

Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов

Матросов Ю.А.
НИИ Строительной Физики РААСН, г. Москва, Россия

Ярмаковский В.Н.,
НИИЖБ, г.Москва, Россия

Новый российский СНиП “Тепловая защита зданий” установил нормируемые показатели энергетической эффективности зданий. Одним из путей достижения этих показателей при проектировании зданий является применение новых теплоизоляционных материалов при создании ограждающих конструкций как однослойных, так и многослойных. За последнее десятилетие легкие и особо легкие теплоизоляционные бетоны вышли из стадии исследований, прошли апробацию в реальном строительстве и получили распространение, обладая рядом уникальных свойств. В статье излагаются основные критерии тепловой защиты согласно упомянутому СНиП, преимущества при применении легких и особо легких бетонов и конструктивные решения ограждающих конструкций с применением этих материалов.

Энергетическая эффективность здания — это свойство здания и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений.

Под тепловой защитой здания понимаются теплозащитные свойства совокупности его наружных и внутренних ограждающих конструкций, обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии (теплопоступлений) здания с учётом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата помещений.

Нормируемые параметры тепловой защиты зданий и энергетическая эффективность здания установлены в СНиП 23–02–2003 [1], действующих с 1.10.2003 г.

Основные особенности СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

По основополагающим принципам СНиП 23–02–2003 – это совершенно новый документ, как по своей структуре и области применения, так и по устанавливаемым им критериям теплозащиты зданий, методам контроля, характеру и уровню энергоаудита, согласованности с европейскими стандартами. В новых нормах:

- установлены численные значения нормируемых показателей энергоэффективности зданий;
- даны правила проектирования тепловой защиты зданий при использовании как поэлементного нормирования, так и показателей энергоэффективности;
- дана классификация новых и эксплуатируемых зданий по энергетической эффективности;
- открыта возможность строить здания с более высокими показателями энергоэффективности, чем нормируемые;
- создана возможность выявлять эксплуатируемые здания, которые необходимо срочно реконструировать, исходя из требований энергоэффективности;
- даны методы контроля соответствия нормируемым показателям тепловой защиты и энергетической эффективности как при проектировании и строительстве, так и в дальнейшем при эксплуатации зданий (энергетические паспорта).

Основные критерии тепловой защиты здания

Установлены две группы обязательных к исполнению взаимосвязанных критериев тепловой защиты здания и два способа проверки на соответствие этим критериям, основанных на:

- а) нормируемых значениях сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания, рассчитанных на основе нормируемых значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и сохраненных от прежнего СНиП; нормируемые значения сопротивления теплопередаче конструкций установлены как по видам зданий и помещений, так и по отдельным видам ограждающих конструкций, и определяются по табличным значениям или по формулам, установленным СНиП [1] в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства;
- б) нормируемом удельном расходе тепловой энергии на отопление здания, позволяющем варьировать теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий (за исключением производственных) с учетом выбора систем поддержания микроклимата и теплоснабжения для достижения нормируемого значения этого показателя; нормируемые значения удельного расхода тепловой энергии не зависят от района строительства, поскольку они отнесены к градусо-суткам отопительного периода.

Выбор способа, по которому будет вестись проектирование тепловой защиты здания, относится к компетенции проектной организации или заказчика. Методы и пути достижения вышеназванных нормативов выбираются при проектировании.

Классификация зданий по энергетической эффективности

В таблице 3 СНиП 23–02–2003 представлена классификация зданий по степени отклонения расчетных или измеренных нормализованных значений удельных расходов тепловой энергии на отопление здания от нормируемого значения. Эта классификация относится как к вновь возводимым и реконструируемым зданиям, проекты которых разработаны в соответствии с требованиями описанных выше норм, так и к эксплуатируемым зданиям, построенным по нормам до 1995 г.

К классам А, В и С могут быть отнесены здания, проекты которых разработаны по новым нормам. В процессе реальной эксплуатации энергетическая эффективность таких зданий может отличаться от данных проекта в лучшую сторону (классы А и В) в пределах, указанных в таблице. В случае выявления класса А и В, рекомендуется применение органами местного самоуправления или инвесторами мероприятий по экономическому стимулированию. Например, в Москве в мае 2005 г. распоряжением первого заместителя премьера правительства г.Москвы В.И. Ресина утверждено «Положение о стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции».

Контроль параметров и энергетический аудит зданий

Особенностью нового СНиП является обязательная к заполнению форма энергетического паспорта здания, предназначенного для контроля качества проектирования здания, последующего его строительства и эксплуатации. Энергетический паспорт дает потенциальным покупателям и жильцам конкретную информацию о том, что они могут ожидать от энергетической эффективности здания. Так, более энергоэффективным зданиям можно отдавать предпочтение, поскольку при проживании в них меньше платежи за расход энергии.

Новый СНиП потребовал осуществлять контроль качества теплоизоляции каждого здания при приемке его в эксплуатацию методом термографического обследования согласно ГОСТ 26629. Такой контроль поможет выявить скрытые дефекты и возможность их устранения до ухода строителей со строительного объекта.

Здесь также содержатся указания по контролю теплотехнических и энергетических параметров при эксплуатации зданий. Контроль параметров при эксплуатации зданий осуществляют с помощью энергетического аудита по новому ГОСТ 31168.

Энергетический аудит здания определяется как последовательность действий, направленных на определение энергетической эффективности здания и оценку энергосбережения. Результаты энергетического аудита являются основой классификации и сертификации зданий по энергоэффективности.

Раздел проекта «Энергоэффективность»

В СНиП 23-02-2003 и в СНиП 31-01 [2] предусмотрена обязательная разработка нового раздела проекта зданий «Энергоэффективность». В этом разделе должны быть представлены сводные показатели энергоэффективности проектных решений в соответствующих частях проекта здания. Сводные показатели энергоэффективности должны быть сопоставлены с нормативными показателями действующих норм. Указанный раздел выполняется на утверждаемых стадиях предпроектной и проектной документации. Разработка раздела «Энергоэффективность» осуществляется проектной организацией.

Выбор конструктивных решений ограждающих конструкций, обеспечивающих необходимую теплозащиту зданий

Ограждающие конструкции зданий должны обеспечивать нормируемое сопротивление теплопередаче с минимумом теплопроводных включений и герметичностью стыковых соединений в сочетании с надежной

пароизоляцией, максимально сокращающей проникновение водяных паров внутрь ограждения и исключающей возможность накопления влаги в процессе эксплуатации. Ограждающие конструкции должны обладать необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью, долговечностью, а также надёжностью обеспечения теплозащитных функций во времени эксплуатации здания. С внутренней и наружной сторон ограждающие конструкции должны иметь защиту от внешних воздействий. Кроме того, они должны удовлетворять общим архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим требованиям.

Необходимый приток воздуха должен обеспечиваться через специальные регулируемые приточные отверстия в ограждениях, располагаемых либо в светопрозрачных конструкциях, либо в глухой части стен, а также частично за счет воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций. Вытяжка воздуха, как правило, осуществляется за счет системы вентиляции с естественным побуждением.

С теплотехнической точки зрения различают *два основных вида наружных стен* по числу основных слоев: *однослойные и многослойные*.

Практически *однослойные стены* в виде кладки из блоков и перемычек целесообразно выполнять из такого высококонкурентноспособного и широко востребованного на строительном рынке материала для ограждающих конструкций, как разработанный НИИЖБом модифицированный полистиролбетон на низкотеплопроводном и низкосорбционноактивном композиционном вяжущем–МПКВ [3÷5]. Такие стены применимы для регионов, имеющих до 8000 градусо-суток отопительного периода при толщине блока не более 40 см.

Основные технические характеристики МПКВ для сборных изделий и конструкций: плотность в сухом состоянии 250–350 кг/м³; коэффициент теплопроводности для условия «Б» по СНиП [1] при использовании шлакопортландцемента (ШПЦ) $\lambda_B=0,080-0,112$ Вт/м^{°С}, малоклинкерного композиционного вяжущего (МКВ) $\lambda_B=0,060-0,081$ Вт/м^{°С}; марки по морозостойкости– F100÷F200, усадка при использовании ШПЦ до 1,5 мм/м, МКВ – до 1 мм/м.

В сравнении с применяемыми в настоящее время в России и в некоторых странах СНГ для производства стеновых блоков традиционными ячеистыми бетонами (безавтоклавный пенобетон с плотностью в сухом состоянии 600–700 кг/м³, автоклавный газосиликат – 450–550 кг/м³) МПКВ имеет следующие основные преимущества:

- минимально возможная плотность при требуемой достаточной для блоков самонесущих стен прочности больше в сравнении с пенобетоном в 2,0÷2,4 раза, а в сравнении с газосиликатом в 1,6÷1,8 раза;

- сорбционная (равновесная влажность) меньше в 2,0÷3,4 раза, коэффициент теплопроводности в состоянии равновесной влажности для условия «Б» меньше в 2,5÷2,8 раза;
- усадка меньше в 2,0÷2,5 раза, морозостойкость выше в 2÷3 раза;
- стоимость 1 м² стеновой кладки из МПКВ, исходя из стоимости материалов и технологии изготовления, с учетом преимущества в теплофизических характеристиках меньше на 30÷50 % (в зависимости от вида применяемого вяжущего).

Ещё более эффективен для применения в ограждающих конструкциях с высокими теплозащитными свойствами монолитный полистиролбетон с высокопоризованной и пластифицированной матрицей (МПВМ). В частности, более высокая теплотехническая эффективность его в наружных стенах обусловлена:

- меньшей возможной плотностью и, следовательно, теплопроводностью, т.к. здесь не требуется регламентирование прочности монолитной теплоизоляции;
- отсутствием швов из относительно высокотеплопроводного ($\lambda_B = 0,87 \div 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$) цементно–песчаного раствора в стеновой кладке, которые уменьшают до 30 % (в зависимости от толщины шва) сопротивление теплопередаче стены.

Монолитный полистиролбетон применяется при возведении самонесущих наружных стен каркасных зданий в несъёмной опалубке различных видов, выполняющей одновременно в фасадах защитно-декоративные функции, или для утепления плит покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над техническими подпольями. При плотности в сухом состоянии полистиролбетона от 150 кг/м³ (для коттеджей и малоэтажных зданий) и до 250 кг/м³ (для многоэтажных зданий) величина λ_B при использовании портландцемента составляет от 0,060 до 0,090 Вт/м^{°С}. Высокопоризованные (объём воздухововлечения до 30%), пластифицированные и практически нерасслаивающиеся при технологических переделах полистиролбетонные смеси изготавливаются непосредственно на строящемся объекте, транспортируются бетононасосами и укладываются в опалубку без виброуплотнения с помощью специальной мобильной установки.

Возводимые в несъёмной опалубке с применением монолитного полистиролбетона, практически трёхслойные стены представляются значительно более эффективными в сравнении с традиционными трёхслойными железобетонными стеновыми панелями с плитным утеплителем из пенополистирола или минеральной ваты толщиной 200÷300 мм и связями различных видов (либо гибкими металлическими, либо из железобетонных шпонок). Обусловлены эти преимущества, главным образом тем, что в

сравнении с традиционными плитными утеплителями (пенополистирол, минераловатная плита, пенополиуретан и др.) МПВМ при достаточно близких значениях теплопроводности отличается [3, 4]:

- повышенной в 2,0÷3,0 раза долговечностью и надёжностью в эксплуатации;
- повышенной на 30÷50 % обеспеченностью теплофизических свойств во времени эксплуатации (расчётный срок 100 лет);
- повышенной огнестойкостью и экологической чистотой;
- существенно более низкой (в 2,0÷2,5 раза) стоимостью.

Стоимость же 1 м² стены с монолитной теплоизоляцией из МПВМ с учётом стоимости несъёмной опалубки меньше в сравнении с трёхслойными железобетонными панелями с традиционными утеплителями на 10÷15%. К этому следует добавить, что трёхслойные стены с использованием МПВМ обладают существенным преимуществом в более благоприятных условиях влагомассопереноса через конструкцию, исключают образование конденсата между слоями и обеспечивают более комфортные условия жилища. Стены с таким решением применимы для любого расчётного количества градусо-суток, имеющих место в России при приемлемых толщинах (от 30 до 60 см).

Приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен следует определять согласно СНиП для фасада здания, либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов оконных и дверных проемов без учета их заполнений с проверкой условия на невыпадение конденсата на внутренней поверхности участков в зонах теплопроводных включений. Необходима обязательная проверка ограждающей конструкции на защиту её от увлажнения.

Теплотехническая однородность ограждений в связи с комплексным использованием модифицированных лёгких бетонов

Уровень тепловой защиты здания, а, следовательно, и его энергетическая эффективность во многом зависят от теплотехнической однородности ограждений. Последняя может быть существенно повышена, если лёгкие бетоны применять не только в качестве утеплителя или конструкционно-теплоизоляционного материала, но и в элементах несущего каркаса здания. Действительно, в соответствии с данными СП 23–101–2004, коэффициент теплопроводности конструкционных лёгких бетонов классов по прочности на сжатие $B15\div B50$ с маркой по плотности, соответственно, от $D1600$ до $D1900$ составляет $\lambda_B = 0,79\div 0,99$ Вт/м⁰С, в то время как коэффициент теплопроводности тяжёлого бетона на плотном природном заполнителе составляет $\lambda_B = 1,86$ Вт/м⁰С.

Теплотехнические расчёты показывают, что заменяя тяжёлый бетон в несущих конструкциях здания на лёгкий, можно выиграть за счёт повышения теплотехнической однородности ограждения либо в сокращении расчётной толщины наружной стены от 10 до 20%, либо при сохранении толщины – выиграть в экономии энергозатрат на отопление здания.

Конструкционные лёгкие бетоны (керамзитобетон, шлакопемзобетон) с модифицированной структурой, обладающие при достаточно высокой для элементов монолитных несущих каркасов зданий, в т. ч. высотных, прочностью при высокоподвижных смесях и относительно низкой теплопроводностью разработаны в последние 5 лет в НИИЖБе [4] и успешно применяются в практике современного строительства.

Примерами зданий, в которых достигнут при минимальных материальных затратах высокий уровень тепловой защиты и, соответственно, высокая энергоэффективность, являются строящиеся в последние 2–3 года жилые здания в г. Воронеж (объекты ООО “Воронежстроймонолит”). Здесь наружные стены возводятся трёхслойными с монолитной теплоизоляцией из полистиролбетона марки по плотности $D200$ в несъёмной опалубке различных видов, а элементы несущего каркаса выполняются из лёгких бетонов классов по прочности на сжатие до $B40$ на пористом шлаковом гравии Новолипецкого металлургического комбината [4].

Такое комплексное применение модифицированных лёгких бетонов в ограждающих и несущих конструкциях обеспечивает, во многом, не только высокую энергоэффективность здания, но и обуславливает возможности:

- снижения массы здания до 30%, соответственно уменьшения нагрузки на основание и фундаменты, сокращения расхода арматуры в фундаментах на 10÷15%;
- повышения пожаробезопасности здания за счёт более высокой огнестойкости легкобетонных конструкций в сравнении с аналогичными конструкциями из тяжёлых бетонов.

Применение модифицированных лёгких бетонов различных видов и назначения было рекомендовано в строительстве высотных зданий [7, 8], которые должны характеризоваться высокими классами энергоэффективности (классы «А» и «Б» по СНиП 23–02–2003).

Заключение

Новые нормы теплозащиты зданий обеспечили проектирование их с эффективным использованием энергии на отопление, а система стандар-

тов ввела нормируемые параметры микроклимата и обеспечила контроль нормируемых теплотехнических и энергетических параметров при эксплуатации здания.

Такие нормы дали возможность достижения нормируемых показателей энергоэффективности как за счет повышения качества проектирования и более широких возможностей в выборе архитектурно–конструктивных типов (форм) здания, так и за счёт применения новых строительных материалов в ограждающих конструкциях, характеризующимися не только высокими показателями теплотехнического качества, но и высокой долговечностью и надёжностью в эксплуатации.

В качестве таких перспективных материалов рекомендуются особо лёгкие теплоизоляционные бетоны, в частности модифицированный сборный полистиролбетон на малоклинкерном композиционном вяжущем (МПКВ) и монолитный полистиролбетон на портландцементе с высокопоризованной и пластифицированной матрицей (МПВМ). Ограждающие конструкции с применением таких бетонов, как в сборном, так и в монолитном вариантах, удовлетворяют требованиям новых норм по строительной теплотехнике в наиболее заселённых частях России при достаточно высоких технико–экономических показателях и высокой надёжности в эксплуатации. Это показывает успешный опыт их применения в строительном комплексе более чем 20 регионов России.

Использование в конструктивных системах зданий МПКВ и МПВМ в комплексе с модифицированными конструкционными лёгкими бетонами в элементах несущих каркасов зданий обеспечивает не только их высокую энергетическую эффективность, но и способствует:

- сокращению материальных затрат на возведение зданий за счёт пониженной до 30% массы;
- повышению безопасности здания в эксплуатации.

Созданная система новых норм и стандартов по тепловой защите зданий в комплексе с новым поколением модифицированных лёгких бетонов обеспечивает условия для необходимого преобразования рынка перспективных строительных технологий, способствует строительному буму, приводит к существенному энергосбережению, повышает тепловой комфорт в помещениях зданий и снижает зависимость внутренней среды зданий от аварийных и экстремальных ситуаций.

Перелік посилань

1. **СНиП 23-02-2003** Тепловая защита зданий. — Госстрой России. — М., 2004.
2. **СНиП 31-01-2003** Здания жилые многоквартирные. — Госстрой России. — М., 2004.
3. **Чиненков Ю. В., Ярмаковский В. Н.** Модифицированные полистиролбетоны в ограждающих конструкциях зданий и инженерных сооружений / «Строительные материалы», №4. — 2004.
4. **Ярмаковский В. Н.** Лёгкие бетоны нового поколения для строительства зданий высокой энергетической эффективности / «СТРОИ», №11. — 2004.
5. **Ярмаковский В. Н.** Композиционные вяжущие для лёгких бетонов с высокими показателями теплотехнического качества / Труды междунар. науч.–практич. конф. «Наука и технология силикатных материалов — настоящее и будущее», т. IV. — М., МХТИ им. Д.И. Менделеева, 2003. — С. 300–307.
6. **СП 23-101-2004** Проектирование тепловой защиты зданий / ФГУП ЦПП. — М., 2004.
7. **Матросов Ю. А.** Энергетическая эффективность высотного домостроения / Информ. сб. №1 «Уникальные и специальные технологии в строительстве г. Москвы». — Центр новых строительных технологий. — М., 2004.
8. **Матросов Ю. А., Ярмаковский В. Н.** Рекомендации по проектированию тепловой защиты и энергоэффективности высотных зданий / Информ. сб. №2 «Новые материалы, конструкции, оборудование и технологии в строительном комплексе г. Москвы». — Центр новых строительных технологий. — М., 2005.

Получено 04.10.05