

Концепция энергосбережения при реставрации и капитальном ремонте зданий на примере жилого дома

д.т.н., профессор Г.С.Иванов; к.т.н. А.В.Спирidonов; к.т.н. Д.Ю. Хромец; А.М.Морозов, аспирант

Требования обновленных СНиП 11-3-79* (95) Строительная теплотехника, а также МГСН 2.01-99, «...исходя из условий энергосбережения», сводятся в основном к утеплению оболочки зданий и не имеют технико-экономических обоснований [1]. Это привело к нерациональному расходованию материальных ресурсов и малорентабельным капиталовложениям при строительстве новых и утеплении реконструируемых зданий [2].

Фонд эксплуатируемых зданий в России составляет около 2,6 млрд м² общей площади. Все они были построены по ранее действовавшим нормативам при минимально допустимом уровне теплозащиты наружных стен (не менее требуемого сопротивления теплопередаче, определяемого по формуле 1), но вполне достаточным для обеспечения выполнения санитарно-гигиенических требований по предупреждению выпадения конденсата и условиям комфортности микроклимата помещений. Окна в жилых зданиях были в деревянных переплетах преимущественно с двухслойным остеклением. На отопление существующих зданий ежегодно должно расходоваться по нормативам не менее 200 тонн условного топлива. Ввод новых зданий в современных условиях не превышает 30 млн м² в год, при дополнительной потребности в топливе не более 3 млн т. Отсюда следует, что основной резерв энергосбережения скрыт в существующем фонде зданий. Однако почти все инвестиции направляются на новое строительство, и указанный главный резерв энергосбережения остается нетронутым. Без его вовлечения в оборот все разговоры о решении проблемы энергосбережения в градостроительном комплексе оказываются беспочвенными. Не подготовлена научно обоснованная концепция и нормативная база для решения этой крупномасштабной государственной проблемы, о чем свидетельствуют первые робкие попытки разработки эталонных проектов капитального ремонта жилых зданий в целях снижения их энергопотребления при эксплуатации. Неверно принятая концепция энергосбережения может привести при ее реализации к значительным неоправданным расходам материальных ресурсов и малорентабельным капиталовложениям. Покажем на конкретном примере, какие нюансы возникли при разработке проекта капитального ремонта жилого дома [4] по ныне действующим нормативам.

Жилой 9-ти этажный, четырехсекционный дом имеет стены из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 400 мм, чердачное перекрытие из пустотных железобетонных плит – 220 мм с утеплителем из минераловатных плит – 50 мм, уложенных на цементно-фибrolитовые плиты – 75 мм. Перекрытие над техническим подпольем выполнено из ребристых железобетонных плит толщиной 60 мм, слоя песка – 40 мм, цементной стяжки – 40 мм, ДВП – 10 мм, пол из линолеума – 5 мм, окна с двойным остеклением в раздельно-спаренных деревянных переплетах.

СНиП 11-3-79* требуют для реставрируемых и капитально ремонтируемых зданий независимо от этажности устанавливать повышенный уровень теплозащиты ограждающих конструкций.

Руководствуясь этими требованиями, Мосжилниипроект при разработке проекта капитального ремонта этого здания [4] установил следующие значения сопротивления теплопередаче, м²К/Вт, ограждающих конструкций:

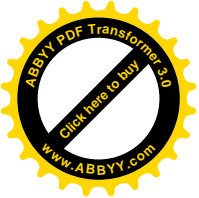
- наружных стен – 3,16
- чердачных перекрытий – 4,1
- окон и балконных дверей – 0,54
- перекрытий над холодными техподпольями – 4,71.

Детальный анализ представленного проекта выполнен международной организацией в рамках проекта программы ТАСИС ERUS-9705 [4] с дополнениями собственными предложениями. В результате сопоставлению были приняты пять вариантов, включая базисный, для которых определены следующие значения эксплуатационной характеристики здания (табл. 1).

ТАСИС рекомендовал принять к реализации проектный вариант № 3, позволяющий снизить теплопотери на 48 %, но дополнить его следующими мероприятиями по варианту № 4 и снизить энергопотребления здания в целом на 56%:

- увеличить толщину слоя утеплителя наружных стен с 12 до 16 см;
- утеплить перекрытие подвала дополнительным 8-сантиметровым слоем теплоизоляции;
- заменить теплоизоляцию трубопроводов в подвале и увеличить ее толщину до диаметра трубы;
- заглушить 2/3 вентиляционных окон в стенах подвала.

Отметим, что расчеты и предложения ТАСИС отличаются детальным рассмотрением различных вариантов теплозащиты наружных стен, перекрытий, окон при определении удельных энергозатрат здания в зависимости от кратности воздухообмена ($n = 0.3, 0.67-1.0; 1/ч$) и сопоставлении результатов



расчета при использовании европейских (DIN) и русских (СНиП) нормативов. Предложенный набор энергосберегающих технических решений при отсутствии общей концепции энергосбережения оказался исчерпывающе полон и не нуждается в дополнениях. Однако ряд методических положений, влияющих на достоверность полученных результатов расчета удельных энергозатрат и корректность выбора окончательного варианта реставрации здания, должны быть уточнены при учете следующих специфических особенностей градостроительного комплекса России:

1. Приводимые в табл. 1 значения удельных энергозатрат для базисного варианта № 1 при принятой в расчетах

Таблица 1. Варианты реставрации здания.

№	Варианты теплозащиты здания	Удельные энергозатраты, кВт·ч/м ² ·г (%)
1	Базисный вариант – фактическое состояние здания	188 (100)
2	Дополнительное утепление крыши, перекрытия подвала и трубопровода	159 (85)
3	Утепление наружных стен, стен тамбура, замена старых окон, полов (паркет) первого этажа (проект МОСЖИПНИИПРОЕКТА)	97 (52)
4	Утепление кровли, перекрытия подвала, трубопроводы, наружные стены при утеплителе с $\lambda=0,05$ Вт/(м·К), повышена теплозащита окон до 0,56 м ² ·К/Вт	82 (44)
5	То же, что и в варианте № 4, но при использовании утеплителя с $\lambda=0,04$ Вт/(м·К), повышена теплозащита окон $R_{\text{о}}=0,71$ м ² ·К/Вт	72 (41)

кратности воздухообмена $n = 0,67$ 1/ч, исходя из осредненного норматива 35 м³/чел., не соответствует истинному притоку инфильтрующегося воздуха в российских зданиях старой постройки. Об этом свидетельствуют (см. с. 17 [4]) и откровенные признания самих разработчиков в

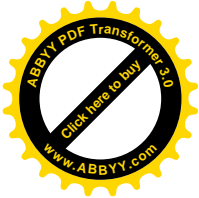
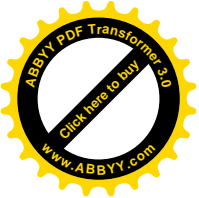
части правильности «допущений кратности воздухообмена до реконструкции и после нее. Связанная с этим неопределенность не допускает никаких точных прогнозов относительно реально ожидаемой экономии энергии».

2. По результатам натурных измерений многих исследователей в ранее построенных в России по типовым проектам жилых зданиях при приточно-вытяжной естественной вентиляции, фактическая кратность воздухообмена в квартирах может достигать более двух объемов в час ($n > 2,1$ /ч), из-за большого притока инфильтрующегося воздуха через окна, притворы дверей и вертикальные стыки наружных стен при естественном ветровом и температурном напорах. Поэтому фактические удельные энергозатраты оказались значительно больше значений, принятых в базисном варианте № 1, что должно снизить долю ожидаемой экономии тепловой энергии и эффект от утепления ограждающих конструкций.

3. Отсутствует анализ структуры энергобаланса существующего здания до и после его реконструкции, что не позволяет определить вклад каждого из предложенных технических решений в снижении энергопотребления здания и обосновать правильность генерального направления решения проблемы энергосбережения при реставрации зданий.

4. Исполнители принимают на веру правильность, заметим, не имеющих технико-экономических обоснований, требований СНиП по увеличению до уровня этапа 2 теплозащиты ограждающих конструкций при реставрации зданий. По этой причине предложенные варианты снижения энергопотребления здания оказались безальтернативными, что заранее и предопределило выбор в пользу проектного варианта № 2 с дополнениями по варианту №3. Это привело к механическому выполнению требований СНиП по повышению уровня теплозащиты ограждающих конструкций, не считаясь с затратами и рентабельностью капиталовложений, несмотря на то, что по принятому варианту стоимость утепления 1 м² наружной стены должна составить не менее 50 \$ США. Наш расчет показал, что в климатических условиях г. Москвы при повышении сопротивления теплопередаче наружных стен с существующих 1,8 до 3,16 м²·Вт стоимость сбереженной тепловой энергии при ее цене 0,03 \$/кВт·ч должна составить 2,19 \$ / (м²·год), а срок окупаемости около 23 лет, что указывает на экономическую нецелесообразность капиталовложений на утепление наружных стен здания (показатель рентабельности менее 5%).

5. Заслуживает большего внимания нереализованное предложение по варианту № 5 в части применения энергоэффективных окон с повышенным до 0,71 м²·К/Вт сопротивлением теплопередаче. Однако следует указать, что главное преимущество новых конструкций энергоэффективных окон обусловлено не столько их повышенным уровнем теплозащиты, а в большей мере (примерно на порядок выше) – снижением воздухопроницаемости, что необходимо учитывать в технико-экономических расчетах по методике [3]. По нашим расчетам срок окупаемости таких окон в климатических условиях г. Москвы не должен превышать 5 лет. Поэтому целесообразно дополнительно рассмотреть альтернативный вариант с использованием энергоэффективных окон, но без утепления наружных стен.



6. Уместно напомнить, что с увеличением толщины дополнительного слоя утеплителя стен, эффективность энергосбережения быстро снижается, поскольку указанная зависимость не линейна [6,7]. При этом дополнительные расходы на каждый сантиметр толщины дополнительного слоя утеплителя остаются постоянными. Но снижается значение коэффициента теплотехнической однородности, что приводит в целом к снижению эффективности от утепления ограждающих конструкций.

С учетом изложенных замечаний произведем пересчет показателей альтернативных вариантов теплозащиты здания, характеристики которых приведены в табл. 2. Принципиальные различия альтернативных вариантов состоят в следующем:

В варианте № 2 по сравнению с вариантом № 1 предусмотрено: утепление перекрытия подвала $\delta_{ут} = 8$ см при $\lambda = 0,05$ Вт/(м·К); применение энергоэффективных окон и балконных дверей с однокамерными стеклопакетами и дополнительным третьим одинарным стеклом с селективным теплоотражающим покрытием, а также расшивка и герметизация вертикальных стыков между панелями, за счет чего должна быть снижена до минимума ($n = 0,67$ 1/ч) кратность воздухообмена.

В варианте № 3 приняты решения проектной организации, обеспечивающие выполнение требований СНиП 11-3-79 по утеплению ограждающих конструкций до уровня этапа 2 (табл. 1, б) предусмотрено применение менее дорогих, чем в варианте № 2, окон и балконных дверей, но позволяющих снизить кратность воздухообмена до $n = 1,0$ 1/ч.

Таблица 2. Характеристика альтернативных вариантов теплозащиты здания.

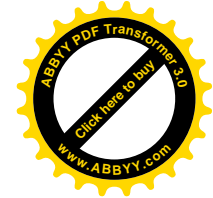
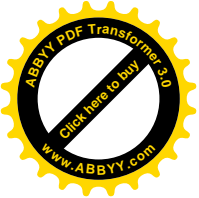
Варианты теплозащиты здания	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих констр., м ² ·К/Вт			
	наружн. стен	чердач. перекрыт.	полов 1 этажа	окон и балк. дверей
№ 1 – существующее здание базисный вариант	1,08	1,60	0,54	0,39
№ 2 – без утепления наружных стен	1,08	1,60	2,14	0,75
№ 3 – с утеплением наружных стен	3,16	4,16	3,29	0,53

Структура теплового баланса здания по вариантам теплозащиты раскрыта в таблице 3. Как и следовало ожидать, наибольшая доля энергозатрат (38-58%) приходится во всех трех вариантах на подогрев холодного инфильтрующегося воздуха. Доли трансмиссионных теплопотерь через наружные стены и окна оказались практически соизмеримы, кроме варианта №2, в котором повышенные трансмиссионные теплопотери через стены обусловлены снижением доли энергозатрат на подогрев инфильтрующегося воздуха при уменьшении кратности воздухообмена до $n = 0,67$ 1/ч.

Таблица 3. Структура теплового баланса здания.

Статьи затрат теплового баланса здания	Количество теряемой тепловой энергии, за отопительный период (год), по вариантам					
	№ 1 базисный		№ 2 без утепления наруж. стен		№ 3 с утеплением наруж. стен	
	МВт·ч	%	МВт·ч	%	МВт·ч	%
трансмиссионные теплопотери через						
наружные стены	471	21,3	471	38,4	181	14,3
чердачное перекрытие	75	3,4	75	5,8	38	3
полы 1-го этажа	147	6,7	37	2,9	24	1,9
окна и балконные двери	413	18,7	215	16,7	304	24,1
энергозатраты на подогрев инфильтрующегося воздуха	1105	50	484	38,3	737	58,4
ИТОГО теплопотерь	2210	100	1291	58	1263	57
Теплопоступления, в том числе от:	559		559		559	
● людей и бытовых приборов	505		505		505	
● солнечной радиации через окна	54		54		54	
ИТОГО за вычетом теплопоступлений	1865		827		796	
УДЕЛЬНЫЕ энергозатраты, кВт·ч/(м²·год)	257	100	114	44	110	43

Особое внимание следует обратить на то, что снижение кратности воздухообмена с $n = 1,0$ до $0,67$ 1/ч оказалось равноценно повышению уровня теплозащиты наружных стен с $1,08$ (вар. № 1) до $3,16$ (вар. № 3) м² К/Вт. Этот наглядный эквивалент указывает на необоснованность требований СНиП по обязательному повышению до требований этапа 2 уровня теплозащиты наружных стен реставрируемых капитально отремонтируемых зданий.



В нижней строке таблицы 3 приведены удельные энергозатраты здания для сопоставляемых вариантов без учета дополнительных энергозатрат на круглогодичное горячее водоснабжение, доля которых в расходной части энергобаланса здания соизмерима с затратами на отопление (844 МВт ч/год или 116 кВтч/м²год). Даже без учета ГВС получена более контрастная картина, чем представленная выше в табл. 1. По удельным энергозатратам варианты № 2 и № 3 при принятых данных оказались практически равноценны, но стоимость варианта без утепления наружных стен должна быть в несколько раз ниже. Кроме того, сомнительно в климатических условиях средней полосы России обеспечить эксплуатационную надежность наружного 16 см слоя дополнительной теплоизоляции с 2 см слоем цементнопесчаной штукатурки.

Результаты проведенного анализа структуры теплового баланса здания позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

- наибольшая доля теплопотерь (50%) в расходной части теплового баланса существующего здания по базисному варианту № 1 вызвана дополнительными энергозатратами на подогрев инфильтрующегося холодного воздуха в основном через окна, притворы дверей и вертикальные стыки панельных наружных стен;
- по варианту № 1 доля трансмиссионных теплопотерь через наружные стены зданий должна составить 21,3%, которая в варианте № 3 при утеплении стен и выполнении требований СНиП по обязательному повышению теплозащиты стен до уровня этапа 2 должна быть снижена лишь на 8,6% при рентабельности инвестиций на утепление стен менее 5% за счет стоимости сэкономленной теплоты.
- по альтернативному варианту № 2 без утепления стен, применение энергоэффективных конструкций окон, обеспечивающих при наименьших затратах снижение трансмиссионных теплопотерь и одновременно притока инфильтрующегося воздуха, должно дать в совокупности более высокий экономический эффект при рентабельности капиталовложений не менее 20%.
- наряду с применением энергоэффективных окон при реконструкции зданий могут быть использованы и другие энергосберегающие технические решения (регулирование и контроль отпуска теплоты, экономное расходование горячей воды, утепление труб в техническом подвале, утепление тамбуров и входных дверей и др.) при обязательном экономическом обосновании их целесообразности в соизмерении со стоимостью сэкономленной тепловой энергии. Недопустимо превращать утепление реконструируемых зданий в самоцель без технико-экономических обоснований эффективности предлагаемых энергосберегающих технических решений;
- требования СНиП 11-3-79* в части обязательного утепления ограждающих конструкций реставрируемых и капитально ремонтируемых зданий должны быть пересмотрены;
- целесообразно дополнительно разработать методические указания по снижению энергопотребления в существующем фонде жилых и гражданских зданий, большинство рекомендаций которых должны быть выполнимы собственными силами квартиросъемщиков и домовладельцев.

Литература

1. Г.С.Иванов. Об ошибках нормирования уровня теплозащиты ограждающих конструкций. «Жилищное строительство», 1996, 3 9, с. 8-12.
2. Г.С.Иванов, А.Н.Дмитриев. Проблема энергосбережения в теплофизическом и экономическом аспектах технического нормирования. «Промышленное и гражданское строительство», 1998, 310, с. 19-22.
3. Г.С.Иванов, А.Н.Дмитриев, А.В.Спиридонов, Ю.Д.Хромец. Радикальное решение проблемы энергосбережения в градостроительстве на основе применения новых конструкций окон. «Строительные материалы», 1999, № 10, с. 9-12.
4. Мосжилниипроект. Проект изоляции фасада жилого дома по адресу: ул. Хабаровская, 24; часть - Энергетическая эффективность- руководство проектом. Москва, 1999.
5. Расчет годового потребления отопительного тепла до и после реконструкции (санации) в рамках проекта программы ТАСИС ERUS-9705 Строительный проект, ул. Хабаровская, 24, Москва.
6. Г.С.Иванов, Л.А.Подольн. «Энергосбережение в зданиях», Энергия, 1999, № 12, с. 25-32.
7. Г.С.Иванов. Радикальное решение проблемы энергосбережения в градостроительстве на основе применения энергоэффективных конструкций окон. «Окна и двери», 2000, № 7, с. 14-17.
8. Г.С.Иванов. Методика оптимизации уровня теплозащиты зданий. «Стены и фасады», 2001, № 1-2, с. 7-10.