

УДК 699.86

*В.С. БЕЛЯЕВ, канд. техн. наук, руководитель лаборатории теплового
и воздушного режима зданий, окон и дверей, ЦНИИЭП жилища (Москва)*

Энергоэффективность наружных стен крупнопанельного домостроения

На основе анализа конструктивных и теплотехнических особенностей наружных ограждений, а также нормативных требований к энергоэффективности и теплозащите зданий выявлены наиболее эффективные типы наружных ограждений зданий. Даны рекомендации по обеспечению нормативных требований по повышению тепловой эффективности стен и зданий в крупнопанельном домостроении.

Ключевые слова: энергоэффективность, теплопередача, морозостойкость, наружные стены.

По данным топливно-энергетического баланса 2007 г., общее потребление первичной энергии в РФ составило 955 млн т усл. т. Расход энергии жилищно-коммунальным хозяйством страны в год 146 млн т усл. топлива, а с учетом сферы услуг, коммунально-бытового обслуживания и строительства – 223 млн т усл. топлива. При этом расходы тепла на отопление жилых домов с каждым годом увеличиваются все больше за счет вводимых в эксплуатацию зданий, а невосстанавливаемые запасы природного топлива истощаются. В последние два года энергосбережение и повышение энергоэффективности стало одним из основных направлений политики государства в России.

Требования по энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений, устанавливаемые Министерством регионального развития Российской Федерации, должны включать:

1) нормируемые показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, в том числе:

– показатели, отражающие удельный расход тепловой энергии, используемой на отопление здания, строения, сооружения, за отопительный период (на 1 м² площади или на 1 м³ объема);

– показатели, отражающие удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение;

– показатели, отражающие удельный расход электрической энергии на электроснабжение здания, строения, сооружения (в многоквартирных домах, включая общедомовые нужды – освещение помещений общего пользования, обеспечение работы лифтов и пр.);

– показатели, отражающие удельный расход газа, воды, затрачиваемые на газоснабжение и водоснабжение здания, строения, сооружения;

2) требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

3) требования к отдельным элементам и конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к применяемым при стро-

ительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, обеспечивающие экологическую безопасность и позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, так и в процессе эксплуатации.

После выхода в 1995 г. новой редакции СНиП II-3-79* (98) «Строительная теплотехника» нормативные требования к тепловой изоляции зданий возросли. По существу произошел переход от санитарно-гигиенических критериев тепловой защиты зданий к экономическим, направленным на снижение расходов энергоресурсов на отопление зданий.

Это потребовало радикальной переоценки материалов, применяемых в наружных ограждениях, и существенного изменения конструктивных решений наружных стен. В зависимости от того, строится ли новое или проводится реконструкция существующего здания, конструктивные решения наружных стен требуют разных подходов.

В октябре 2010 г. вышло постановление правительства Москвы «О повышении энергетической эффективности жилых, социальных и общественно-деловых зданий в г. Москве» (ППМ № 900). В нем сказано, что при проектировании новых и реконструкции многоквартирных домов следует предусматривать повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций до приведенного сопротивления теплопередаче:

– наружных стен – 3,5 м²·°C/Вт, с 1.01.2016 г. – до 4 м²·°C/Вт;

– перекрытий чердачных (в холодном чердаке) и цокольных – 4,6 м²·°C/Вт, с 1.01.2016 г. – до 5,2 м²·°C/Вт;

– покрытий совмещенных – 5,2 м²·°C/Вт, с 1.01.2016 г. – до 6 м²·°C/Вт;

– окон, балконных дверей, витражей, за исключением помещений лестнично-лифтовых узлов – 0,8 м²·°C/Вт, с 1.01.2016 г. – до 1 м²·°C/Вт.

Допускается снижение сопротивления теплопередаче несветопрозрачных ограждений до уровня действующего на 1.07.2010 г. норматива (СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий») при достижении удельного теплопотребления на отопление и вентиляцию за отопительный период нормируемому по ППМ № 900.

Таблица 1
Значения нормативных требований к наружным стенам жилых зданий

Требуемое сопротивление теплопередаче наружного ограждения стен, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$		ГСОП (Dd)
по СНиП 23-02-2003	по ПГПМ № 900 для г. Москвы	
$\frac{3,13^1}{1,97}$	$\frac{3,5^1}{2,2}$	4943
¹⁾ Максимально / минимально. Примечание. В соответствии с п. 5.13 СНиП 23-02-2003 если в результате расчета удельный расход тепловой энергии на отопление здания окажется меньше нормируемого, то допускается уменьшение сопротивления теплопередаче R_{req} отдельных элементов наружных ограждений по сравнению с данными табл. 4 СНиП 23-02-2003, но не ниже минимальных величин R_{min} по формуле (8) этого СНиП.		

В табл. 1 представлены нормируемые значения сопротивления теплопередаче наружных стен, определенные по СНиП 23-02-2003, и повышенные значения сопротивления теплопередаче для Москвы, принятые в соответствии с постановлением правительства Москвы.

В табл. 4 СНиП 23-02-2003 значения R_{req} стен не зависят от их типа. Тогда как расчеты экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_{\text{эк}}$ различных типов стен, например при стоимости тепловой энергии 20–30 усл. единиц за $\text{МВт} \cdot \text{ч}$, показывают, что $R_{\text{эк}}$ для Москвы для многослойных стен (КПД) составляет 3,4–3,6 $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, а для стен из ячеисто-бетонных блоков 1,9–2,4 $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Однослойными могут быть наружные стены из таких материалов, как ячеистый бетон, полистиролбетон и керамзитобетон. Основным критерием в этом случае является плотность (и зависящая от нее теплопроводность) этих материалов, которая не должна быть более 600 $\text{кг} / \text{м}^3$. Этому показателю удовлетворяет полистиролбетон, плотность которого в конструкциях наружных стен составляет 250–350 $\text{кг} / \text{м}^3$ при соответствующих значениях коэффициентов теплопроводности. Вместе с тем полистиролбетон такой плотности имеет низкую прочность (0,7–1,2 МПа) и недостаточную морозостойкость. При такой прочности наружные стены могут быть только ненесущими. Кроме того, проблемным является закрепление на стенах карнизов, полков и т. п. Недостаточная морозостойкость требует обязательной защиты фасадов, в качестве которой обычно используют облицовку в полкирпича.

Перспективно в однослойных наружных стенах применение ячеистых бетонов.

Важнейшими физико-механическими показателями ячеистых бетонов являются прочность, плотность, морозостойкость, теплопроводность, усадка и водопоглощение. По этим показателям ячеистые бетоны в зависимости от исходных материалов, составов и способов производства отличаются друг от друга в очень широком диапазоне. В табл. 2 представлены характеристики автоклавных газобетонов, стабильно выпускаемых в массовом порядке заводами ячеистых бетонов. Характеристики приведены применительно к наиболее распространенной продукции – блокам стен и перегородок.

Данные табл. 2 показывают, что в настоящее время в массовом производстве изделий из ячеистого бетона достигнуты показатели, соответствующие мировому уровню. Следует сказать, что для стеновых блоков плотность ячеистого бетона 400 $\text{кг} / \text{м}^3$ является критической, поскольку при меньшей плотности хоть и достигается меньшая теплопроводность материала, но в то же время существенно снижается прочность и, что особенно важно, морозостойкость. Как показала практика проектирования, оптимальное соотношение между плотностью ячеистого бетона, с одной стороны, и его прочностью и морозостойкостью – с другой находится в диапазоне 400–600 $\text{кг} / \text{м}^3$. В этом случае ячеисто-бетонные блоки можно применять в несущих наружных стенах домов малой и средней (до 4–5) этажности, а также в ненесущих наружных стенах многоэтажных зданий при соблюдении приемлемой по конструктивным и экономическим соображениям толщины стен при клеевых кладочных швах и использовании базальтовых связей. В ряде случаев ячеистый бетон в конструкции наружных стен может удачно сочетаться с кирпичной облицовкой и эффективным утеплителем.

Необходимо также отметить тот факт, что увеличение плотности ячеистого бетона в случае нарушения заводской технологии не гарантирует соответствующего роста морозостойкости, особенно в диапазоне плотностей 400–550 $\text{кг} / \text{м}^3$.

Применение «теплого» клеевого раствора в кладочных швах ячеисто-бетонных блоков повысит их теплозащиту не менее чем на 10%.

Говоря о панельных конструкциях, следует отметить, что новым теплотехническим требованиям в полной мере соответствуют трехслойные панели с гибкими связями или железобетонными шпонками.

Кроме того, трехслойные панели наружных стен с железобетонными шпонками по теплоэффективности на 9–11% уступают панелям с гибкими связями. Последние получили широкое распространение за рубежом. Трех-

Таблица 2

Физико-механические показатели выпускаемых автоклавных газобетонов

Название завода	Показатели					
	Размеры $\times \text{в} \times \text{h}$, мм	Плотность, $\text{кг} / \text{м}^3$	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$	Морозостойкость, циклы	Предельное отклонение от номинальных размеров, мм
Липецкий завод изделий домостроения	599×(50–500)×249	400–500 600–700	2–3,5 5	0,10–0,12 0,14–0,18	25 35	±1–1,5
Ступинский завод ячеистого бетона	600×(140–300)×(144–480)	600–700	3,5	0,18	25	±(2,5–3)
211-й комбинат ЖБИ (пос. Сертолово Ленинградской обл.)	200×200×400	400–500	2,5–3	0,10–0,12	25–30	±1–1,5
Унитарное промышленное предприятие ЗСК ОАО «Забудова»	599×(50–500)×249	400–500 600–700	1,5–2,5 3,5–5	0,09–0,12 0,14–0,18	15–25 35–50	±1–1,5

Таблица 3

Сравнительная таблица основных показателей раздела «Энергоэффективность» по проектам института и в программе «Энергосберегающее домостроение в городе Москве»

Наименование проекта	Показатели энергоэффективности									Требуемая толщина утепления, м, при $\lambda=0,03$ Вт/(м·°C)
	по данным лаборатории теплового и воздушного режима зданий			по программе «Энергосберегающее домостроение»			по СНиП 23-02-2003			
	q_h	R_w	R_F	q_h	R_w	R_F	q_h	R_w	R_F	
12-15-17-18-этажный семисекционный жилой дом на базе блок-секций системы ГМС-2001 с нежилым первым этажом в Москве, СВАО, р-н Марфино, мкр. 52, корп. 2 (68И) 09-2249-КПР.ЭЭ	98	2,64	0,58	75–80	3,5	0,8	95	3,13	0,54	0,16
	93,5	3,5	0,54	75–80	3,5	0,8	95	3,13	0,54	
	80	3,4	0,8	75–80	3,5	0,8	95	3,13	0,54	
	79	3,5	0,8	75–80	3,5	0,8	95	3,13	0,54	
	88	2,64	0,8	75–80	3,5	0,8	95	3,13	0,54	

Примечание. q_h – удельный расход тепла на отопление кВт·ч/м²; R_w – приведенное сопротивление теплопередаче стен; R_F – приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных блоков, м²·°C/Вт.

слоистые панели с железобетонными шпонками применяются в Москве.

Гибкие связи обеспечивают независимость тепловлажностных деформаций наружного железобетонного слоя, исключая передачу деформаций на внутренний, как правило, несущий железобетонный слой. При наличии жестких связей между железобетонными слоями тепловлажностные деформации наружного слоя вызывают в железобетонных ребрах и шпонках концентрацию напряжений, приводящую к возникновению в них трещин, поскольку внутренний железобетонный слой находится в стабильном состоянии. Это снижает долговечность таких панелей.

В обеспечении теплозащиты панельных наружных стен важное значение имеют стыковые соединения. От правильного исполнения стыковых соединений в значительной степени зависят эксплуатационные качества стен. Теплопотери через стыки панельных зданий достигают 20% теплопотерь через глухую часть стены. В зимних условиях эксплуатации теплозащита стыков характеризуется температурой его внутренней поверхности и количеством наружного воздуха, проникающего через него в помещение. Неудовлетворительные воздухо- и влагозащита могут снизить теплозащитные качества стен в зимних условиях. Для всех типов стыков целесообразны специальные меры, предотвращающие воздухопроницаемость. Допустимый сквозной расход воздуха ограничивается величиной 0,5 кг/(м·ч).

Для оценки пригодности принимаемой конструкции стыка следует производить расчет его температурных полей. Следует отметить, что аналитические расчеты теплопередачи через стыки, как правило, не учитывают фильтрацию наружного воздуха, а если и учитывают, то только величину общей воздухопроницаемости стыков, которая условно принимается одномерной. Однако входящие в общую воздухопроницаемость величины сквозной и продольной воздухопроницаемости в различной степени влияют на теплопередачу. Сквозная или поперечная воздухопроницаемость характеризует фильтрацию воздуха поперек конструкции, а продольная – вдоль нее. Поэтому помимо аналитических расчетов при применении новых решений конструкций стыковых соединений необходимо проводить их экспериментальную проверку.

Применение теплоэффективных наружных ограждений окупает единовременные затраты во вновь строящихся жи-

лых и гражданских зданиях в течение 7–8 лет, а в существующих домах – в течение 12–14 лет за счет экономии тепловых ресурсов.

С целью оценки соответствия показателей энергоэффективности величинам, установленным городской программой «Энергосберегающее домостроение в городе Москве на 2010–2014 гг. и на перспективу до 2020 года» (сопротивления теплопередаче стен $R_w = 3,5$ м²·°C/Вт, окон и балконных блоков $R_F = 0,8–1$ м²·°C/Вт), удельного расхода тепловой энергии на отопление ($q_h = 75–80$ кВт·ч/м²), лабораторией теплового и воздушного режима зданий, окон и дверей выполнен расчетный анализ раздела «Энергоэффективность» проектов ЦНИИЭП жилища.

В табл. 3 приведены основные показатели тепловой эффективности жилых зданий на примере многоэтажного жилого дома на базе блок-секций системы ГМС-2001 в г. Москве (СВАО, Марфино, мкр. 52, корп. 2 (09-2249-КПР.ЭЭ)).

Как следует из анализа данных табл. 3, увеличение приведенного сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей $R_F = 0,54$ до $0,8$ м²·°C/Вт уменьшает удельный расход тепла на отопление на 15,5%.

Увеличение приведенного сопротивления теплопередаче стен $R_w = 3,13$ до $3,5$ кВт·ч/м² уменьшает расход тепла на 1,5%, а $R_w = 2,64$ до $3,5$ кВт·ч/м² на 4,5%.

Необходимой толщиной утеплителя с $\lambda = 0,03$ Вт/(м·°C) данных проектных решений для достижения величины $R_{req} = 3,5$ м²·°C/Вт является $\delta_{yt} = 0,16$ м.

Применение базальтовых или стеклопластиковых связей вместо металлических повысит теплозащиту наружных стен на 10%.

Трехслойные стены толщиной 350–450 мм с утеплителем толщиной 200–300 мм* из пенополистирола и минеральной ваты на гибких связях могут применяться в регионах, где показатель ГСОП достигает 6000–7000°С·сут.

В настоящее время имеются многочисленные примеры изготовления трехслойных ограждающих конструкций, отвечающих требованиям СНиП 23-02-2003. Например, московские ДСК и предприятия промышленности строительных материалов на основе энергосберегающих проектных решений успешно освоили производство жилых домов серии П44Т, ПЗМ, КОПЭ, П46М, ПД4 общей площадью более 2,2 млн м² в год с приведенным сопротивлением теплопе-

* При поэтапном подходе.

редаче стеновых панелей 3,16–3,28 м²·°С/Вт. Аналогичные трехслойные панели применяют при возведении зданий домостроительные комбинаты в Московской и Челябинской областях, Республике Татарстан, Бурятии, Карелии, Хабаровском крае, Свердловской, Ленинградской, Архангельской, Орловской, Псковской, Новгородской, Томской и Самарской областях.

Повышение тепловой защиты и энергоэффективности наружных стен должно быть неразрывно связано с повышением качества теплового и воздушного режима здания, действующего при эксплуатации как единая энергетическая система, при этом доля вентиляционных теплопотерь может быть даже больше, чем потери тепла через наружные стены.

Существующие системы естественной вентиляции в жилых зданиях недостаточно обеспечивают требуемый микроклимат помещений. Поэтому в институте разрабатываются способы повышения энергоэффективности систем вентиляции.

Экономии тепла способствует вентиляция через окна и наружные стены с регулируемым воздухообменом и рекуперацией тепла. Принцип такой вентиляции заключается в том, что наружный холодный воздух, проходя через наружное ограждение, нагревается и входит в помещение, возвращая часть теряемого тепла.

Указанные способы вентиляции помещений разрабатываются применительно как к окнам, так и к наружным стенам.

Экономия тепла за счет рекуперации трансмиссионного теплового потока при применении в воздушных прослойках вентилируемых стен теплоотражающих экранов может

составить до 30%, а при утилизации вентиляционного тепла более 50%.

При этом применение вентилируемых стен может повысить их условное сопротивление теплопередаче (по выходящему тепловому потоку в 2–3 раза и более для окон).

Выводы

1. Повышенным требованиям к теплозащите в системе КЖД отвечают панели на гибких связях, а также стены из ячеистого и полистиролбетона на клеевых кладочных швах с базальтовыми связями.
2. Целесообразно проведение дополнительных исследований по применению в наружных стенах базальтовых и стеклопластиковых связей и получение технического свидетельства.
3. Необходимо повысить однородность стен, исключив необоснованные теплопроводные включения.
4. При проектировании панельных стен определять расчетом влияние продольной и поперечной фильтрации воздуха, а в натурных условиях необходимо контролировать эти виды фильтрации.
5. В теплотехнических нормах необходимо дифференцировать требования к легковесным однослойным и многослойным стенам.
6. Следует провести дополнительные исследования и ввести в практику проектирования и строительства вентилируемые наружные стены с теплоотражающими экранами и покрытиями с рекуперацией и утилизацией тепла, что позволит получить до 50% и более экономии тепла и выполнить повышенные требования по теплозащите наружных ограждающих конструкций.

ПЯТАЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



**28-30
СЕНТЯБРЯ
2011г.
г.ЯКУТСК**

При поддержке:
Администрации г. Якутска,
Союза архитекторов Якутии,

**СИБИРСКОСЕРВИС
SBS SERVICE
НОВОСИБИРСК**

Тел./факс: (383) 335-63-50
E-mail: ses@avmail.ru
www.ses.net.ru

ДОМ-ЭКСПО
ДОМ, КОТТЕДЖ, КВАРТИРА

- > АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРОВ И ЛАНДШАФТОВ;
- > СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ;
- > ВОДА, КЛИМАТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА, ТЕПЛО, ГАЗ, СВЕТ, ВЕНТИЛЯЦИЯ;
- > ФАСАДЫ, КРОВЛИ, ОКНА, ДВЕРИ, САНТЕХНИКА;
- > "УМНЫЙ ДОМ", СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ;
- > МЕБЕЛЬ, БЫТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ;
- > БАНИ, САУНЫ, БАССЕЙНЫ;
- > ИПОТЕКА, ЖИЛИЩНОЕ СТРАХОВАНИЕ;
- > ЖИЛАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ НЕДВИЖИМОСТЬ.