Стоит ли мне повышать тепловую защиту наружных ограждающих конструкций (утеплять), и если стоит, то насколько?
- Можно ли утеплять наружные ограждающие конструкции здания изнутри? Какие в данном случае существуют минусы и плюсы?
- Есть ли смысл рассматривать вариант установки энергосберегающих окон с более высокими, чем требуют действующие нормы, теплозащитными характеристиками?
- Какова реальная необходимость в оптимизации тепловых потерь здания через теплотехнические неоднородности в тепловой оболочке здания? И если она существует, то насколько глубоко нужно проводить оптимизацию?

Давайте попробуем разобраться в этих вопросах, двигаясь от простого к сложному...

Стоит ли мне повышать тепловую защиту наружных ограждающих конструкций (утеплять), и если стоит, то насколько?

Прежде чем мы начнем решать упомянутые выше задачи, нам необходимо определиться с главной целью, а именно с ответом на вопрос: «Какой уровень энергопотребления строительного объекта для меня как для будущего владельца здания является приемлемым?» Причины выбора того или иного варианта могут быть абсолютно разными, например:

- По определенным причинам я как будущий владелец здания хочу, чтобы энергопотребление было не выше определенной величины. Я понимаю, что цены на тепловую энергию будут продолжать расти и далее, и хочу застраховаться от влияния темпов роста на свой бюджет на какое-то время.

- Я понимаю, что буду проживать в построенном доме длительное время, и я хотел бы, чтобы возможные изменения в уровне доходов моей семьи не сильно влияли на возможность оплаты услуг тепло-снабжающих организаций.
- Для меня важен уровень теплового комфорта, на который я как будущий владелец хочу рассчитывать в долгосрочном периоде.

Нормативный уровень теплового комфорта, зафиксированный в документах по проектированию тепловой защиты зданий (20–22 °С), установлен на некоем среднем значении, исходя из допущения, что абсолютное большинство жителей будет чувствовать себя вполне комфортно именно при такой температуре внутреннего воздуха. Тем не менее все люди разные, у нас разный уровень метаболизма, разные физиологические особенности, и в одних и тех же условиях одному человеку может быть прохладно, другому нормально, а третьему попросту жарко. Если потребителю, который проживает в здании, спроектированном по условию поддержания в нем температуры 20 °С, холодно, то естественный шаг к повышению комфорта — повышение внутренней температуры воздуха. Даже если мы повысим температуру в пределах допуска по ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (20–22 °С), мы все равно получим рост размера тепловых потерь, так как изначально здание проектировалось, исходя из условий поддержания внутренней температуры на уровне 20 °С. По понятным причинам рост тепловых потерь здания будет еще выше, если мы будем стремиться поддерживать внутреннюю температуру на уровне 24–25 °С. Эти дополнительные потери тепловой энергии необходимо компенсировать за счет применения дополнительных энергосберегающих мер. Только в этом случае энергопотребление здания при повышении температуры внутреннего воздуха не возрастет. Как мы с вами уже выяснили ранее, тепло покидает здание по двум каналам: трансмиссионному и вентиляционному. Поэтому необходимо будет уделить внимание обоим каналам. В какой мере? Это во многом зависит от соотношения характеристик энергопотребления здания до и после термомодернизации. Можно сказать без проведения точных расчетов, что уровень теплозащиты оболочки здания при этом должен быть однозначно выше уровня требований действующих норм в области энергосбережения. Минимум процентов на 20–25 %. Почему? Ответ крайне прост: нормативные требования, о чем бы ни шла речь (об энергосбережении, о пожарной безопасности, о требованиях

санитарно-гигиенических), всегда содержат минимально допустимый предел, ниже которого их опускать уже небезопасно для жизни и здоровья. В этом отношении понятия КОМФОРТ и БЕЗОПАСНОСТЬ далеко не синонимы. Уровень комфорта всегда выше уровня, обеспечивающего безопасность. Об эффективности даже говорить не приходится. Безопасность — это то, что должно быть гарантировано государством. За безопасность государство несет ответственность перед гражданами своей страны. Более высокие уровни — энергоэффективный, комфортный — требуют дополнительных капитальных вложений. Вы можете их обеспечивать, но уже самостоятельно. Каким образом? Закладывая дополнительные требования к энергоэффективности объекта при его строительстве или делая выбор при покупке дома (квартиры) в пользу энергоэффективного здания, и так далее. Ответ на вопрос «насколько повышать требования?» уже лежит в области индивидуальных потребностей каждого человека.

Можно ли утеплять наружные ограждающие конструкции здания изнутри? Какие в данном случае существуют минусы и плюсы?

Если отвечать максимально кратко, то ответ будет: «Да, можно». Но при этом не стоит забывать, что простые и односложные ответы и решения лишены нюансов и деталей, лишены окраски. А как известно, дьявол кроется именно в деталях. Иногда нам важно выполнить прикидочный расчет, дать оценку, и в этой ситуации мы прибегаем к поверхностному анализу, не вникая в детали. Мы, конечно, выигрываем в скорости расчетов, в трудозатратах. Однако если нам необходим точный результат, то отсутствие внимания к деталям может впоследствии сыграть с нами злую шутку. Вещи, которые нам казались несущественными и незначительными в начале, приобретают огромную важность и вес тогда, когда все процессы уже закончены и исправить ситуацию практически невозможно. Какие детали и нюансы стоит рассмотреть и принять во внимание до того, как мы решим утеплять внешние стены или крышу дома изнутри? Давайте по порядку!

— С точки зрения тепловой защиты (точнее будет сказать, с точки зрения сокращения теплового потока через ограждающую конструкцию), как уже было сказано, особой разницы в том, размещать теплоизоляционный слой снаружи или изнутри, нет. Сопротивление теплопередаче каждого отдельного слоя многослойной строительной конструкции суммируется, а, как мы все помним

из школьных уроков математики, от перемены мест слагаемых сумма не меняется.

- Повышенный риск увлажнения строительной конструкции в весенне-осенний период. Процесс теплопереноса через наружные ограждающие конструкции в процессе эксплуатации отапливаемых зданий всегда связан с процессом массопереноса, а точнее влагопереноса. Водяной пар, находящийся в окружающем нас воздухе, так же, как и тепловая энергия, стремится покинуть здание сквозь барьер в виде наружных ограждающих конструкций. Влага, попадающая внутрь строительной конструкции, во всех отношениях влияет на нее негативно. Тут можно говорить и о снижении теплозащитных функций ограждения, и об уменьшении его долговечности, повышении риска развития плесени и прочее. Поэтому одной из важнейших задач при проектировании наружных ограждающих конструкций является обеспечение механизма скорейшего вывода той влаги, которая (неважно, по каким причинам) туда попала. В первом случае, когда теплоизоляция расположена с наружной стороны ограждения, создаются оптимальные условия для влагопереноса изнутри наружу. Характеристики паропроницаемости материала, из которого выполнена несущая стена, будь то кирпич или бетон, на порядок (а то и выше) хуже, чем характеристики теплоизоляции, расположенной снаружи. Прописная истина: чтобы обеспечить беспрепятственное удаление влаги из многослойной конструкции, необходимо, чтобы сопротивление паропроницанию слоя, расположенного ближе к улице, было как минимум на порядок ниже, чем сопротивление паропроницанию слоя, расположенного ближе к внутренней поверхности. Именно так и получается, когда утеплитель расположен снаружи. Что же будет в обратной ситуации, когда мы утеплим наружную стену изнутри? Мы затрудняем вывод влаги, фактически запечатываем ее внутри стены. Это крайне неблагоприятно для строительной конструкции. Это одна из причин, почему утеплять изнутри крайне нежелательно.
- Второй негативный момент утепления наружной ограждающей конструкции изнутри связан с невозможностью использования теплоаккумулирующей способности несущего массивного слоя. Как это работает в реальности: внутренний воздух, нагретый до температуры 20–22 °С, стремясь выйти на улицу, сначала проходит сквозь массивную стену, нагревая ее. Слой утеплителя, расположенный сна-

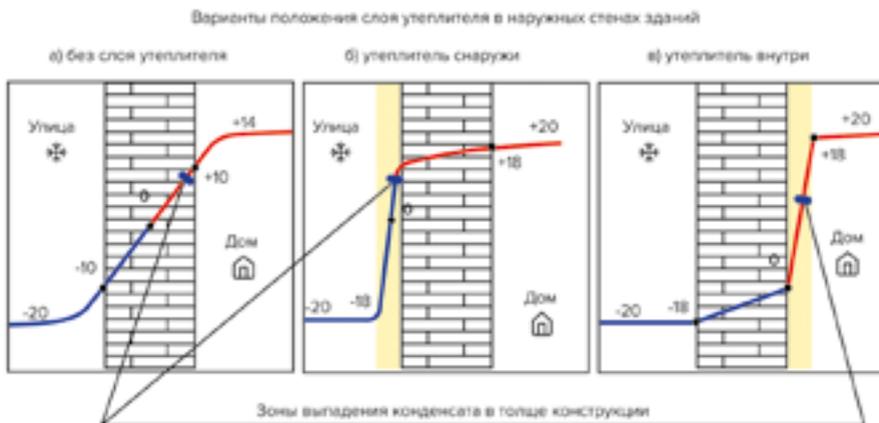


Рис. 19

ружи, замедляет процесс ее остывания, создавая теплотехнический барьер, температура несущей части при этом снижается менее активно. В итоге мы получаем своего рода прототип массивного теплового аккумулятора. А в том случае, если мы расположим слой утеплителя изнутри, таковой возможности мы лишаемся. Роль теплового аккумулятора не стоит недооценивать. Он помогает сократить потребление тепловой энергии на отопление, он позволяет более плавно регулировать температуру внутреннего воздуха в помещениях. Помните принцип работы русской печи в избе? Сравнение, конечно, не совсем корректное, но базовые принципы оно описывает неплохо.

Есть ли смысл рассматривать вариант установки энергосберегающих окон с более высокими, чем требуют действующие нормы, теплозащитными характеристиками?

Ответ на этот вопрос во многом созвучен с ответом на предыдущий. Помните определение энергоэффективности, данное во втором разделе? Мы должны оценивать не только энергетический, но и финансовый аспект выбираемых решений. Мы с вами уже выяснили, что окна по уровню тепловой защиты намного слабее непрозрачных ограждающих конструкций. Попытка снижения тепловых потерь через светопрозрачные конструкции до уровня потерь, например, через стены дело достаточно затратное, так как окна с высокими теплозащитными характеристиками стоят очень дорого. По умолчанию в зданиях, как

правило, устанавливают энергосберегающие стеклопакеты со стандартными теплозащитными характеристиками. Для достижения желаемого эффекта снижения энергопотребления здания необходимо одновременно рассматривать процесс снижения тепловых потерь через окна и через несветопрозрачные конструкции. Идя таким путем, мы сможем избежать перекосов в снижении потерь тепла в ту или иную сторону. Очень важно при выборе энергосберегающих мер сохранять баланс. В противном случае мы можем оказаться заложниками ситуации, когда мера, которая может нам обеспечить максимальный эффект с точки зрения энергосбережения, будет абсолютно неприемлема с экономической точки зрения либо будет трудно реализуема технически. Иными словами, не будет энергоэффективной — поскольку на ее реализацию мы потратим больше денег, чем сможем получить за счет эффекта энергосбережения. Забегая немного вперед, скажу, что сегодня у нас есть пример такой ситуации в области массового жилищного строительства. Догадываетесь, о какой сложности идет речь? Если нет, наберитесь немного терпения, мы обязательно поговорим об этом в разделе 11.

Какова реальная необходимость в оптимизации потерь тепла через теплотехнические неоднородности в тепловой оболочке здания? И если она существует, то насколько глубоко нужно проводить оптимизацию?

Когда речь заходит о теплотехнической однородности тепловой оболочки здания, то у большинства обычно возникает желание не связываться с решением этой задачи, не погружаться в сложные расчеты. Что ж, это возможно, но только в одном случае: если здание обладает простой геометрической формой. Вспоминая школьный курс геометрии, здание должно представлять собой куб, параллелепипед или шар. Если бы наши здания имели форму указанных фигур, то энергоэффективность в них была бы заложена изначально. Причем «запас» энергоэффективности был бы на довольно высоком уровне. Сложно сделать количественную оценку, но мы все же попробуем. Энергоэффективность, заложенная на начальной стадии проектирования (мы уже об этом с вами говорили в разделе 3), позволяет обеспечить более высокий результат за меньшие капитальные вложения. Почему указанные формы зданий позволят нам добиться такого результата? Куб и параллелепипед — формы, позволяющие получить оптимальную компактность оболочки здания. Что это значит? При этом отношение суммарной площади наружных ограждающих конструкций к объему, заключенному между этими ограждающими конструкциями, будет минимальное. А раз

так, то подвергаться охлаждению будет меньшая площадь наружных ограждающих конструкций, что неминуемо приведет к сокращению тепловых потерь. Шар мог бы быть еще более эффективной формой, даже лучше, чем куб или параллелепипед, поскольку помимо компактности он обладает еще одним неоспоримым преимуществом — в нем нет углов! А углы — это тоже один из видов теплотехнической неоднородности. Но представить себе дом в форме шара довольно сложно. Были попытки строительства таких зданий, в основном за рубежом. С точки зрения энергоэффективности они себя оправдали с лихвой. Но вот с точки зрения стереотипов, от которых человеку довольно сложно отказаться, все оказалось не так просто. Непривычно... Как в таком здании расставить мебель, например? Подобные вопросы из области бытового комфорта не позволили обеспечить широкое распространение данной концепции. А жаль... Сегодня при выборе недвижимости потребитель значительно больше внимания уделяет эстетической стороне, а не практической. Здания причудливой формы с выразительной архитектурой, большими площадями остекления, с элементами декора в виде колонн, эркеров и т. п. пользуются значительно большим интересом среди потенциальных потребителей. Энергоэффективность объекта недвижимости будущего домовладельца если и интересует, то явно не в приоритетном порядке. Однако все меняется с точностью до наоборот после того, как счастливый обладатель нового дома или квартиры получает первые счета за отопление. У нас счета приходят пока еще не астрономические, не такие, как в Европе, скажем (но если соотнести уровень доходов населения в Европе и в России, то положение приблизительно выравнивается). Исправить (улучшить) ситуацию, когда здание уже построено и запущено в эксплуатацию, все еще можно, но это многократно сложнее, дороже, дольше и проблематичнее.

7. Выбор уровня теплозащиты светопрозрачных конструкций

Как мы уже выяснили, размер тепловых потерь через наружные стены и фасадные окна при правильном сбалансированном подходе должен быть приблизительно равным. В то же время, как вы помните, наружные стены при любом раскладе имеют более высокие характеристики тепловой защиты по сравнению с окнами, даже самыми лучшими с точки зрения сохранения тепла. Как же соблюсти равенство? Посчитаем площадь остекления: если максимальная площадь окон на фасаде жилого дома составляет около 20–22 % от общей площади стен (без учета площади оконных проемов), мы получим приблизительно равный размер тепловых потерь через окна и через внешние стены. В среднем из 100 % всех потерь тепловой энергии в здании на окна приходится порядка 15–20 %. Примерно такая же доля, соответственно, приходится на тепловые потери через наружные стены. Несложно подсчитать, что суммарные потери через внешние стены и фасадные окна будут составлять примерно 30–40 %. Вентиляционные потери в жилых зданиях составляют приблизительно 50 %. Потери через крышу — примерно 5–8 %. Остается последний канал тепловых потерь жилого дома: через стены подвала и полы по грунту. Доля этих потерь — оставшиеся 2–5 %.

Понятно, что приведенные проценты весьма приблизительны, однако на них вполне можно ориентироваться при проведении начального расчета уровня тепловой защиты ограждающих конструкций как жилого многоквартирного дома, так и объекта индивидуального жилищного строительства. Еще раз необходимо обратить внимание: если мы примем за основу уровень требований к тепловой защите здания, зафиксированный в нормативных документах, запроектировать и построить энергоэффективное здание у нас не получится. В лучшем случае мы сможем говорить о безопасности такого здания для жизни и здоровья жильцов. Однако тут нужно четко понимать, что входит в перечень параметров, характеризующих безопасность здания с точки зрения тепловой защиты. Их три, они простые:

- выполнение требований безопасности с точки зрения санитарно-гигиенических правил;

- выполнение требований к уровню теплозащиты наружных ограждающих конструкций;
- выполнение требования к удельному расходу тепла на отопление и вентиляцию.

Первое требование, если мы планируем строительство энергоэффективного здания, можно всерьез не рассматривать — оно будет выполняться автоматически. Говоря простыми словами, его суть заключается в том, что уровень теплозащиты наружной ограждающей конструкции должен быть таким, чтобы на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции не происходило конденсации паров влаги внутреннего воздуха. Если такое явление происходит, то на внутренней поверхности будут возникать условия для роста грибка и плесени. Крайне опасно для здоровья человека подолгу пребывать в закрытом помещении, в воздухе которого присутствуют споры различных грибков. Достаточно упомянуть, что это серьезно повышает риск развития онкологических заболеваний.

Второе требование заключается в том, что тепловая защита наружных ограждающих конструкций должна быть не менее нормируемой по СП 50.13330 «Тепловая защита зданий». Да, этот показатель как раз связан с темой энергосбережения. Равно как и третий: удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий должен быть не выше нормативного. Однако напомним, что государство, устанавливая уровень нормативных требований к этим двум показателям, вовсе не стремится обеспечить комфортную и безоблачную жизнь для потребителей. Это, если хотите, минимально допустимый уровень энергосбережения. Требуя соблюдения конкретных значений тепловой защиты, государство заботится не столько о повышении энергоэффективности, сколько о соблюдении баланса капитальных затрат на строительство (точнее сказать, строительные, в основном теплоизоляционные материалы) с затратами на эксплуатацию здания с точки зрения расходов на отопление и вентиляцию. Последний раз нормы тепловой защиты ограждающих конструкций в нашей стране повышались в 2003 году во время очередного пересмотра СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Как мы помним, за минувшие с тех пор 17 лет тарифы на тепло выросли более чем в 20 (!) раз, цены на строительные материалы (в том числе на теплоизоляционные) тоже выросли многократно — а уровень требований к теплозащите остался на уровне самого начала XXI века.

8. Насколько оправданно применение терморазъемов (прерывание мостиков холода)

Если отвлечься от финансовой стороны вопроса, то применение терморазъемов — дело крайне полезное и нужное. Эти решения позволяют существенно снизить негативное влияние тепловых мостов. Однако решения мы принимаем в мире, где все стоит денег, поэтому нам необходимо заранее просчитать, какой эффект мы получим от применения данной меры: стоит ли овчинка выделки? К счастью, тут все достаточно просто. В рядовых (неэнергоэффективных) зданиях применение терморазъемов экономически не имеет практического смысла. Если теплозащита здания находится на низком уровне, потери тепла через стены, крышу, окна, вентиляцию составляют примерно 95–98 %, и заниматься оптимизацией тепловых мостов при этом нет никакого смысла. Это все равно что ставить дорогой и надежный засов на хлипкую дверь. Энергия будет легко покидать здание через слабо утепленные ограждающие конструкции, двигаясь по пути наименьшего сопротивления. Однако если уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций уже достаточно высок (не ниже нормативных требований), доля потерь энергии через тепловые мосты будет стремительно расти, снижая уровень теплозащиты оболочки здания вплоть до двух раз. Почему так происходит? Предположим, в стремлении снизить энергопотребление, меньше платить за отопление мы упорно продолжаем повышать теплозащиту наружной оболочки здания по глади, не обращая внимания на растущие потери через мосты. Эффект от наших стараний будет получаться с каждым разом все меньше и меньше. Все потому, что доля потерь через мосты при этом будет неуклонно возрастать. Известно, что по пути наименьшего сопротивления в этом мире движутся не только деньги, но и многое другое: электрический ток, вода, энергия, в том числе и тепловая. Если мы качественно утеплили наружную стену, тепловая энергия начнет активнее пробивать себе дорогу наружу, используя тепловой мост. Следовательно, при достижении определенного уровня тепловой защиты ограждающих конструкций дальнейшее эффективное движение вперед возможно только с оглядкой на потери через мосты. В Своде правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» присутствует требование обязательного учета влияния тепловых мо-

стов на основании расчета. То есть можно констатировать, что текущий уровень требований к тепловой защите зданий уже привел нас к ситуации, когда без проработки узлов теплотехнической неоднородности запроектировать и построить энергоэффективное здание невозможно. Выбор решения по оптимизации — это второй вопрос, но уже сейчас можно сделать вывод, что внимание к тепловым потерям через неоднородности должно быть серьезным.

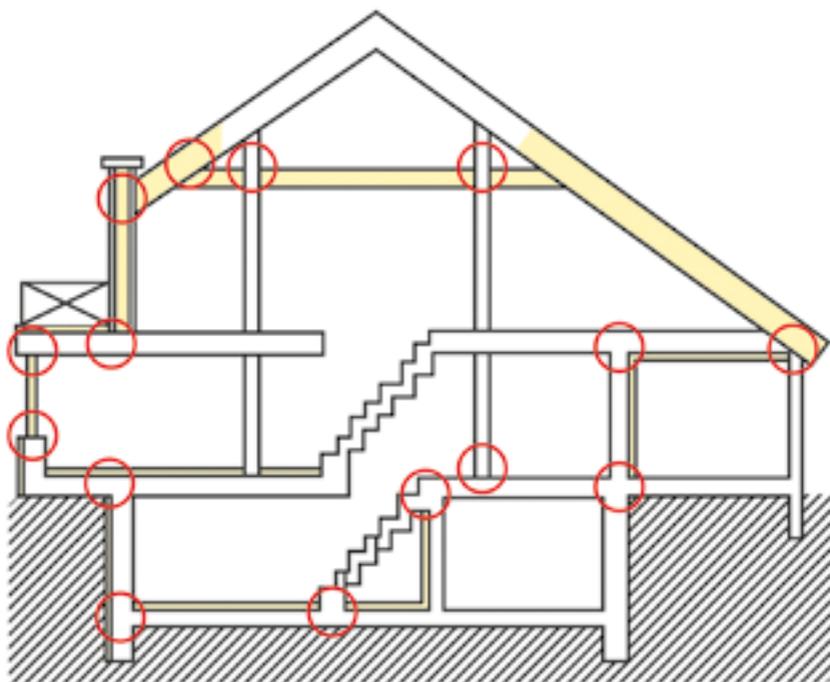


Рис. 20

9. Однослойная или многослойная конструкция. Достоинства и недостатки

На страницах специализированной литературы, посвященной вопросам строительства зданий и сооружений, на семинарах и научных конференциях, в интернет-пространстве многие годы не утихают споры об оптимальной наружной ограждающей конструкции зданий. Что будет эффективнее, какой вариант более надежен и долговечен: однослойный или многослойный? Мы затронули эту тему в разделе 5, когда обсуждали трансмиссионные тепловые потери, теперь пришло время детального обсуждения. Чем следует руководствоваться заказчику, проектировщику, владельцу будущего здания при выборе конструкций внешних стен? Какие аспекты возведения и эксплуатации ограждающих конструкций здания необходимо учитывать в обязательном порядке, а чем можно пренебречь? Чтобы разобраться в вопросе, нам для начала следует вспомнить основные функции ограждающих конструкций:

- Придание и обеспечение механической прочности и безопасности несущего каркаса здания. Для того чтобы построенное здание могло успешно противодействовать внешним нагрузкам и воздействиям на здание, необходимо, чтобы уже в процессе проектирования были учтены все особенности его будущей эксплуатации.
- Обеспечение требований пожарной безопасности. Это отдельный и большой вопрос, важность которого сложно переоценить, ведь от него зависит не только безопасность здания, размеры финансовых затрат, связанных с обеспечением необходимого уровня безопасности, но также жизнь и здоровье людей, находящихся в здании.
- Обеспечение санитарно-гигиенических требований, а также требований теплового комфорта внутри помещений здания. Требования энергетической эффективности, связанные с необходимостью поддержания параметров микроклимата, стали обязательными для выполнения при строительстве нового объекта (или вводе в эксплуатацию существующего объекта после прохождения комплексного капитального ремонта) с 01.07.2018, когда в действие вступила первая стадия Приказа Минстроя России № 1550/пр «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» от 17.11.2017.

Существует еще целый ряд «обязанностей», возложенных на конструкции внешней оболочки здания, но нам для понимания ответа на рассматриваемый в этой главе вопрос вполне достаточно трех перечисленных. Итак, очевидно, что обеспечить выполнение указанных требований чисто технически можно, не прибегая к возведению многослойных конструкций. Если рассматривать задачу чисто гипотетически, не принимая в расчет экономические аспекты, вопросы, связанные с целесообразностью и разумной достаточностью, то можно считать использование однослойных строительных конструкций отличным вариантом, удовлетворяющим вышеперечисленным требованиям. Вот основные, лежащие на поверхности аргументы в пользу однослойных решений:

- монослойные ограждения позволяют исключить дополнительные работы, связанные с заказом ассортиментных видов строительных материалов и изделий;
- отпадает необходимость крепления на внешнюю стену фасадных систем;
- состояние и необходимость проведения ремонтных работ в случае однослойной конструкции значительно легче оценить, не прибегая к демонтажу фасадной системы;
- однослойная конструкция теплотехнически более однородна, чем многослойная;
- и многое, многое другое.

На первый взгляд, представленная аргументация выглядит более чем разумно и логично. Поэтому отнюдь не странно, что у данного подхода сегодня довольно много приверженцев. Однако в приведенном «гипотетическом» примере, увы, упущено из виду одно из главных на сегодняшний день условий, а именно — необходимость повышения энергосбережения и энергоэффективности объектов капитального строительства. В зданиях, подпадающих под действие строительных норм и правил в целях выполнения требований к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, однослойную внешнюю стену жилого здания, например, в Москве необходимо будет выполнить толщиной:

Железобетон $b_{\text{ЖБ}} = 5,8 \text{ м}$ (теплопроводность = 1,95 Вт/м·К)

Кирпич полнотелый $b_{\text{КП}} = 1,8 \text{ м}$ (теплопроводность = 0,60 Вт/м·К)

Теплая керамика $b_{\text{ТК}} = 1,2$ м (теплопроводность = 0,40 Вт/м·К)

Газобетон $b_{\text{ГБ}} = 0,4$ м (теплопроводность = 0,12 Вт/м·К)

Конструкционные и даже конструкционно-теплоизоляционные строительные материалы отлично справляются с задачами обеспечения механической и зачастую пожарной безопасности, однако при этом они, как правило, абсолютно бесполезны для решения задач, связанных с энергосбережением. Причиной данного противоречия является относительно высокая плотность конструкционных материалов. Нельзя не отметить, что в этом, с одной стороны, их плюс и преимущество. Высокая плотность как бы предопределяет высокие прочностные характеристики (замечу, не всегда дела обстоят именно таким образом, но чаще это так, чем наоборот). Однако когда мы стремимся к энергосбережению, нам как раз необходимы материалы, обладающие более низкой плотностью, чем металлы, бетон, кирпич и другие общестроительные материалы, — они должны быть более пористыми. По этой причине конструкционные материалы не могут конкурировать с более эффективными теплоизоляционными. В то же время строительные конструкции не могут быть выполнены только из теплоизоляционных материалов, но если чисто гипотетически попробовать прикинуть толщину внешних стен того же жилого здания в Москве, выполненных только из современных теплоизоляционных материалов, то мы получим следующую картину:

Минеральная вата $b_{\text{МВ}} = 0,13$ м (теплопроводность = 0,042 Вт/м·К)

Вспененный пенополистирол $b_{\text{ПП}} = 0,12$ м (теплопроводность = 0,040 Вт/м·К)

Экструзионный пенополистирол $b_{\text{ХПС}} = 0,10$ м (теплопроводность = 0,032 Вт/м·К)

Полиизоцианурат (ПИР) $b_{\text{ПИР}} = 0,07$ м (теплопроводность = 0,021 Вт/м·К)

Сравнивая толщины материалов из первой и второй групп, нетрудно заметить, что минимально допустимая толщина стены, выполненной из самого эффективного с точки зрения энергосбережения конструкционного материала (в данном случае это газобетон), должна быть примерно в четыре раза больше толщины наружной стены, выполненной из минеральной ваты. Данное сравнение, безусловно, нельзя рассматри-

вать как прямой призыв к действию, однако стоит вспомнить о нем, когда мы стоим перед выбором энергосберегающего материала или решения.

Однако позвольте... Мы собирались сравнить однослойные и многослойные конструкции. Давайте вернемся к этому вопросу.

Многослойные конструкции отличаются от однослойных тем, что каждый отдельный слой конструкции, сделанный из того или иного материала, выполняет свою вполне определенную функцию, внося уникальный вклад в работу всей системы в целом. Толщина каждого отдельного слоя конструкции подбирается, исходя из необходимости выполнения конкретных требований к конкретной характеристике. Не очень разумно увеличивать толщину слоя материала в стремлении решить одновременно две или три задачи. Давайте для наглядности рассмотрим эту ситуацию на конкретном примере. Возьмем в качестве исходных данных все тот же жилой дом, расположенный в Москве. Выполнив расчеты нагрузок и воздействий в зависимости от условий размещения здания, особенностей его эксплуатации, допустим, мы пришли к выводу, что для обеспечения механической прочности внешних стен нам необходима минимальная толщина газобетонных блоков, равная 300 мм. Выполнив теплотехнический расчет для фрагмента кладки из газобетона толщиной 300 мм, мы получаем значение сопротивления теплопередаче:

$$R_0 = b/\lambda = 0,3/0,2 = 1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

При этом требования норм в области тепловой защиты к стенам жилых зданий в Москве, как мы уже выяснили, составляют $R_{\text{норм}} = 2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$. Давайте попробуем на этом примере рассчитать размер капитальных затрат на повышение энергосбережения в случае однослойной и в случае многослойной конструкции стены.

Однослойная конструкция стены

- Толщина газобетонного блока, удовлетворяющего действующим требованиям в области тепловой защиты жилых зданий: $b = R_0 \cdot \lambda = 2,99 \cdot 0,12 = 0,4 \text{ м}$
- Стоимость 1 м^3 газобетонных блоков в Москве: $S = 3\,500 \text{ руб}/\text{м}^3$
- Цена 1 м^2 кладки из газобетонных блоков, удовлетворяющей требованиям норм по тепловой защите: $S = 3\,500 \cdot 0,4 = 1\,400 \text{ руб}/\text{м}^2$

Многослойная конструкция стены

- Толщина газобетонного блока, принятая по результатам расчетов нагрузок и воздействий: $b_{\text{мин}} = 300 \text{ мм}$
- Сопротивление теплопередаче фрагмента кладки из газобетона толщиной 300 мм: $R_0 = b / \lambda = 0,3 / 0,2 = 1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$
- Недостающее значение сопротивления теплопередаче кладки из газобетона толщиной 300 мм: $R_1 = R_{\text{норм}} - R_0 = 2,99 - 1,50 = 1,49 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$
- Толщина слоя минеральной ваты, необходимая для выполнения требований к тепловой защите внешних стен жилых зданий в Москве: $b = R_1 \cdot \lambda = 1,49 \cdot 0,042 = 62 \text{ мм}$
- Стоимость 1 м^3 минеральной ваты, предназначенной для систем СФТК: $S = 4\,500 \text{ руб/м}^3$
- Цена 1 м^2 многослойной стены, выполненной из газобетонных блоков толщиной 300 мм и минеральной ваты толщиной 62 мм: $S = (3\,500 \text{ руб/м}^3 \cdot 0,3 \text{ м}) + (4\,500 \text{ руб/м}^3 \cdot 0,062 \text{ м}) = 1\,050 \text{ руб/м}^2 + 279 \text{ руб/м}^2 = \mathbf{1\,329 \text{ руб/м}^2}$

Таким образом, мы с вами видим, что попытка выполнения норм тепловой защиты для наружных стен жилых зданий в Москве в случае однослойной стены будет дороже варианта многослойной стены с точки зрения капитальных затрат на материалы на $1400 - 1329 = 71 \text{ руб/м}^2$.

Внимательный читатель, должно быть, сразу заметит: «Позвольте, но ведь в калькуляции вы не учли затраты на сухие смеси, а также стоимость работ по монтажу штукатурного фасада во втором случае! Если прибавить эти затраты к полученной стоимости, то вполне может получиться, что фрагмент кладки с системой утепления СФТК окажется дороже однослойной стены из газосиликата толщиной 600 мм». Что ж, при необходимости можно выполнить и данный расчет, однако не будем забывать, что поверхность газосиликатной кладки также требует оштукатуривания. Стало быть, этот вид затрат (на сухие смеси для организации защитного слоя из штукатурки, а также на выполнение работ) можно считать приблизительно одинаковым и в сравнительном расчете не учитывать.

Кто бы что ни говорил, но поверхность кладки из газобетона очень не рекомендуется оставлять без защиты на срок более 1–2 лет. Зна-

копеременные нагрузки (ночь — день, зима — лето), воздействие капельной влаги при косых дождях, ветровая нагрузка и многие другие негативные атмосферные факторы, связанные с эксплуатацией в реальных условиях, явно не добавляют баллов к прочностным и тепло-техническим характеристикам стен из газобетона без дополнительной защиты. А это, в свою очередь, скажется на надежности и долговечности конструкций внешних стен жилого здания. Строить здание, ставя во главу угла принцип максимального сокращения всех коэффициентов запаса, ориентируясь только на минимальную себестоимость, надеясь на традиционный русский авось (что все обойдется, и дом простоит лет пятьдесят, радуя жильцов качеством и надежностью)... Увы, так это не работает. Надежда — это не стратегия. Слишком большие затраты, слишком большой риск, чтобы позволить себе роскошь «авось» в этом вопросе. Поэтому все должно быть многократно просчитано и проверено, прежде чем будет принято окончательное решение и начато строительство. Нет ничего хуже принятия решения, как говорится, «на эмоциях», когда нам предлагают веру вместо аргументов и доказательств, красивые картинки вместо графиков и таблиц, заманчивое описание и маркетинговый текст вместо расчетов и показателей.

Что же касается остальных аспектов, не касающихся темы энерго-сбережения, то и там применение многослойных конструкций взамен однослойных принесет гораздо больше плюсов потребителю. Утеплитель из минеральной ваты, установленный с внешней стороны наружных ограждающих конструкций здания, повышает звукоизоляцию внутренних помещений от внешнего шума, повышает пожарную безопасность строительных конструкций, улучшая такие характеристики, как огнестойкость и пожарная безопасность.

А теперь давайте представим, что мы по каким-то неведомым причинам все же решили возводить здание, используя однослойные ограждающие конструкции. Вопросы экономики, которые мы с вами только что рассмотрели, это лишь вершина айсберга. Нам предстоит столкнуться с очень большими затратами, связанными с перерасходом денежных средств, необходимых для проведения работ и приобретения материалов для усиления основания здания, площадь здания по наружным размерам будет существенно больше, чем в случае, когда мы используем многослойные конструкции. А раз так, то затраты, связанные с приобретением земельного участка под пятно застройки, также будут расти. Ко-

роче говоря, получается, что удорожание, причем значительное, будет происходить по всем направлениям.

Так стоит ли в такой ситуации, когда все явно указывает на превосходство многослойных конструкций над однослойными, продолжать упорствовать и строить здания по устаревшим технологиям?

10. Насколько необходимо утеплять различные виды наружных ограждающих строительных конструкций

В предыдущем разделе мы пришли к выводу о необходимости использования именно многослойных конструкций. В нашей необъятной стране с большим количеством не только часовых поясов, но и климатических зон практически нет территорий, в которых с точки зрения энергосбережения не требовалось бы дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций. Особенно с учетом цен на энергоносители — они уже давно не те, что были до 1973 года (когда произошел топливный кризис, давший серьезный толчок к развитию энергосберегающих технологий и решений). Более того, с 2008 года в России говорят уже не только об энергосбережении, но и об энергоэффективности, то есть о некоей оценке оправданности того или иного уровня финансовых затрат на повышение энергосбережения, поэтому мы должны оценивать получаемый результат также с точки зрения минимизации затрат на получение желаемого эффекта.

Прежде чем мы погрузимся в изучение методов оценки эффективности, стоит провести более простые подсчеты: любое здание состоит как минимум из четырех стен, одной крыши, пола первого этажа, определенного количества светопрозрачных конструкций. В здании в обязательном порядке присутствует система вентиляции, через которую не только осуществляется воздухообмен, но и происходит теплообмен внутреннего воздуха с наружным.

Если придерживаться уровня существующих требований к энергосбережению зданий, то по сути вопрос, насколько утеплять ту или иную конструкцию, возникать не должен. Необходимо просто собрать конструкцию из строительных материалов такой толщины, чтобы приведенное сопротивление теплопередаче было не ниже нормативных значений. Но мы с вами уже убедились, что значения, зафиксированные в нормативных документах, довольно далеки от решения задачи, связанной с повышением энергоэффективности. Они отражают лишь некий минимальный уровень, приемлемый для функционирования национальной экономики. О развитии и о комфорте тут речь не идет. Иными словами, уровень тепловой защиты оболочки должен быть выше норма-

тивных значений. Вопрос — насколько? Однозначного, готового ответа нет. Все зависит от конкретной ситуации. Чтобы провести оценку, нам необходимо будет выбрать некий критерий, показатель, рассматривая который мы в итоге сможем судить об эффективности того или иного уровня тепловой защиты для каждого отдельного вида тепловых потерь здания. Приведу наглядный пример, иллюстрирующий данный принцип.

Пример:

Жилой многоквартирный дом, запроектированный для строительства в городе Новосибирске. Двухэтажное здание отапливаемой площадью 144 м^2 , квадратное в плане (ширина и длина здания составляют по 12 метров), с высотой потолков, равной трем метрам. Согласно положениям Приказа Минстроя России № 1550/пр «Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», базовый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию для такого здания с 01 июля 2018 года составляет $191,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ за отопительный период. Нормируемый расход, являющийся предельным показателем, превышать который недопустимо ни при каких условиях, составляет 80 % от базового значения и равен $153,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. При таком показателе расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданию может быть присвоен класс энергоэффективности С (повышенный).

Все дальнейшие расчеты будут выполняться путем многократного вычисления энергетического паспорта здания. Все нюансы методики мы рассмотрим в приложении к данной книге, а пока опустим подробности, ограничившись исходными данными для вычисления и полученными результатами.

Если в начале расчета при проектировании тепловой защиты здания мы примем сопротивление теплопередаче для всех ограждающих конструкций равным нормируемым показателям (то есть соответствующим требованиям СП 50.13330.2012 с Изменениями № 1), то в результате мы получим проект здания, которое будет потреблять порядка $105 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ тепловой энергии за отопительный период. Это примерно на 30 % лучше размера базовых требований по Приказу Минстроя России № 1550/пр и практически равно требованиям первого этапа энергосбережения по указанному Приказу. В целях дальнейшего снижения тепловых потерь здания мы должны на основании первичного расчета энергопаспорта выявить каналы с максимальным размером потерь и затем их оптимизировать. Как мы уже выяснили, три самых слабых «звена» в этом смысле —

внешние стены, окна, а также вентиляция. Суммарная доля потерь через них может составлять до 83 % от общего размера тепловых потерь. Если рассмотреть разбивку 83 % по составляющим, то мы можем получить примерно следующие значения:

Внешние стены:	19 %
Окна:	22 %
Вентиляционные потери:	42 %

Попытка оптимизации именно этих трех каналов позволит нам получить максимальное снижение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию при наименьших затратах на саму оптимизацию. Почему так? Оптимизируя большее, мы получаем в итоге и больший результат. На что мы должны при этом ориентироваться? Очевидно, на показатель удельного расхода. Ведь в конечном счете нас интересует количество тепловой энергии, которое потребуется для отопления нашего дома. Повышение тепловой защиты оболочки здания, снижение размера вентиляционных потерь — это своего рода средства на пути к снижению энергопотребления здания, но не самоцель. Поэтому мы и должны подходить к вопросу оптимизации с точки зрения эффективности. Иными словами, повышать тепловую защиту отдельно взятого канала, снижать тепловые потери через него имеет смысл до тех пор, пока наши действия приносят ощутимый результат.

Тут стоит сделать небольшую паузу для того, чтобы разобраться: а какой результат мы можем считать ощутимым? В чем бы мы ни измеряли энергопотребление здания (в кВт·ч, в МДж или даже в финансовых единицах, то есть в рублях на м²), очевидно, что этот показатель крайне субъективен. Результат всегда необходимо сопоставлять с теми целями и задачами, которые ставит перед собой владелец здания. Планируя инвестиции в повышение энергоэффективности, потребители могут абсолютно по-разному представлять конечную цель. Вот лишь несколько характерных примеров.

Пример 1: Я планирую увеличить жилую площадь дома на 20 %. При этом я хочу, чтобы это никак не повлияло на размер счетов по оплате отопления и вентиляции моего дома.

Пример 2: Поддерживая в жилых комнатах расчетную температуру внутреннего воздуха на уровне 20 °С, я чувствую дискомфорт.

Я все время зябну, поскольку у меня низкое артериальное давление. Я планирую поднять температуру внутреннего воздуха в помещениях до 24 °С, однако не хочу, чтобы это увеличило расходы семейного бюджета на услуги ЖКХ.

Пример 3: Я проживаю в частном доме, через несколько лет мне предстоит выход на пенсию, и я предвижу снижение уровня доходов на 30–40%. Я не планирую никуда переезжать из своего дома и хочу подготовиться, то есть соразмерно снизить размер платежей за отопление и вентиляцию своего дома.

Пример 4: Наша компания занимается проектированием и строительством загородных домов. Мы планируем открыть новое направление развития бизнеса, а именно — выйти на рынок энергоэффективного строительства. Считаем интересной и востребованной для конечных потребителей цель по энергоэффективности — минус 25% от значения базового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Как видно из примеров, причины и цели повышения энергоэффективности у всех людей могут быть разными. Помимо этого, у каждого вдобавок будет уникальная, не похожая на других стартовая позиция. Именно поэтому процесс поиска «правильного» решения будет строго индивидуальным. Даже в случае массового строительства по типовым проектам свои коррективы вносят особенности региона строительства, климат местности, где планируется застройка, экономические аспекты и так далее...

Итак, предположим, мы разобрались с целеполаганием, нашли для себя ответ на вопрос, какой уровень энергопотребления в нашем конкретном случае будет являться приемлемым. Далее нам необходимо подобрать такой набор и состав ограждающих конструкций здания, а также такую систему вентиляции, при которых суммарный уровень тепловых потерь (трансмиссионных и вентиляционных) был бы не выше желаемого нами результата. Однако читатель уже, наверное, порядком устал от пространных подготовительных рассуждений. Неужели нельзя дать простой и короткий ответ на вопрос, как повысить энергоэффективность моего дома? К сожалению, в этом уравнении (уравнении теплового баланса здания) слишком много переменных, от которых зависит конечный результат. Если мы хотим получить точный ответ, нам необхо-

димо как можно подробнее описать отправную точку, то есть правильно определиться с исходными данными.

Давайте вернемся к понятию удельного расхода. Поскольку Свод правил СП 50.13330.2012 — это документ национального уровня по проектированию тепловой защиты, действующий для отапливаемых зданий на всей территории Российской Федерации, его логика основана на принципе разумной достаточности для экономики страны. Давайте проясним. Если оболочка здания будет полностью соответствовать действующим требованиям, вентиляционные потери будут находиться в допустимых пределах, связанных с необходимостью обеспечения кратности воздухообмена, если компактность оболочки здания будет в пределах разумного (и таких «если» довольно много), то удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания будет близок к базовому требованию, содержащемуся в Приказе Минстроя России № 1550/пр. Но это, как мы с вами помним, некое среднее по стране, признанное выгодным с позиции государства значение удельного расхода. Однако каждый хозяин будущего дома крайне заинтересован в том, чтобы его дом был не только теплый, но и экономичный. И тут мы вновь приходим к тому, что нормативные значения нам уже не очень подходят — характеристики теплозащиты должны быть выше нормативных. Насколько? Чтобы обеспечить тот расход энергии, которого мы хотим достичь! Поскольку основные потери тепловой энергии в здании происходят через

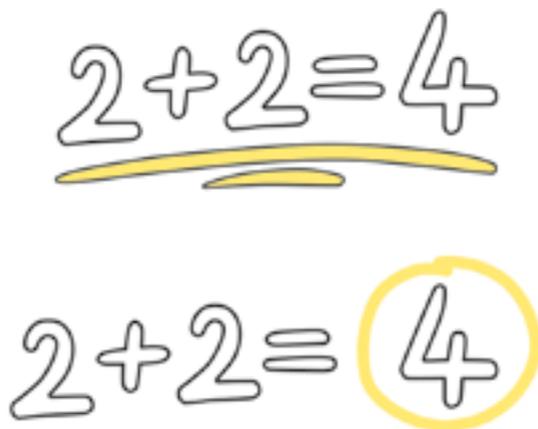


Рис. 21

стены, окна и через систему вентиляции, то именно их мы в первую очередь и должны оптимизировать.

Многочисленные расчеты энергопаспорта позволяют сделать однозначный вывод: для того, чтобы спроектировать и построить здание на 20% энергоэффективнее базовых требований, необходимо повысить тепловую защиту внешних стен примерно в два раза относительно того, что написано в нормах. Но это еще не все... Необходимо предусмотреть использование энергоэффективных окон с сопротивлением теплопередаче не ниже нормируемого. В принципе, этого должно быть достаточно, чтобы получить двадцатипроцентную экономию тепловой энергии.

В случае если мы хотим получить экономию тепла более 20% от базового значения, то к указанным мерам придется искать дополнительные. Это могут быть меры по снижению потерь через систему вентиляции. Можно рассмотреть вариант установки энергоэффективных окон с более высокими теплозащитными характеристиками, чем того требуют



Рис. 22

действующие нормы по тепловой защите зданий. Любопытно также, что на этом этапе уже не стоит сбрасывать со счетов тепловые потери через заглубленные конструкции (стены подвала, пол по грунту) и т. д. К ним стоит присмотреться более внимательно, так как при повышении теплозащиты всей оболочки здания, за исключением потерь в грунт, доля этих самых потерь начинает неминуемо расти.

11. Оптимизация потерь тепла, связанных с необходимостью обеспечения кратности воздухообмена и инфильтрацией наружного воздуха

Давайте поговорим о наиболее сложном с технической точки зрения (и наиболее затратном с финансовой) способе оптимизации теплового баланса здания. Доля вентиляционных потерь энергии в общем балансе здания сильно зависит от кратности воздухообмена, выбранного при проектировании здания, а также от герметичности теплового контура здания. Эти две составляющие вентиляционных потерь тепловой энергии стоит рассмотреть более подробно.

Первый, а именно кратность воздухообмена, напрямую связан с обеспечением требований безопасности относительно объема подачи свежего воздуха в жилые помещения. Согласно действующим требованиям, необходимое количество свежего воздуха можно рассчитать, исходя из размера отапливаемой площади жилых помещений либо исходя из количества людей, находящихся в помещении. Первый подход является усредненным, так как он базируется на нормативах обеспечения жилой площадью. Его недостаток в том, что реальное количество людей, проживающих в помещении, как правило, отличается от нормируемого. Нагляднее будет рассмотреть данную ситуацию на примере.

Учетная норма жилой площади, согласно Жилищному кодексу РФ, составляет 18 м^2 на человека. Количество свежего воздуха, необходимого для подачи в помещение указанной площади, будет равно трехкратному объему данного помещения. При этом в расчет объема должно закладываться проектное значение высоты потолков. В стандартном случае (то есть при расчетах по нормам) высота от пола до потолка в жилых зданиях принимается равной $2,77 \text{ м}$. Таким образом, умножив размер жилой площади, равный 18 м^2 , на высоту потолка, равную $2,77 \text{ м}$, мы получим значение $49,86 \text{ м}^3$. Это объем помещения для вентиляции. И это именно тот объем свежего воздуха, который должен поступать на каждые 18 м^2 жилой площади каждый час. Отмечу, что свежий воздух, попадая в помещение, не заменяет отработанный, а разбавляет его, постоянно подмешивая при этом кислород. Теперь этот объем чистого,

но холодного уличного воздуха нам необходимо нагреть до температуры 20 °С. Но почему нельзя просто взять и заменить объем отработанного воздуха чистым? В этом случае нам не пришлось бы тратить столько тепла на нагрев! Проблема тут чисто техническая. Осуществить мгновенную смену воздуха в помещении просто невозможно, но даже если предположить, что мы хотим сделать это максимально быстро, мы столкнемся с целым рядом сложностей. В многоквартирных зданиях система вентиляции, как правило, естественного типа. Она в принципе не может обеспечить более высокую скорость воздухообмена. Второе и, пожалуй, главное: человеку для комфортного самочувствия внутри замкнутого помещения необходимо постоянное содержание кислорода в воздухе. Если оно будет все время меняться — то возрастать, то снижаться — это однозначно скажется на самочувствии человека, причем не в лучшую сторону. По этой причине как раз и используется механизм «подмешивания» свежего воздуха в жилые помещения.

Логично напрашивается вывод, что чем больше объем отапливаемого помещения (за счет большей площади или большей высоты потолков), тем больше свежего воздуха нам потребуется для вентиляции (это справедливо в случае, когда для определения кратности воздухообмена используется подход, базирующийся на значении суммарной площади жилых помещений). Тем, соответственно, больше будет составляющая вентиляционных потерь. Можно ли как-то повлиять на полученное значение? Безусловно. Тут уместно вспомнить про принцип разумной достаточности применительно к размеру жилой площади на человека. Но даже если мы по каким-то причинам решили увеличить жилую площадь, то мы по-прежнему можем повлиять на потери тепловой энергии, связанные с необходимостью кратности воздухообмена. Принцип довольно прост: нам нужно организовать возврат тепла, уходящего с отработанным воздухом, обратно в помещение. Это называется рекуперацией тепла вытяжного воздуха. Технически процесс можно организовать с помощью специального устройства — рекуператора. Сегодня на рынке существует большое разнообразие решений данного типа, отличающихся по производительности, эффективности и цене. Рекуперация при правильном подходе достаточно эффективна, но при этом довольно затратна и технически сложна с точки зрения реализации. Высоких показателей рекуперации тепла следует ожидать только при условии наличия механической системы вентиляции, которая сама по себе является довольно дорогим удовольствием. По этой при-

11. Оптимизация потерь тепла, связанных с необходимостью обеспечения кратности воздухообмена и инфильтрацией наружного воздуха

чине рассчитывать на массовое внедрение систем рекуперации тепла в многоквартирных жилых домах в ближайшей перспективе вряд ли приходится. А вот для сегмента частного домостроения такой вариант снижения потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию вполне имеет право на жизнь, так как частные застройщики сегодня значительно больше внимания уделяют качеству внутреннего воздуха и по этой причине в частных домах стремятся устанавливать механические системы вентиляции.

Вторую составляющую вентиляционных потерь тепловой энергии можно назвать «потери тепла, вызванные инфильтрацией наружного воздуха внутрь теплового контура». Физически это неконтролируемый воздухообмен через щели и неплотности в оболочке здания, например через неплотное прилегание оконного блока, когда между ним и оконным проемом существуют сквозные щели, через которые внутренний объем помещения обменивается воздухом с улицей. С точки зрения энергосбережения это крайне неблагоприятное явление, поскольку в этом случае мы не можем оказывать влияния на размер тепловых потерь, иными словами, не можем их контролировать. При понижении температуры наружного воздуха, при усилении ветра поступление холодного воздуха с улицы внутрь здания будет неуклонно расти. И чем сильнее будут меняться внешние условия, тем драматичнее будут расти тепловые потери. Метод борьбы тут только один: тепловой контур здания необходимо сделать воздухонепроницаемым, а подача свежего воздуха должна осуществляться за счет работы системы вентиляции, которая в этом случае должна быть механической. Герметичность наружных стен здания в случае применения штучных материалов или железобетона достигается путем их оштукатуривания изнутри, а в случае деревянных или каркасных конструкций — применением пароизоляционных пленок, устанавливаемых с внутренней стороны наружных ограждающих конструкций. Чем качественнее будут выполнены работы по обустройству слоя, повышающего воздухонепроницаемость наружных стен здания, тем ниже будет размер тепловых потерь, обусловленных инфильтрацией наружного воздуха.

12. Обоснование выбранного подхода

Сегодня строительный рынок и производители товаров и услуг предлагают огромное количество технологий, предназначенных для повышения энергосбережения зданий. Вполне естественно, что каждый производитель будет утверждать, что именно его технология, его продукция сможет просто и идеально решить стоящую перед заказчиком задачу. Причем обещает сделать это максимально эффективно и надежно. Что ж, наверное, можно довериться информации производителя, а можно попытаться проверить ее самостоятельно, хотя бы в первом приближении. Тем более что сделать это не так сложно, как кажется.

Итак, какие параметры нас интересуют, чтобы выбрать оптимальное с точки зрения финансов решение? В самом простом случае (при расчете так называемой простой окупаемости) их два:

1. Общий размер единовременных капитальных затрат на внедрение и эксплуатацию энергосберегающего решения, ΔK , З., руб.
2. Размер годовой экономии, которую мы получим в результате внедрения энергосберегающей меры, $\Delta \text{Э}$, руб./год.

Вот и все... Далее нам нужно просто разделить ΔK , З. на $\Delta \text{Э}$, и получить значение, которое будет демонстрировать количество лет работы данной энергосберегающей меры до момента полной окупаемости финансовых вложений в нее. Именно такой исключительно финансовый и прагматичный подход должен применяться при принятии решения о начале инвестирования в повышение энергоэффективности объектов недвижимости за счет той или иной меры.

Сейчас мы с вами рассмотрим еще один пример, из которого нам станет ясно, почему не стоит ограничиваться однобоким подходом, игнорировать тепловые потери через альтернативные каналы и пытаться скомпенсировать их опосредованно, то есть за счет оптимизации других каналов потерь.

Давайте попробуем представить, что мы с вами говорим не о тепловых потерях отапливаемого здания, а, скажем, о полете воздушного шара. Сбалансированная (расчетная) эксплуатация здания с точки зрения отопления сходна с ситуацией, когда воздухоплавательный ап-

парат летит на расчетной высоте, не теряя ее, но и не поднимаясь ввысь, находясь в состоянии устойчивого равновесия. В этот момент силы земного притяжения уравновешены подъемной силой горячего воздуха внутри баллона воздушного шара. Высота, на которой находится воздушный шар, в данном случае метафорически обозначает температуру внутреннего воздуха в помещениях здания. При нормальных условиях температура внутреннего воздуха, как и высота полета воздушного шара, должна оставаться неизменной, так как она отражает равновесие «сил» теплопоступлений (солнечной радиации через окна, бытовых теплопоступлений, теплопоступлений от системы отопления здания) и тепловых потерь (через стены, крышу, пол первого этажа, окна, систему вентиляции).

Вначале поговорим о тепловых потерях воздушного шара. Горячий воздух, который находится внутри шара и поднимает его вверх, со временем остывает. И по мере того, как он остывает, его подъемная сила теряется. Не предпринимая никаких дополнительных действий, мы рано или поздно столкнемся с ситуацией, при которой воздушный шар начнет снижаться. Остывший воздух уже будет не в состоянии поддерживать воздушный шар на заданной высоте, состояние баланса нарушается, сила земного тяготения оказывается больше подъемных сил горячего

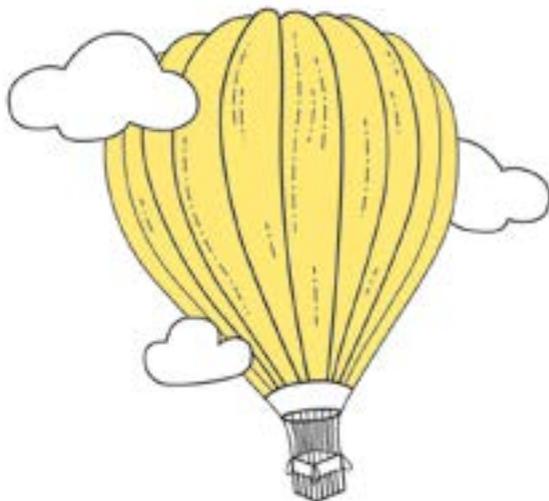


Рис. 23

воздуха. Шар будет снижаться до тех пор, пока не установится новое состояние равновесия.

А теперь представьте, что нам важно сохранить заданную высоту полета. Как мы уже выяснили, если ничего не предпринимать, воздушный шар неминуемо потеряет высоту. Вплоть до того, что он опустится на землю. Что мы можем предпринять? Вариантов действий может быть несколько. Мы можем:

- Включить горелку и добавить в воздушный шар горячего воздуха — ровно столько, сколько необходимо для сохранения высоты полета.
- Но как быть, если по каким-то причинам мы не хотим или не можем зажечь горелку? Допустим, у нас заканчивается топливо, а нам еще довольно далеко лететь и надо экономить горючее. Или, например, топливо закончилось в принципе, и мы уже не можем добавить горячего воздуха в баллон. Как быть, если мы все же хотим продолжать полет на заданной высоте? Поскольку мы с вами уже говорили о состоянии равновесия сил (о балансе), то для нас становится очевидным решение. Остывший в баллоне воздух не в состоянии удерживать шар заданной массы? Вес шара стал более значимой силой, тянущей его вниз к земле? Значит, нам надо снизить вес шара настолько, чтобы он, вернувшись на заданную высоту, на ней и остался. Как это сделать? Сбросить балласт. Из приключенческих романов, которыми многие из нас зачитывались в детстве, вы наверняка помните, что на воздушных шарах предусмотрены специальные мешки с песком, которые как раз и выполняют роль того самого балласта.
- А теперь допустим, что в баллоне воздушного шара по каким-то причинам образовалась прореха. Дыра, через которую шар начал дополнительно терять горячий воздух. И это вдобавок к ситуации, которую мы только что рассмотрели: уже порядком остывший воздух внутри баллона — плюс потеря воздуха через прореху. Того количества дополнительного горячего воздуха, которое мы добавляли в первом случае, уже будет недостаточно, поскольку у нас появился дополнительный канал потерь. В этом случае нам, чтобы по-прежнему оставаться на той же высоте, надо либо увеличить подачу горячего воздуха, чтобы покрыть суммарные тепловые потери, либо произвести ремонтные работы по ликвидации потерь через прореху. Иными словами — установить заплатку.

- Допустим, влияние этих двух негативных факторов различно. Один из каналов в процентах теряет энергии больше, чем второй. Например, величина прорехи незначительна, и шар через нее теряет подъемную силу воздуха в пять раз медленнее, чем за счет остывания горячего воздуха в баллоне. Решать две задачи одновременно гипотетически, конечно, можно, но не очень эффективно, поэтому мы будем их решать последовательно, одну за другой. И в этом случае нам необходимо выбрать, за решение какой из двух задач приняться незамедлительно, а какая может быть отложена до момента решения первой. Критерий, исходя из которого мы будем принимать решение, тут один: какая причина имеет больший вес, сильнее воздействует на снижение подъемной силы воздуха в шаре, за такую и следует приниматься в первую очередь. Исправляя большее, мы в итоге получим и больший эффект от наших действий. И наоборот: концентрируясь на мелочах, не решив основные задачи, мы рискуем получить слишком маленький эффект. Просто надо всегда помнить о том, какая задача для нас является главной. В данном случае — сохранение высоты полета воздушного шара.

На этом мы можем проститься с воздушным шаром, однако закончить пример нужно, обязательно выполнив перенос (проекцию) данной метафоры на рассматриваемую нами тему — энергосбережение и повышение энергоэффективности зданий. Полагаю, что для всех стало очевидным, что теплопотупления в здание (систему отопления, бытовые теплопотупления, солнечную радиацию) можно воспринимать как подъемную силу в нашем примере, а тепловые потери через наружные ограждающие конструкции, а также через систему вентиляции — как те самые прорехи в оболочке воздушного шара. Теперь для нас должно быть понятным, что поддержание теплового баланса в здании, по сути, ничем не отличается от базовых принципов воздухоплавания. Тепловой баланс здания, как и полет воздушного шара, подчиняется тому же закону равновесия (закону сохранения энергии). Если количество поступающей в здание энергии будет больше, чем количество энергии, которое здание теряет, то температура внутри помещений будет расти. И наоборот: если тепловые потери будут превалировать над теплопотуплениями, то температура внутреннего воздуха будет снижаться.

Как мы знаем, люди нормально себя чувствуют при определенных показателях температуры и влажности внутри здания, и «коридор» этих значений не так уж широк. Вдобавок он зависит от активности человека.

Когда человек сильно подвижен (например, при занятиях спортом), его пульс учащается, а температура тела повышается, организм вырабатывает большее количество тепловой энергии, которая, для того чтобы человеческий организм не перегрелся и не случился тепловой удар, должна куда-то отводиться. Теплообмен происходит в окружающую среду за счет работы механизма терморегуляции, то есть теплопередачи. Именно по этой причине в спортивных залах чаще всего поддерживается более низкая температура, чем, скажем, в раздевалках того же спортивного комплекса. Если же легко одетый человек неактивен на протяжении длительного периода времени (например, смотрит телепередачу, сидя в кресле в жилой комнате, температура внутреннего воздуха в которой составляет 20 °С), то скорее всего через некоторое время он почувствует легкий озноб, и ему придется принять меры: накрыться пледом либо согреться с помощью чашки горячего чая. В первом случае он как бы повысит теплозащиту своего тела (снизит размер тепловых потерь), во втором же случае он увеличит количество поступления тепловой энергии внутрь своего тела за счет горячего напитка. Если же он одновременно предпримет оба действия, то возможен вариант, что количество тепла внутри организма превысит количество отводимой энергии, и человеку станет уже не уютно и комфортно, а просто жарко. В этом случае снова потребуются корректирующие действия.

Какой же вывод мы с вами можем сделать из прочитанного? Если в случае с регулированием нашего комфорта при просмотре телевизора, чтении книги, занятиях спортом и т. д. вопрос терморегуляции решается довольно просто и быстро, то в случае со зданием дела обстоят несколько сложнее. Если нам жарко или холодно, при описанных условиях для нас вовсе не проблема снять или надеть дополнительно что-то теплое. А вот быстро снять и надеть «шубу» на здание никак не получится. Тут, как говорится, одно из двух: или она есть, или ее нет. А это значит, что потребность в наличии «шубы» у здания должна быть четко и корректно просчитана до начала его эксплуатации, а также должны быть проведены работы по монтажу теплоизоляционной системы либо системы снижения вентиляционных потерь.

13. Использование возобновляемых источников энергии в энергоэффективных зданиях

В последнее время большой интерес у потребителей начинают вызывать источники возобновляемой энергии. И если до массового применения этих технологий еще достаточно далеко, то уровень интереса к этим решениям более чем высок. Мы постоянно слышим, что эти решения заслуживают особого внимания, так как являются источниками практически бесплатной энергии. Применение возобновляемых источников энергии (энергии солнца, земли, воды, ветра, биотоплива) в современной практике строительства вызывает много разных эмоций и является излюбленной темой для дискуссий и обсуждений на профильных и специализированных форумах и конференциях, пользуется неизменным интересом со стороны потенциальных владельцев зданий. Что же делает эти источники энергии такими привлекательными для потенциальных потребителей? Потенциально низкая стоимость кВт·ч энергии, выработанной с помощью указанных технологий. Такое мнение может сложиться у потребителя, имеющего поверхностный уровень знаний по данной теме. А почему бы и нет, спросите вы? Солнце светит всем одинаково, ветер дует без применения механических средств, вода течет сама по себе, за счет изменяющегося рельефа земной поверхности и сил гравитации. А раз так, то данные виды энергии не должны ничего стоить, верно? На первый взгляд так оно и есть. Но сложность заключается в том, что природную энергию нам необходимо каким-то образом поймать и аккумулировать, чтобы мы могли ее использовать тогда, когда нам это необходимо. На этом этапе начинают формироваться капитальные затраты на реализацию данных мер. Помните, когда Советский Союз решал задачу повсеместной электрификации, по всей стране шли масштабные стройки. Строили плотины на реках, меняли ландшафты мест будущего размещения гидроэлектростанций. То есть прежде, чем Страна Советов смогла получить доступ к источнику практически «бесплатной» энергии, пришлось немало потрудиться и вложить довольно серьезные финансовые средства и труд. Но это были всеобщие стройки, от успешной реализации которых зависело дальнейшее развитие экономики страны, поэтому финансовые и человеческие затраты были многократно и скрупулезно просчитаны. Это всего лишь

один пример, но с его помощью можно раз и навсегда снять все вопросы относительно того, насколько возобновляемая энергетика «бесплатна».

Опустим большую предварительную часть — расчеты эффективности строительства, согласования, которые необходимо получить для постройки генерирующего объекта, — и представим, что гидроэлектростанция уже существует. Что дальше? Источники зеленой энергетики работают по принципу: есть потребность в энергии со стороны потребителя — станция работает, нет потребности — станцию необходимо останавливать, так как аккумулировать что тепловую, что электрическую энергию в промышленных масштабах либо физически невозможно, либо крайне невыгодно. При работе такой станции вырабатываемая энергия должна непрерывно «отгружаться» потребителям. Если нет уверенности в непрерывном и постоянном сбыте вырабатываемой энергии, станцию разумнее вообще не строить. В противном случае эффективность ее работы будет крайне низкой, а инвестиции, сделанные в стройку, никогда не окупятся.



Рис. 24

Следующая сложность заключается в том, что в Российской Федерации, расположенной на огромной территории, зоны, где выгодно размещать объекты генерации тепловой и электрической энергии, крайне удалены от мест, где проживает основная масса населения. Отсюда возникает еще одна статья затрат: необходимость доставки выработанной энергии до потребителя. Доставка осуществляется по линиям электропередач с целым набором понижающих и повышающих трансформаторов на пути к потребителю, это и газораспределительные станции, трубопроводы и нефтепроводы, тянущиеся из регионов Сибири и Дальнего Востока в европейскую часть России. Подождите, но мы же с вами говорим о возобновляемой энергетике, при чем тут нефть и газ? Верно, источники генерации возобновляемой энергии могут располагаться значительно ближе к потребителю, чем в примерах, которые мы только что рассмотрели. Но даже в этом случае планировать установку ветряка необходимо в той местности, где преобладают ветра, а монтаж солнечной батареи — в местности, где годовое количество солнечных дней превышает необходимый период. Использование привычных и знакомых всем примеров с традиционной энергетикой существенно облегчает понимание причин, почему возобновляемая энергетика не может быть бесплатной. Скажу более — она не то что не бесплатна, она с учетом всех составляющих затрат на запуск в эксплуатацию окажется еще и значительно более дорогой по сравнению с традиционными видами. Давайте рассмотрим пример.

Пример 1:

1. Прохождение длинной цепочки сертификации оборудования для производства зеленой энергии.
2. Получение разрешения на установку вышки для ветряка.
3. Закупка оборудования для преобразования зеленой энергии в электрическую.
4. Строительство распределительных сетей от источника выработки до потребителя.
5. Необходимость проведения текущего и капитального ремонтов и многое другое.

Все это статьи затрат, которые любой инвестор должен учитывать перед началом вложения средств, чтобы оценить возможную прибыль в результате бизнеса. Любой бизнес должен приносить прибыль, в противном случае он не способствует развитию экономики, не создает добавочную стоимость, не создает новые рабочие места. А раз так, то такая энергия не может быть бесплатной априори. Хорошо, но, может быть, тогда возобновляемая энергетика — более выгодный вариант по сравнению с традиционными видами с точки зрения стоимости кВт·ч? То есть, перейдя с углеводородов или энергии атома на зеленую энергетiku, мы сможем получить относительное снижение тарифов, снизить темпы роста цен на энергию из года в год? К сожалению, ответ и на этот вопрос будет отрицательным. Технологии зеленой энергетики еще слишком молоды, можно сказать, что они еще только пытаются «встать на ноги», не говоря о том, чтобы сделать первый шаг. А что необходимо для удешевления любого производства? Правильно! Широкий и массовый спрос на данный вид товаров или услуг. Сегодня, увы, говорить об этом не приходится. Исследования и разработки, производство комплектующих, наладка и пуск, сервисное обслуживание — все это, как правило, находится в руках зарубежных компаний. А это значит, что затраты на зеленую энергетiku оцениваются в валюте, а не в рублях, и любые колебания курсов валют влияют на себестоимость кВт·ч зеленой энергии так же, как, например, события в Иране влияют на стоимость кубометра природного газа в России. Добавьте к этому затраты на транспортировку оборудования и комплектующих из-за рубежа, затраты на таможенную и прочее.

14. Стоит немного подождать, и зеленая энергетика станет намного дешевле традиционной

«Жаль только — жить в эту пору прекрасную уж не придется — ни мне, ни тебе».

Так можно рассуждать, если быть идеалистом и верить в то, что все усилия бизнеса направлены лишь на то, чтобы сделать жизнь простых граждан более комфортной и удобной. Но это, увы, не так. Основная цель бизнеса — получение прибыли. И если со временем прибыль от традиционного бизнеса перестает расти согласно планам производителя, то потребителям предлагаются новые решения. Решения будут, безусловно, более безопасными, более надежными, удобными и комфортными, но ключевой момент — они будут обходиться потребителям дороже, чем прежние. Иначе зачем их вообще создавать? Таковы законы бизнеса, законы капитализма.

Горькая правда заключается еще и в том, что сегодня владельцами технологий зеленой энергетике в основном являются те самые компании, которые делают деньги на углеводородной энергетике. «Как же так?!» — спросите вы. Все логично! Зеленая энергетика создает определенную угрозу бизнесу, построенному на углеводородах. Нефтяным и газовым магнатам, которые являются владельцами новых технологий, гораздо выгоднее сдерживать развитие альтернативной энергетике до определенного момента. Это, выражаясь биржевым языком, своего рода опцион. У владельцев компаний есть право запустить процесс перехода на зеленую энергетику — тогда, когда они сочтут это необходимым, то есть прибыльным. Или наоборот: притормозить развитие до лучших времен. А эти «лучшие времена» для бизнеса наступят тогда, когда прекратится или существенно упадет извлечение прибыли из традиционных энергоресурсов. На сколько лет еще хватит запасов нефти и газа на Земле? Прогноз дать крайне сложно, дело это, я бы сказал, неблагоприятное. Кто-то говорит о том, что запасы истощаются и их хватит на ближайшие лет 20–30. Кто-то говорит о пятидесяти годах, кто-то о ста. Но точных данных нет ни у кого. Разведка запасов углеводородов ведется постоянно, открываются новые месторождения, начинается разработка новых источников. Примером могут служить арктические

месторождения. Они были открыты недавно? Нет, о них известно давно. Просто разработка этих месторождений — дело довольно затратное и сложное, поэтому они находились в резерве до тех пор, пока себестоимость добычи существующих месторождений не приблизилась к себестоимости добычи нефти и газа в Арктике. Вот и весь секрет.

В таком случае для чего сегодня так массированно используется информация о возобновляемых источниках энергии? Зачем тратить столько времени, сил и финансов на то, что не будет широкодоступным еще столь долго? Ответ прост: зеленая энергетика выступает своего рода сдерживающим фактором в битве против повышения цен на углеводороды. Это, можно сказать, антидот, ингибитор развития углеводородов. В ситуации, когда мировой финансовой элите необходимо затормозить развитие углеводородной отрасли, активизируется тема альтернативных источников, спрос на нефть и газ падает, снижаются цены на них. И наоборот...

15. И все же... Тем, кто воспользуется благами зеленой энергетики, жить станет легко и просто

Увы, но и это не так. Не стоит питать иллюзий, что зеленая энергетика (даже при условии ее широкого развития и доступности для населения) сможет полностью заменить углеводороды. Почему нет? Про необходимость и в то же время невозможность консервации выработанной тепловой и электрической энергии мы с вами уже поговорили. А что если в будущем люди таки научатся это делать? Это, безусловно, будет прорыв, огромный толчок к развитию. Но давайте добавим к инвестиционным затратам еще затраты на разработку и исследования в этом направлении, создание и производство огромных аккумуляторов тепловой и электрической энергии, различных преобразователей и т. д. Все эти затраты также будут заложены в себестоимость производства каждого кВт.

И вот мы, будущие владельцы отапливаемого здания (а других в нашем климате быть просто не может), планируем строительство нового дома, не обращая внимание на борьбу с тепловыми потерями, рассчитывая на то, что, перейдя на зеленую энергетику, мы сможем прилично экономить. Все сказанное выше уже должно было бы убедить нас в том, что значительно выгоднее сберечь уже поставленную в здание тепловую энергию, чем перейти на другой источник. Тут следует правильно понимать слово «сберечь». Сберечь не значит не потратить вовсе — нам все-таки необходимо отапливать наши дома. Сберечь значит потратить разумно, с максимально возможной эффективностью. Согласитесь, что отопление улицы через оболочку здания со слабой теплозащитой — далеко не самый эффективный способ энергопотребления.

Расчет на источники возобновляемой энергии — это всего лишь переход с одного источника (углеводороды) на другой. Об энергосбережении и об энергоэффективности тут речь не идет. Вдобавок, как мы с вами выяснили, экономия от такого перехода скорее эфемерная, чем реальная.

16. Окупаемость инвестиций, направленных на повышение энергосбережения отапливаемых зданий

Всегда стоит помнить о том, что энергосбережение — это не самоцель. Это, по сути, прикладная задача, после решения которой (с учетом всех затрат на технические решения, направленные на снижение тепловых потерь) мы должны получить такой размер финансовой выгоды за счет снижения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений в отапливаемом здании, чтобы наши затраты окупались в срок, который мы как инвесторы считаем приемлемым. Энергосбережение — это своего рода начальное, стартовое положение, которое поможет нам в будущем решить задачу повышения энергоэффективности с наименьшими финансовыми затратами. Говоря простым языком, деньги в энергосбережение мы вкладываем сейчас, но результат мы получим позднее, через определенный период эксплуатации. Чем короче будет этот срок, тем, конечно же, для нас как для потребителей будет лучше. Идеально, но абсолютно нереально в нашем мире найти такое решение по снижению тепловых потерь, которое полностью покроет затраты на приобретение и установку сразу после внедрения. И вот тут начинается реальное соревнование среди производителей и поставщиков различных технологий, связанных с темой энергосбережения в сфере ЖКХ. Если при принятии решения опираться только на рекламные проспекты или информацию с сайтов компаний-производителей, то, куда ни посмотри, практически все «гарантируют» окупаемость вложений в течение первых трех-пяти лет. Если бы это на самом деле было так... Но увы, в 99,9 % случаев это далеко от истины. Оборудование или технологии, которые смогут обеспечить такую быструю окупаемость, можно по праву назвать революционными, инновационными, прорывными! К сожалению, эти термины за последние 15–20 лет порядком поизносились, так как используются производителями товаров и услуг направо и налево, даже в тех случаях, когда об инновационности речь и близко не идет... Но сейчас это модно, это востребованно, это вариант хайпа, который легко привлекает внимание потенциального потребителя. А привлеченное внимание потребителя — это, считай, уже почти половина успеха.



Рис. 25

Итак, производители энергосберегающего оборудования участвуют в своего рода автогонках, если позволите мне такое сравнение. В этом примере мы используем метафору с проведением квалификационных заездов во время проведения соревнований по автоспорту, когда автомобили, показавшие лучшее время во время квалификации, перед началом основной гонки располагаются ближе к стартовой позиции, чем остальные. Так они получают дополнительное преимущество в виде более короткого расстояния, которое им необходимо будет проехать до финишной черты во время основного заезда. Чтобы выиграть соревнование, надо не просто быть лучшим в квалификации, необходимо обойти всех и во время основного заезда. Компании-производители, делающие ставку на победу, вкладывая деньги в то, чтобы именно их команда была лучшей на соревнованиях, при всем желании не смогут пересечь финишную черту сразу после старта. Зачастую это даже не вопрос одного заезда, часто речь идет о необходимости победы во всем чемпионате, который состоит из множества заездов на разных трассах с разными климатическими и погодными условиями. И лучшей в конечном итоге станет та команда, которая сможет более качественно подготовиться ко всем испытаниям. Тут важно все! Двигатели, тормоза, рама автомобиля, его вес и аэродинамика, опыт и квалификация пилота, качество моторного топлива, эффективность системы охлаждения и многое,

многое другое. Над решением этой сложной задачи — как соединить все компоненты в рамках одного автомобиля — работает целая команда инженеров-профессионалов, которые много лет трудятся над оптимизацией всех нюансов. Понятно, что при нахождении сбалансированного решения команда получит неоспоримое преимущество перед конкурентами. Однако если хотя бы в одном звене будет допущена ошибка или неточность, то под угрозу попадает конечная цель — победа в соревновании. И тут уже не столь важно, что именно было плохо продумано или слабо реализовано: недостаточно мощный двигатель, или слабые тормоза, или слишком «прожорливый», то есть неэкономичный двигатель, либо хорошие, но недолговечные тормоза, — машина не дойдет до финиша первой. Победы не будет, следовательно, вложенные финансы не дадут желаемого эффекта, то есть прибыли.

Точно так же проекты зданий, для которых был выполнен расчет по оптимизации энергобаланса до начала строительных работ, обеспечат более четкое представление о том, какая из рассматриваемых мер позволит обеспечить более высокую эффективность и, соответственно, должна использоваться в первую очередь. Иными словами, получит более выигрышную позицию на стартовой полосе. Стало быть, и выбор в пользу того или иного энергосберегающего решения станет более логичным и понятным. В самом простом случае нам достаточно соотнести размер капитальных затрат на реализацию энергосберегающей меры (сюда должны входить вложения в расчеты, если они заказывались платно, расходы на приобретение и доставку материалов и оборудования, а также монтаж и ввод в эксплуатацию энергосберегающего решения) с размером годовой экономии тепловой энергии от действия указанной энергосберегающей меры (вспомним раздел 12). Чтобы соотнести значения, нужно их рассчитать в одних и тех же единицах измерения, например в руб/год или кВт·ч/год, Гкал/год и так далее. Нельзя сравнивать апельсины с яблоками, точно так же нельзя сравнить руб/год с кВт·ч/год: мы рискуем получить некорректный результат сравнения.

Итак, определив размер единовременных капитальных затрат и годовой экономии в рублях, мы можем посчитать срок окупаемости для каждой отдельно взятой меры. Затем, сравнив сроки окупаемости различных мер между собой, мы выбираем тот вариант, где срок окупаемости меньше. Так мы и переходим от энергосбережения к энергоэффективности.

Окупаемость мер необходимо сравнивать на большом объеме. Это важно! Сравнение удельных показателей, то есть показателей на 1 м^2 , не будет корректным. Если в результате расчета энергопаспорта мы обнаружили, что суммарная доля тепловых потерь через наружные стены выше, чем, скажем, через крышу, то и расчет окупаемости нам необходимо осуществлять на всю площадь стен, а не на 1 м^2 .

17. Выбор источника теплоснабжения с точки зрения энергоэффективности

Россия — страна, богатая энергоресурсами, но, несмотря на это, цены и тарифы на топливо постоянно растут. Нас как потребителей тепловой энергии в конечном итоге интересует, во сколько нам обойдется 1 кВт·ч тепловой энергии на отопление и вентиляцию нашего дома. Информация о стоимости барреля сырой нефти, тонны угля или тысячи кубометров природного газа на бирже, безусловно, может быть интересной, будь мы с вами трейдерами или финансистами, а в остальных случаях нас, конечно же, в большей степени волнуют затраты на поддержание микроклимата внутри нашего собственного дома.

Давайте на мгновение вернемся к тому вопросу, который мы рассматривали в начале этой книги, — даже двум вопросам, которые часто задает себе будущий владелец дома: какой мощности котел мне необходим? Какой источник теплоснабжения мне выбрать?

Начнем с первого вопроса. Порой, занимаясь строительством дома, владелец сталкивается с необходимостью решения задачи выбора котла еще до того, как получит ответ на вопрос о размере тепловых потерь здания в виде грамотно рассчитанного проекта со всеми необходимыми разделами, включая энергопаспорт (именно в этом разделе проектной документации содержится информация, необходимая для подбора мощности источника тепловой энергии в доме, проще говоря, котла). Котел может быть газовым, электрическим, на твердом топливе... Вид топлива сейчас не так важен. Нам важно не ошибиться с его производительностью.

Из курса школьной физики нам известно, что единица мощности теплогенерирующего оборудования наиболее часто выражается в кВт. кВт·ч — это то количество энергии (в нашем случае тепла), которое оборудование данной мощности способно вырабатывать в секунду. И чем это значение выше, тем производительнее будет котел. Наша первая цель — не промахнуться с выбором в меньшую сторону, то есть, говоря простым языком, чтобы мощности котла хватило для того, чтобы в нашем доме было тепло в самые лютые морозы. В противном случае тепла, которое способен выработать котел, может оказаться недоста-

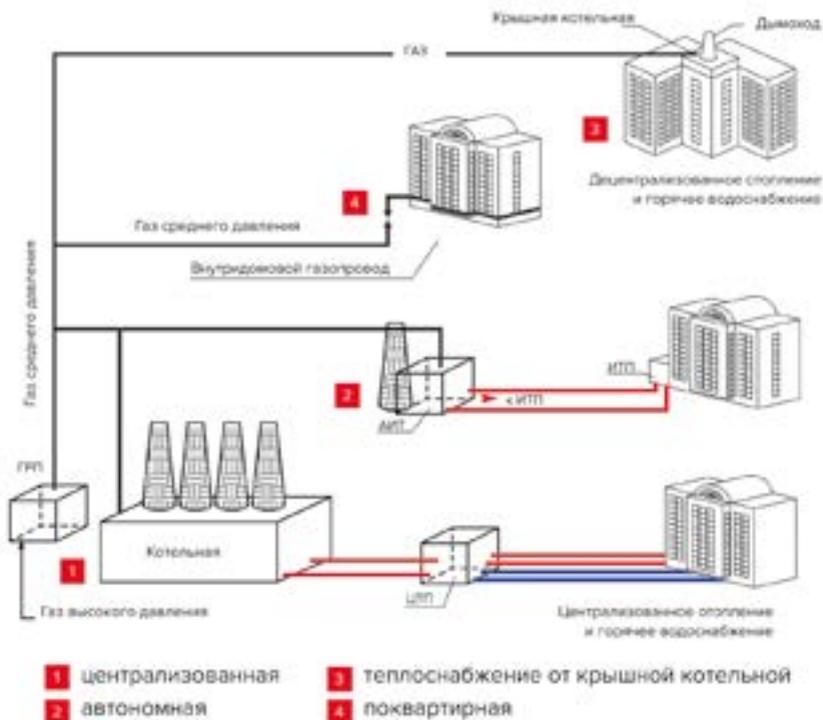


Рис. 26

точно для поддержания стабильной температуры и влажности внутреннего воздуха. «Погода в доме» ухудшится, и нам станет зябко.

Не проблема, скажете вы, — давайте просто заложим запас по мощности раза в два-три, тогда мы точно не промахнемся с выбором и не замерзнем, если зима будет особенно суровая! Очень простое решение, казалось бы, все хорошо, но есть несколько но... Первое: чем мощнее котел, тем дороже он стоит. Лишняя перезакладка нам определенно не нужна. Второй довод против такого подхода тоже лежит на поверхности. Если нам с учетом всех нюансов для нужд отопления здания хватает котла мощностью, скажем, 24 кВт, а мы при этом пользуемся котлом 55 кВт, то это крайне нецелесообразно: в этом случае коэффициент полезного действия (КПД) работы котла будет сильно проседать

по сравнению с ситуацией, если бы мы использовали котел с правильно подобранной мощностью. Почему так? Давайте снова воспользуемся понятным примером-метафорой. Предположим, мы купили очень дорогой и мощный спорткар, поставили на него правильную резину (низкопрофильную), залили рекомендованное масло и топливо, заехали на СТО и отрегулировали двигатель. Однако когда мы, решив прокатиться по городу, выехали из гаража, то вспомнили, что по городу ездить быстрее, чем 60 км/ч, мы не можем, иначе разоримся на штрафах. И вот мы, покатавшись на нашем спорткаре неделю-другую со скоростью не выше 60 км/ч, обнаружили, что расход топлива у автомобиля крайне высокий. Крайне! В чем же дело, недоумеваем мы: заплатили столько денег за авто, а теперь еще вынуждены тратить огромные деньги на эксплуатацию (не забудьте также про налоги, связанные с мощностью двигателя). Неужели производитель, запрашивая с потребителя такие большие деньги за авто, не в состоянии решить вопрос экономичности? Конечно же нет! Он эту задачу вообще не решал, поскольку для него важнее была не экономичность, а скорость разгона, максимальная скорость движения и т. д. Это же спорткар — машина не для езды по городу! Коробка передач спорткара подобрана и настроена таким образом, чтобы обеспечить максимальный крутящий момент на более высоких



Рис. 27

оборотах двигателя. И пока обороты двигателя не достигнут отметки в 3000–5000 об/мин, переключение на более высокую передачу не произойдет. В городских же автомобилях, для которых на первом месте комфорт и экономичность эксплуатации (в ущерб скорости и динамике), ситуация обратная: приоритетная задача — как можно быстрее перейти на самую высокую передачу, поэтому в случае городского автомобиля переключение передачи с более низкой на более высокую происходит в момент, когда двигатель раскручивается до 1500–2000 об/мин. Поэтому на спорткаре при движении с обычной для городской машины скоростью 60 км/ч переключение передач всегда будет запаздывать, и по городу мы будем постоянно ездить на первой-второй передаче. Понятно, что при таком режиме эксплуатации спорткара мы получим колоссальный расход топлива и масла, а еще, как ни печально, повышенный износ двигателя.

Рассмотрев эту аналогию, мы с бóльшим пониманием можем вернуться к нашему котлу, обладающему мощностью, значительно превышающей расчетные значения. С практической точки зрения такой котел будет демонстрировать повышенный расход топлива (вне зависимости от того, о каком виде топлива мы говорим: газ, дизель и т. д.). Долговечность (срок надежной эксплуатации) такого котла также будет сниженной по сравнению с аналогичным оборудованием, мощность которого соответствует потреблению. Причина этого явления очень проста: при мощности теплогенерирующего оборудования, значительно превышающей необходимую, котел будет, как это принято говорить, тактовать, то есть постоянно включаться и выключаться. (Вспоминая наш пример со спорткаром — на нем довольно трудно будет поддерживать скорость движения в районе 60 км/ч, в то время как авто легко может выдавать 300–350 км/ч. Будет то выше, то ниже шестидесяти.) А при каждом включении-выключении котла мы волей-неволей теряем какое-то количество топлива — не успевая воспламениться, оно просто улетает в дымоход.

В интернете часто можно найти рекомендацию по подбору мощности котла, исходя не из размера тепловых потерь здания, а из отапливаемой площади здания. Интернет «рекомендует» на каждые 10 м² отапливаемой площади иметь запас в 1 кВт тепловой мощности котла. Таким образом, на отопление здания площадью 200 м² нам должен потребоваться котел мощностью 20 кВт. Просто? Да! Правильно? Нет! Почему?

Для примера рассмотрим два абсолютно одинаковых здания, которые отличаются уровнем тепловой защиты. Назовем их домики Ниф-Нифа и Наф-Нафа. Теперь представьте, что дома были прогреты до абсолютно одинаковых режимов по температуре и влажности. В какой-то момент подача топлива в магистрали прекращается: кончилась солярка или по какой-то причине из газовой магистрали перестал поступать природный газ. Тепловые потери здания как были, так и продолжают происходить, а выработки тепла больше нет. Здания неминуемо начинают остывать, температура внутреннего воздуха понижается. В помещениях становится холоднее. Какое здание при этом будет остывать быстрее? Правильно! То, размер тепловых потерь которого выше. Вот тут и становится более понятной роль тепловой защиты. После восстановления энергоснабжения здание с более высокой теплозащитой быстрее вернется к исходному состоянию. Почему так? Вспоминаем закон сохранения энергии: сколько тепла потеряли, столько нам и нужно подвести. Здание с более слабой тепловой защитой потеряет энергии больше, стало быть, на возврат к исходному состоянию потребует большего количества тепла.

Но вернемся к обычному режиму работы отопительного оборудования, когда перерывов в энергоснабжении нет. Исходя из рассмотренного выше примера, логично сделать вывод, что в неэнергоэффективное здание надо подводить больше тепла, так как у него тепловые потери выше. Разницу при прочих равных условиях мы заметим, только когда сравним счета за отопление наших «домиков Наф-Нафа и Ниф-Нифа». Можем ли мы теперь ответить на вопрос, хватит ли 1 кВт мощности источника теплоснабжения для отопления 10 м² нашего дома? Уже становится понятным, что если размер тепловых потерь здания слишком высокий, то этого киловатта может и не хватить. Насколько не хватить? Зависит от того, насколько дом холодный. Вполне может сложиться ситуация, когда 1 кВт будет хватать только на 5 м², то есть эффективность будет в два раза ниже. Поэтому ориентироваться при выборе мощности котла только на площадь будущего здания категорически нельзя. Эту величину можно принимать во внимание для оценки достаточности уровня теплозащиты, но пренебрегать расчетом энергопаспорта (который как раз и позволяет понять, насколько наш дом теплый) нельзя категорически.

Итак, предположим, первый вопрос раздела — какой мощности котел выбрать — мы решили, то есть мы четко знаем, сколько кВт те-

пловой мощности нам нужно для отопления здания. Второй вопрос — какой вид топлива лучше всего подойдет для отопления? Первый и самый простой ответ — тот вид топлива, источник которого расположен ближе к зданию. Например, дом располагается в поселке с уже существующей сетью газификации. В этом случае и думать не надо: нам необходимо подключиться к этой сети, и технически вопрос будет решен. Если же поселок не газифицирован, то нам придется посложней. Солярка, твердое топливо, электричество, сжиженный газ, что-то еще... Необходимо выбрать тот вид энергоносителя, цена которого с учетом его доставки в здание будет ниже. Понятно, что выбор энергоносителя влияет и на тип котла, который нам необходимо приобрести.

Предположим, все виды топлива для нас одинаково доступны; тогда мы можем исходить только из ежемесячных расходов на отопление, то есть чем ниже стоимость 1кВт·ч, тем выгоднее. Не следует путать понятия 1кВт и 1кВт·ч! Это совершенно разные понятия. Первое — показатель мощности, второе характеризует потребление, то есть работу, которую необходимо произвести. Одно нельзя сравнивать с другим. Можно привести такое сравнение: мощность — насколько быстро можно перейти из одного состояния (с более низкой температурой котловой воды) в другое (с более высокой температурой котловой воды), а работа — какое именно количество энергии нам для этого потребуется.

Итак, мы с вами разобрались с вопросом, какой вид энергоносителя выгоднее использовать для отопления здания с точки зрения платы за расход (потребление). Но парадокс в том, что это еще не все виды затрат, которые нам придется понести. Если сравнить затраты на отопление магистральным газом и электричеством, то первое будет выгоднее второго примерно в 3,5 раза. Почему? Потому что 1кВт·ч тепловой энергии, полученной при сжигании магистрального природного газа, стоит примерно в 3,5–4,0 раза дешевле 1кВт·ч тепловой энергии, полученной после преобразования электроэнергии. «Вот и решение вопроса! — скажете вы. — В 3,5 раза — это же какая экономия!» Погодите, не все так просто. Сейчас мы учли только затраты, связанные с расходом энергоносителя. Не забывайте, что у нас будут и другие расходы: подключить дом к газовой магистрали, получить согласования для установки газового котла в доме, получить проект газификации дома от газовой службы и т. д. — все это стоит денег. Далее: газовое теплогенерирующее оборудование при прочих равных стоит намного дороже, чем, скажем, электрическое. И наконец... Для организации котельной в доме,

если речь идет о напольном котле, необходимо отдельное помещение с обязательным наличием окна. Напольный газовый котел, в отличие от электрического, требует более серьезных финансовых затрат для «обвязки» оборудования. Таким образом, с точки зрения капитальных затрат на теплогенерирующее оборудование «электрический набор» обойдется существенно дешевле газового.

Получается, что «золотое правило механики» — выигрываешь в силе, проигрываешь в расстоянии — действует и в ситуации выбора котла и его мощности. Единственное, что следует упомянуть в завершение этой главы, это важность понимания различий между единовременными капитальными затратами и затратами на эксплуатацию. Если при строительстве здания мы располагаем необходимой суммой для приобретения и запуска в эксплуатацию более дорогого оборудования, которое в процессе эксплуатации будет более экономичным, то именно этот вариант и следует рассматривать как основной. Не только потому, что наши первоначальные затраты со временем окупятся. Если мы поступим иначе и воспользуемся более дешевым, но менее экономичным вариантом, мы не можем быть уверены в завтрашнем дне. Мы становимся старше, уровень доходов со временем может измениться, дом через 10 лет после постройки начинает стареть, в том числе и с точки зрения энергоэффективности (исследования говорят, что в процессе старения тепловые потери здания увеличиваются на 0,2–0,3 % в год)... А это значит, что с точки зрения долгосрочного планирования первый вариант, когда мы делаем выбор в пользу более дорогого, но более эффективного в момент установки решения, через 20–30–50 лет принесет нам более существенную экономию, чем второй вариант.

18. Как упростить решение задачи по проектированию энергоэффективного здания

В предыдущих разделах мы рассмотрели довольно большое количество вопросов, задач и тонкостей, которые необходимо учитывать при проектировании и строительстве энергоэффективного здания. По правде говоря, проектирование и строительство любого дома требует более чем внимательного отношения к деталям, связанным с надежностью, прочностью, долговечностью как отдельно взятых строительных конструкций, так и здания в целом. Без этого дом не прослужит хозяину верой и правдой долгие годы. И пока мы говорим только об обязательных условиях, без выполнения которых никак нельзя обойтись. Добавьте к этому целый набор задач, связанных с обеспечением комфорта и удобства, и решение задачи станет на порядок сложнее. Комфорт и все, что связано с его обеспечением, вещь довольно субъективная. Как говорится, сколько людей, столько и представлений о комфорте. Для кого-то важно, чтобы в доме были высокие потолки, кто-то не мыслит жизни без больших окон, которые давали бы много дневного света, кто-то предпочитает дом попросторнее, со вторым этажом, кто-то мечтает об устройстве в своем доме кабинета, бильярдной, библиотеки... Список можно продолжать бесконечно. Набор условий комфортности будущего жилища для каждого человека уникален, он зависит от предыдущего жизненного опыта и текущего уровня доходов. Это означает лишь то, что создать единый, отвечающий всем запросам вариант удобного, комфортного и энергоэффективного здания практически невозможно.

Прибегнем к простому примеру. Когда мы идем в магазин готовой одежды, чтобы приобрести костюм или платье для большого торжества, то отлично понимаем, что приглянувшийся нам вариант, скорее всего, еще придется подгонять по фигуре. Почему? Фабрики легкой промышленности массового пошива ориентируются на некие усредненные стандарты и шаблоны, по которым они изготавливают готовую продукцию. Если бы эти фабрики стремились к производству штучного товара, то давно бы разорились. Для того, чтобы подогнать приглянувшийся костюм под параметры конкретного покупателя, существуют ателье, спе-

циализирующиеся на данном виде услуг. При каждом ателье работает закройщик, который в основном специализируется на индивидуальных заказах. Есть в ателье и портной или портниха, которые занимаются подгонкой готовой одежды, сшитой по стандартным лекалам, по фигуре конкретного заказчика. Так дешевле, поскольку индивидуальный пошив далеко не каждому по карману.

Портной — специалист, который не один год осваивал тонкости своей профессии в техникуме. Если покупатель костюма попробует взять на себя роль портного, то можно с уверенностью сказать, что будет перепорчено немало ткани, прежде чем он начнет понимать и чувствовать нюансы и особенности «проектирования» элементов костюма. Какой из этого можно сделать вывод, проецируя данную метафору на принципы строительства зданий? Правильно: вряд ли дом устроен проще, чем вечернее платье. Чтобы снизить риск фатальной ошибки при проектировании здания и связанными с этими дополнительными финансовыми расходами на исправление, даже если речь идет о «подгонке» готового проекта массового потребления под свои нужды, лучше всего доверить этот процесс профессионалам — как на этапе проектирования, так и на этапе строительства. Это в конечном итоге избавит хозяина бу-



Рис. 28



Рис. 29

душего дома от необходимости погружаться в довольно специфичные детали при отсутствии базовых знаний по теме.

Это вовсе не означает, что автор призывает к отсутствию контроля со стороны заказчика. Без этого никак нельзя! Просто контроль должен быть заказчику по силам — как с точки зрения времени, которое ему для этого понадобится, так и с точки зрения наличия профессиональных навыков. В любом случае при выборе исполнителя для той или иной задачи заказчик должен обзавестись определенным уровнем доверия и благосклонности к будущему подрядчику. Способов и путей приобретения доверия великое множество: для кого-то имеют значение отзывы и рекомендации знакомых, для кого-то рейтинг компании, для кого-то количество и статус реализованных проектов...

Предположим, мы выбрали подрядчиков, это позволило нам сбросить существенный груз тревоги по поводу качества готового строительства. Однако это далеко не все... Мы же не хотим, чтобы подрядчик постоянно «дергал» заказчика просьбами рассмотреть то или иное решение, согласовать использование таких-то и таких-то материалов. Иными словами, заказчику после выбора проекта и подрядчиков необходимо задать основные параметры будущего здания, четко изложить свои требования к нему, определить контрольные

точки. Чтобы избавить себя от необходимости подтверждения выбора каждого конкретного материала, можно использовать принцип работы со строительными системами, а не с отдельно взятыми материалами. В чем смысл и что это дает? Поможет ли это заказчику сэкономить деньги и нервы при строительстве и при эксплуатации? Ответ положительный — да, поможет. Во-первых, мы экономим время, чтобы не погружаться в мелочи, связанные с подбором каждого отдельно взятого компонента системы, его свойств, характеристик, параметров, цены и прочего. Во-вторых, отпадает необходимость ломать голову над сочетаемостью компонентов и материалов — в строительных системах это, естественно, предусмотрено изначально. Сегодня на рынке достаточно много компаний, которые предлагают заказчикам не просто материалы, а уже готовые решения. При этом компании, являясь экспертами в продвижении своих решений, вкладывают большое время, средства и усилия в изучение и развитие предлагаемых ими систем. Причем со всех точек зрения: санитарно-гигиенической, пожарной, механической, теплотехнической, долговечности и так далее. Используя системы, а не отдельные материалы для будущего дома, подрядчик (а стало быть, и заказчик) сильно экономит на времени и сочетаемости элементов, применяемых при строительстве. Даже если по каким-то причинам возникнет необходимость заменить один из компонентов



Рис. 30

системы из-за того, что какой-то элемент строительной системы отсутствует на местном рынке либо стоит относительно дорого, при таком подходе достаточно подобрать аналог, используя в качестве базового тот набор свойств и характеристик материала, который был заложен в систему изначально. Правда, тут кроется серьезный нюанс: надежность и гарантии поставщика готовых решений распространяются лишь на систему, собранную из рекомендованных им материалов. Если заказчик меняет один из компонентов системы, например утеплитель, на абсолютный с технической точки зрения аналог, то даже при условии полного соответствия характеристик всех компонентов оригиналу весь риск и ответственность за принятое решение заказчик берет на себя. Тем не менее такой вариант упрощения вполне имеет право на жизнь (при условии, что заказчик хочет сэкономить на нюансах). Повышенный риск при этом — своего рода плата. Выбор пути остается за заказчиком.

Но что насчет непростой задачи повышения энергоэффективности зданий? Это, как вы понимаете, еще одно направление проектирования, в котором нужно быть если не профессионалом, то как минимум специалистом. Получается, что заказчик, не будучи таковым, не имеет возмож-



Рис. 31

ности держать руку на пульсе относительно предлагаемых проектировщиком и подрядчиком решений? Хорошая новость заключается в том, что это не так. Безусловно, какое-то время на погружение в тему энергопотребления будущего дома заказчику все же потребуются, но предлагаемый путь требует не таких больших затрат времени и усилий. Речь идет об использовании результатов расчета энергетического паспорта здания. Именно этот документ заказчик, заинтересованный в строительстве не просто дома, а энергоэффективного дома, должен запросить у подрядчика, осуществляющего проектирование. Внутри этого документа содержится вся необходимая для осмысления и анализа информация о размере финансовых затрат, связанных с отоплением дома. Да, этот документ содержит довольно много информации, и надо суметь найти именно то, что нам необходимо. Давайте же попробуем в следующем разделе разобраться в этом документе и понять, чем он может быть нам полезен, чтобы наш будущий дом был не только надежным, выразительным, удобным, но при этом еще и теплым, а также эффективным.

19. Насколько сложен расчет энергопаспорта здания

Мы как конечные потребители, а не специалисты по проектированию, можем пропустить начальные строки раздела «Энергетический паспорт» и сразу обратиться к значению показателя расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период. Оно выражается в кВт·ч/м² или кВт·ч/м³. Обратите внимание, тут указаны кВт·ч тепловой энергии, ни в коем случае не электрической. Это разные понятия, их нельзя сравнивать и складывать.

Затем нам нужно найти информацию о размерах тарифа на тепловую энергию, которую мы будем использовать для отопления своего здания, выраженного в руб/кВт·ч. Перемножив две величины, а также умножив полученное значение на отапливаемую площадь, мы получим сумму затрат в рублях, которую нам придется выкладывать каждый год за поставленное тепло. Сумма получилась выше ожидаемой, есть желание каким-то образом ее уменьшить? Следующим шагом, по-прежнему не вникая в глубокие детали, нужно сравнить между собой размер трансмиссионных и вентиляционных потерь, сумма которых всегда строго



Рис. 32

равна 100%. Если, например, доля трансмиссионных потерь выше доли вентиляционных, то понятно, что дальнейшую оптимизацию энергопотребления следует вести, улучшая именно теплозащитные характеристики тепловой оболочки здания. Либо наоборот: если преобладают вентиляционные потери, то оптимизировать нужно их, не забывая при этом про баланс, о котором мы говорили выше.

Дальнейшее погружение в детали расчета энергопаспорта имеет смысл только после этого.

20. Заключительные положения

Данная книга предназначена для потребителей, заинтересованных в решении вопроса повышения энергоэффективности объектов капитального строительства как на этапе планирования будущего объекта, проектирования оболочки здания, так и при выборе и оценке эффективности инженерных источников теплоснабжения и обеспечения и поддержания параметров микроклимата в здании. Подробно рассмотрены вопросы подбора решений для оптимизации энергобаланса здания как с технической, так и с экономической точки зрения. По понятным причинам — поскольку грамотный и качественный расчет требует серьезного погружения в детали и анализа процессов теплообмена, происходящих в здании при его эксплуатации, — набор критериев, требующих внимания, довольно обширен. Рассмотрены факторы, позволяющие ранжировать критерии энергоэффективности здания с точки зрения их приоритетности, с целью возможного упрощения алгоритма расчета. Следует помнить, что любое упрощение неминуемо ведет к росту погрешности расчетов, а следовательно, точность оценки в этом случае будет страдать. Именно поэтому автор настоятельно рекомендует застройщикам для выполнения расчетов обращаться в специализированные организации, сохраняя за собой право осуществления контроля результата их работы. Автор надеется, что изучение материалов данной книги позволит будущему домовладельцу углубить свои знания по теме энергоэффективности и чувствовать себя более свободно и уверенно на всех стадиях проектирования и строительства энергоэффективного дома.

Приложение

Пошаговая инструкция проектирования тепловой защиты ограждающих конструкций здания

1. Техническое задание и исходные данные.

В техническом задании должны быть указаны:

- тип здания и его назначение;
- регион строительства;
- температурно-влажностный режим помещений здания.

В качестве исходных данных следует приложить все необходимые разделы проекта здания (АР, ОВиК, ГП, КР и т. д.).

2. Требуемые значения удельной характеристики расхода тепловой энергии.

Перед началом расчета энергетического паспорта здания следует определить требуемое значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, согласно приложениям № 1, № 2 и № 3 к Приказу № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», с учетом п. 11 данного приказа.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий, $q_{от}^{TP}$, Вт/(м³·°С)

Площадь здания, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
50	0,579	–	–	–
100	0,517	0,558	–	–
150	0,455	0,496	0,538	–
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414

Площадь здания, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

Примечания:

1. Не распространяется на объекты индивидуального жилищного строительства (отдельно стоящие и предназначенные для проживания одной семьи жилые дома с количеством этажей не более чем три), дачные дома, садовые дома.
2. При промежуточных значениях отапливаемой площади здания в интервале 50–1000 м² значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию определяются по линейной интерполяции.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию административных и общественных зданий, $q_{от}^{ТР}$, Вт/(м³·°C)

Типы зданий	Этажность зданий							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Многоквартирные дома (на этапах проектирования, строительства, сдачи в эксплуатацию), гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3–6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	–	–	–	–	–
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	–	–	–
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

3. Класс энергоэффективности для здания МКД.

Требуемый класс энергетической эффективности здания МКД (многоквартирного дома) следует определять в соответствии с таблицей №2 Приказа № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». Согласно Приказу №1550/пр, класс энергоэффективности для здания МКД с 2018 года должен быть не ниже класса «С». Согласно классификации Приказа № 399/пр, с 2023 года — не ниже класса «А», с 2028 года — не ниже класса «А+».

4. Требования для теплозащитной оболочки здания. Согласно п. 5.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1 (Приказ № 807/пр от 14.12.18), теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

5. Поэлементные требования к ограждающим конструкциям. Согласно п. 5.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1 (Приказ № 807/пр от 14.12.18), для каждой ограждающей конструкции здания следует определить нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче. Коэффициент, учитывающий особенности региона строительства (μ_r), при первичном расчете рекомендуется принимать равным 1.

Необходимо учитывать пункт 5.3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1: нормируемое значение сопротивления теплопередаче определяется по формуле (содержится в п. 5.4 СП 50.13330.2012) для помещений зданий с влажным или мокрым режимом, а также для производственных зданий со значительными избытками теплоты и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50 %.

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{тр}$

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год	(м ² ·С)/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Чердачных перекрытий, над неотопляемыми подпольями и подвалами	Светопрозрачных ограждающих конструкций, кроме фонарей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1.1. Жилые, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,49	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,63	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,73	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,75	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,77	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	—	0,00035	0,0005	0,00045	—	0,000025
b	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
1.2. Лечебно-профилактические, дошкольные образовательные и общеобразовательные организации, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,2	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	—	0,00035	0,0005	0,00045	—	0,000025
b	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,7	0,49	0,3
	4000	2,4	3,2	3,4	0,63	0,35
	6000	3,0	4,0	4,6	0,73	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,75	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,77	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	—	0,0003	0,0004	0,00035	—	0,000025
b	—	1,2	1,6	1,3	—	0,25

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год	(м ² ·С)/Вт, ограждающих конструкций					Фонарей
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Чердачных перекрытий, над неотопляемыми подпольями и подвалами	Светопрозрачных ограждающих конструкций, кроме фонарей	Фонарей	
1	2	3	4	5	6	7	
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000 4000 6000 8000 10000 12000	1,4 1,8 2,2 2,6 3,0 3,4	2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5	1,4 1,8 2,2 2,6 3,0 3,4	0,25 0,3 0,35 0,4 0,45 0,5	0,25 0,2 0,3 0,35 0,4 0,45 0,5	0,25 0,2 0,3 0,35 0,4 0,45 0,5
a	–	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025	0,000025
b	–	1,0	1,5	1,0	0,2	0,2	0,15

Примечания

1. Значения для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{0,10} = aГСОП + b,$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта; a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным настоящей таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6. Для группы зданий в строках 1 и 2.

Для графы 6 для интервала до 2000 °С·сут/год следует принимать базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче равным значению для 2000 °С·сут/год, для интервала свыше 12000 °С·сут/год следует принимать базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче равным значению для 12000 °С·сут/год.

2. Для зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче должны определяться для каждого конкретного здания.

3. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче части стены, расположенной ниже уровня грунта на глубину не менее 1м, следует принимать таким же, как для стены, расположенной выше уровня грунта.

6. Подбор состава (толщины утеплителя) ограждающих конструкций. Подбор проектируемой ограждающей конструкции следует осуществлять согласно п. 7.2 СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

6.1. При подборе прежде всего необходимо определить целевое сопротивление теплопередаче для каждого типа ограждающей конструкции, которое должно быть не меньше нормируемого сопротивления.

6.2. Ограждающие конструкции на практике очень часто могут включать различные типы теплотехнических неоднородностей, через которые также проходят тепловые потоки. Поэтому ограждающую конструкцию следует разбить на элементы, которые будут включать непосредственно плоскость ограждающей конструкции (плоский элемент), а также плоские, линейные и точечные элементы, представляющие теплотехнические неоднородности. Для каждого элемента необходимо найти удельные геометрические показатели.

6.3. Далее следует выбрать способ получения значения удельных потерь теплоты через каждый элемент ограждающей конструкции: либо расчет температурного поля, либо справочные материалы (например, приложение Г СП 230.1325800.2015).

6.4. Для плоских элементов необходимо подобрать толщину утеплителя. Согласно разделу 4 СП 230.1325800.2015, целевое сопротивление теплопередаче конструкции необходимо умножить на 1,5 и подбирать конструкцию со значением $R_{01}^{учл} = 1,5R_{ц}$. Если про конструкцию известно, что она отличается высокой однородностью, можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,3. И наоборот: если про конструкцию известно, что она отличается низкой однородностью, можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,8.

6.5. Для выбранной толщины утеплителя требуется определить удельные потери теплоты всех элементов ограждающей конструкции.

6.6. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки следует определять по формуле (содержится в п. 5.1 СП 230.1325800.2015). Оформлять расчет приведенного сопротивления теплопередаче следует в соответствии с Е.6 СП 50.13330.

6.7. Целевое сопротивление теплопередаче может считаться достигнутым, если полученное расчетом приведенное сопротивление теплопередаче не меньше целевого сопротивления теплопередаче и отличается от него не более чем:

на 10 % – для $R_o^{ycl} < 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$,

на 7 % – для $3,5 \leq R_o^{ycl} < 5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$,

на 5 % – для $5 \leq R_o^{ycl} \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

7. Комплексное требование к ограждающим конструкциям. Согласно пункту 5.5 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1 (Приказ № 807/пр от 14.12.18), значение удельной теплозащитной характеристики здания должно быть не больше нормируемого. Если условие не выполняется, следует увеличить приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. Значение удельной теплозащитной характеристики здания рассчитывается согласно пункту 5.6 СП 50.13330.2012.

8. Санитарно-гигиеническое требование к ограждающим конструкциям. В соответствии с пунктом 5.7 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1 (Приказ № 807/пр от 14.12.18) приведенное сопротивление теплопередаче конструкции должно быть не меньше нормируемого сопротивления теплопередаче, рассчитываемого по формуле (содержится в п. 5.4 СП 50.13330.2012). Если условие не выполняется, приведенное сопротивление теплопередаче необходимо увеличить.

9. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии необходимо производить согласно приложению Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с изменением №1 (Приказ № 807/пр от 14.12.18).

10. Выполнение требования приказа №1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии необходимо сравнить со значением требуемого удельного расхода тепловой энергии с учетом п. 11 Приказа № 1550/пр.

Для вновь создаваемых зданий (в том числе многоквартирных домов), строений, сооружений нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию уменьшается:

- с 1 января 2018 г. – на 20 процентов по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, строения, сооружения, указанной в таблицах приложений №1 и №2 к настоящим требованиям;
- с 1 января 2023 г. – на 40 процентов по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, строения, сооружения, указанной в таблицах приложений №1 и №2 к настоящим требованиям;
- с 1 января 2028 г. – на 50 процентов по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, строения, сооружения, указанной в таблицах приложений №1 и №2 к настоящим требованиям;

Для малоэтажных жилых многоквартирных зданий требуемое значение удельного расхода тепловой энергии принимается согласно приложению № 1 к Приказу № 1550/пр.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий,
 $q_{от}^{TP}$, Вт/(м³·°C)

Площадь здания, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
50	0,579	–	–	–
100	0,517	0,558	–	–
150	0,455	0,496	0,538	–
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

Примечания:

1. Не распространяется на объекты индивидуального жилищного строительства (отдельно стоящие и предназначенные для проживания одной семьи жилые дома с количеством этажей не более чем три), дачные дома, садовые дома.
2. При промежуточных значениях отапливаемой площади здания в интервале 50–1000 м² значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию определяются по линейной интерполяции.

Для других типов зданий требуемое значение удельного расхода тепловой энергии принимается согласно приложению N° 2 к Приказу N° 1550/пр.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию административных и общественных зданий, $q_{от}^{ТР}$, Вт/(м³·°C)

Типы зданий	Этажность зданий							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Многоквартирные дома (на этапах проектирования, строительства, сдачи в эксплуатацию), гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3–6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	–	–	–	–	–
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	–	–	–
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

В случае если удельная характеристика расхода тепловой энергии больше требуемого значения, необходимо провести мероприятия по уменьшению данного расчетного значения, например:

- снижение значения удельной теплозащитной характеристики при увеличении приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- снижение удельной вентиляционной характеристики здания;
- изменение показателя компактности здания;

- изменение уровня остекленности фасадов здания;
- изменение ориентации здания по сторонам горизонта на генеральном плане.

Очередность мероприятий зависит от степени их влияния на удельную характеристику расхода тепловой энергии: следует начинать с наиболее значимых и двигаться к менее существенным.

11. Определение класса здания МКД. Класс энергоэффективности здания МКД следует определять согласно таблице № 2 Приказа № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

12. Уменьшение нормируемых значений сопротивления теплопередаче при снижении коэффициента m_{tr} . При экономической целесообразности допускается снижение значения коэффициента m_{tr} в случае, если выполняются требования п. 11 приказа № 1550/пр, п. 5.5 и п. 5.7 СП 50.13330.2012. Значения коэффициента m_{tr} при этом должны быть не менее: $m_{tr} = 0,63$ — для стен, $m_{tr} = 0,8$ — для остальных ограждающих конструкций.

Станислав **Щеглов**

Основы проектирования энергоэффективного здания

Редактор: *Станислав Щеглов*
Компьютерная верстка: *Александра Палавина*
Дизайн иллюстраций: *Мария Дробышева*

Подписано в печать 17.08.2021
Формат 64х90/16
Усл. печ. л. 7
Тираж: 1500 экз. Печать офсетная.
Гарнитура: Proxima Nova

ISBN 978-5-9905638-5-8



Отпечатано: ООО «РПК» ЗЕТАПРИНТ»
Россия, 115088, г. Москва, 2-й Южнопортовый пр-д, д.26А, стр.31.
info@zetaprint.ru
<https://zetaprint.ru/>
+7 (495) 775 2338

В книге рассмотрены принципы проектирования и строительства энергоэффективных зданий. Выполнена сравнительная оценка влияния различных каналов потерь тепловой энергии на энергопотребление здания, а также возможные методы их оптимизации. Проведен сравнительный анализ эффективности использования различных энергосберегающих мер с точки зрения эффективности их применения.

Книга будет полезна специалистам строительных компаний и проектных организаций, студентам, обучающимся по направлениям «Строительство» и «Архитектура», аспирантам.



ISBN 978-5-9905638-5-8



9 785990 563858