

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Выполнение в едином комплексе экологических, санитарно-эпидемиологических и энергетических требований в настоящее время стало насущной задачей современного проектирования и строительства, что подтверждается практикой как зарубежного, так и отечественного опыта. Легитимность этой тенденции подкрепляет Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.

В последнее время в стране идет дискуссия по вопросам комплексной оценки энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий; этим вопросам посвящен ряд уже опубликованных работ [1–9, 11–14].

Данная статья написана в тот исторический период «разлома» теплофизических нормативов, когда методики теплотехнического проектирования еще существуют, и специалистам хорошо известны эти традиционные методики. Однако нормативные оценки, закрепленные в строительных нормах и правилах (СНиП) в 2011 г., еще обсуждаются и могут быть изменены в лучшую сторону.

В нынешних условиях, когда запаздывает выход в свет современных нормативно-методических документов по строительной теплотехнике, одновременно обновляются наши представления об энергосбережении, что обязывает создавать и новые нормативные документы по энергоэффективности зданий. Все это происходит сейчас, и мы являемся свидетелями и даже участниками этих событий.

В настоящее время у нас в стране постоянно проводятся аналитические изыскания рациональных конструкций. Рациональность

конструкций при этом формируется на основной концептуальной позиции: здание — это система своеобразных энергоустановок, а коробка здания является лишь одной из них.

Современные стеновые ограждающие конструкции, как и инженерное насыщение зданий, серьезно изменились за последние 15 лет. Этот процесс не закончен.

Принципиальные экологические, санитарно-эпидемиологические и энергетические концептуальные представления в архитектурно-строительной области тоже претерпевают неизбежные трансформации. Архитектурные идеи неразрывны с технологиями их реализации. Не исключено, что в нынешней действительности, видимо, и эстетические средства выражения претерпят некие подвижки. Ведь не секрет, что уже теперь специалисты всерьез говорят о новой архитектуре, о так называемых «зеленых» зданиях, о новом «зеленом» строительстве, о «зеленых» городах, «умных» домах и пр.

Государственные российские нормативные документы по оценке энергоэффективности с учетом не только утепления стен, но и влияния энергоустановок, которыми современное здание насыщено, пока отсутствуют. В то же время различные энергоустановки в здании и являются основными и активными потребителями энергии, а не пассивные стены и, не менее пассивная, вся коробка здания.

Для пояснения этого тезиса отмечу, что все более широкому кругу специалистов становится ясен тот факт, что доля отопительной нагрузки в общем балансе энергопотребления энергоэффективного здания значительно сокращается (рис. 1) [14]. Все более насущным и очевидным при определении нормативного уровня энергоэффективности здания становится многократно востре-

бованный вопрос учета расхода энергии на другие системы.

При наличии реального многообразия категорий зданий и различии нормативных требований к энергопотреблению внутри каждой категории признано наиболее целесообразно строить систему оценки энергоэффективности на основе бальных эквивалентов, основанных на рейтинге вклада каждой инженерной системы в общее повышение энергоэффективности [14, 16].

Попытки разработать методики оценки энергоэффективности на основе экономических критериев окупаемости энергосберегающих мероприятий пока успеха не имели из-за дешевизны энергоносителей в стране.

На первую половину 2011 г. мы в России не имеем концепции обеспечения энергоэффективности зданий, как не имеем и общепризнанной рациональной концепции нормативного документа, регулирующего комплексную систему проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции зданий с точки зрения энергетической эффективности и экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности.

Разрешите мне напомнить вам Директиву ЕС 1991 г. №2002/91/ЕС об энергетической эффективности зданий!

В слове «директива» нет ничего обидного. Это не руководящее указание высшего органа органам подчиненным, точнее, это направляющий документ с изложением концепции, т. е. основной мысли, системы взглядов или понимания проблемы и замысла (методологии) ее пошагового решения.

Ст. 2 Директивы гласит: «Энергетическая эффективность здания — фактически потребленное или рассчитанное количество энергии, предназначенное для различных нужд, связанных с обычным использованием здания, включающее среди прочих отопление, нагрев воды, охлаждение, вентиляцию, освещение» [16].

Посмотрим, как в этой статье определено само понятие «количество энергии»: «Это количество выражается одним или несколькими численными показателями, учитывающими теплоизоляцию, технические характеристики оборудования, проектируемое здание согласно климатическим параметрам, ориентацию по отношению к падающей солнечной радиации, влияние окружающих зданий, собственную выработку энергии и другие факторы, включая внутренний микроклимат, влияющие на количество потребляемой энергии».



Какова же должна быть цель всяческих документов в области энергетической эффективности здания?

Ст. 1 Директивы ЕС №2002/91/ЕС по этому поводу информирует нас: «Содействовать улучшению энергетической эффективности зданий, учитывая климатические условия, требования к микроклимату и экономическую рентабельность, с выполнением следующих условий:

- применимость минимальных требований по энергетической эффективности зданий;
- энергетическая сертификация зданий;
- регулярная инспекция генераторов тепла и систем кондиционирования в здании».

Методология расчета энергетической эффективности зданий вполне обозрима и прозрачна.

Ст. 3 (п.п.1, 2) и Приложение к Директиве ЕС №2002/91/ЕС определяют методологию следующим образом:

«1. Методология расчета энергетической эффективности зданий, периодически совершенствуясь, должна, по меньшей мере, включать следующее:

- а) теплотехнические характеристики (в том числе и воздухопроницаемость);
- б) отопительные установки и ГВС;
- в) установки кондиционирования воздуха;
- г) вентиляцию;
- д) осветительные установки;
- е) расположение и ориентацию зданий, включая наружный климат;
- ж) пассивные системы использования солнечной радиации и солнцезащиту;
- и) естественную вентиляцию;
- к) внутренний микроклимат, включая расчетные условия.

2. Следует учитывать, при возможности, в этих расчетах положительное влияние следующих установок:

- а) систем активного использования солнечной энергии и других отопительных и электрических систем, основанных на невозобновляемых источниках энергии;
- б) электроэнергии, произведенной при совместной выработке тепловой энергии (ТЭЦ);
- в) централизованных или децентрализованных систем отопления и охлаждения;
- г) естественного освещения».

Таким образом, в Директиве помимо коробки здания определены как существенные еще 12 энергоустановок. Добавим сюда ряд элементов транспортировки энергоресурсов и получим внушительный спектр энергопотребления и энергопотерь.

Концепция Directive on the Energy Performance of Building (ERBD) от 2009 г. об энергетических характеристиках зданий не принципиально отличается от концепции ЕС по Директиве №2002/91/ЕС в ряде позиций [17]. Во-первых, для проектирования, строительства и реконструкции, в соответствии с этой директивой, используется контрольная табли-

Табл. 1. Требования ERBD согласно старым и новым предписаниям

Параметр	Требования согласно предписаниям	
	до 2007 г.	с 2009 г.
Приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:		
— стены	4,55	5,56
— покрытия	6,67	7,69
— перекрытия над подвалом	3,33	6,57
— окна и остекленные части дверей	0,5	0,83
Герметичность (кратность воздухообмена), n 50 [h-1]		1,5 2,5 (для жилых зданий)
Рекуперация тепла, %		70
Удельная мощность вентиляторов, $\text{кВт}/(\text{м}^3/\text{с})$		2 (днем) 1 (ночью) 2 (для жилых зданий)
Площадь остекления, % от площади пола	20	20
Снижение температуры в ночное время, $^\circ\text{C}$		19
Минимальные требования:		
— стены		4,55
— покрытия/перекрытия над подвалом		5,56
— окна и остекленные части дверей		0,63
Герметичность (кратность воздухообмена), n 50 [h-1]	1,5 4 (для жилых зданий)	3

ца (см. табл. 1) [17], данные которой не могут быть превышены, например, по величине минимального сопротивления теплопередаче.

Не стоит удивляться огромным, искусственно завышенным величинам требуемого сопротивления теплопередаче в Европе. В этом сказывается многим не известная разница в методиках определения коэффициента теплопроводности — за рубежом коэффициенты теплопроводности утеплителей занижены. Поэтому в Европе требуемое сопротивление теплопередаче для стен равно $5,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а у нас, в Санкт-Петербурге, — $3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Минимальное требуемое сопротивление теплопередаче для стен равно, соответственно, $4,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и $1,94 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Как видим, мы не «отстаем» от зарубежных норм, у нас просто иная методика определения коэффициента теплопроводности.

Так почему же ненужно удивляться огромным, искусственно завышенным величинам требуемого сопротивления теплопередаче в Европе (табл. 1)?

Это происходит не только ввиду отмеченного занижения в Европе коэффициента теплопроводности. Есть еще один важный аспект — в Европе очень распространено малоэтажное строительство. Вот оно и оправдывает очень большие значения сопротивлений теплопередаче, т. к. связано с зарубежным требованием сокращения потерь тепла через единицу площади наружных ограждений в наиболее распространенных малоэтажных зданиях.

Мы в России не должны повторять ошибок европейцев. В 1974 г., в период экономического кризиса, они избрали стратегию безудержного увеличения теплоизоляции стен, покрытий и окон для сокращения расходов энергии на отопление. Но в тот исторический момент они забыли, что не менее важным является и совершенствование инженерного оборудования — как наиболее затратный фактор в период всего срока эксплуатации здания. Ведь здание строится всего год-два,

а эксплуатируется 50 — 100 лет и более, если оно достаточно долговечно, разумеется. В Директиве ЕС №2002/91/ЕС это упущение восполнено, и значимость энергоустановок для сокращения расходов энергии в течение длительного эксплуатационного периода жизни здания оценена вполне адекватно.

Начиная теперь в России, во второй половине 2011 г., активное движение в направлении энергосбережения, мы учтем уроки из европейской и отечественной практики, а директиву ERBD 2009 г., Приказы Минэнерго №182 и Минрегионразвития №161 и №262 в этом плане можно считать прогрессивными и ко многому обязывающими [18 — 23].

Главное — понимание, что не проектируемые и не строящиеся, а именно существующие здания являются важнейшими источниками желанного энергосбережения. Такой подход к энергосбережению тем более продуктивен, чем более прогрессивны были первоначальные проектные решения, реализованные «во времена оны». Вот таким образом логически замкнута и взаимосвязана с широким кругом разнородных задач проблема, которой, в том числе, посвящена статья об энергоэффективности и экологической безопасности зданий, возводимых индустриальными методами.

Для дальнейшего предметного изложения можно привести важное и обоснованное определение понятия «энергоэффективное здание», что позволит нам формулировать и применять необходимые на данном этапе принципы минимальной полезности энергосбережения, а также правильно с энергетической и экологической позиций конструировать ограждающие конструкции из любых строительных материалов — как современных, так и традиционных.

Энергоэффективным называется здание, в котором за счет реализации совокупности функционально-планировочных, конструктивных и инженерных решений, а также использования возобновляемых

источников энергии энергоресурсов затрачивается меньше, чем принято в стандартах и нормативах, при одновременном обеспечении необходимого уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности [13].

Индустриальные методы строительства — это один из путей решения задачи энергосбережения, потому что взаимосвязь энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности может быть комплексно выстроена в специальную рейтинговую систему [2, 13, 14]. Подобная рейтинговая система позволила бы включить индустриальные методы строительства в единый научно-методический, технологический и технико-нормативный сценарий; также она дала бы основу для последовательного и обоснованного решения, в его неисчерпаемом многообразии, вопросов безопасности, включая не только санитарно-эпидемиологическую или экологическую, но и даже экономическую безопасность.

В определение энергоэффективного здания, которое приведено здесь, заложена основная цель, к которой необходимо стремиться, разрабатывая проектное решение такого здания, — *обеспечение соответствующего потребительского уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности при нормативных или меньших затратах на невозобновляемые энергоресурсы* [13].

Можно заметить, что в России все активнее, но пока, в основном, инициативно, разрабатываются разнообразные системы оценки энергоэффективности. К сожалению, пока во всех государственных нормативах «проявляется забота» преимущественно о строительной части проблемы, но забывается концептуальная рекомендация — анализировать существующие здания, их энергозатратные по невозобновляемым источникам энергоустановки в период эксплуатации. К таким нормам относятся СНиП II-3-79 и СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», действующие до 2002 г. [21, 22], а также СНиП 23-02-2003, действующие ныне.

Несколько примеров из аналитической практики, практики проектирования и по разновидностям технологии строительства.

Обычная кирпичная стена нормальной толщины (640 или 510 мм) или стена из тяжелых железобетонных панелей с утеплителем в средней части имеют очень высокую **тепловую инерцию** — более 7 единиц. Это означает, что при изменении температуры наружного воздуха на 10 °С температура воздуха в помещении изменится на такую же величину при равных прочих условиях только через 7 суток, не ранее. Следовательно, ограждение это теплоустойчиво.

Современные трехслойные легкие конструкции, например, навесных стен из сэндвич-панелей могут иметь тепловую инерцию около 0,5 единицы. Тогда при изменении

температуры наружного воздуха на 10 °С температура воздуха в помещении изменится на такую же величину (10 °С) при равных прочих условиях примерно через 12 часов (0,5 суток) или даже раньше. Конструкция не теплоустойчива. Без кондиционирования в жару не прожить, а кондиционирование в обычном исполнении и при обычной эксплуатации — это одна из самых энергоемких энергоустановок в современных зданиях.

Понятие тепловой инерции не было знакомо строителям древних каменных жилищ или средневековых замков — на первом месте была прочность стен. Но, думаю, в жару в помещении было не жарко именно из-за высокой тепловой инерции стен. Правда, суровой зимой в каменных дворцах того времени в каминах приходилось в качестве дров использовать стволы деревьев, а на стенах развешивать толстые ковры и гобелены.

Вот и судите сами, что лучше: сделать здание нетеплоустойчивым, из конструкций с мизерной тепловой инерцией, и затем летом вся ваша жизнедеятельность будет происходить «под кондиционером»? Или здание будет очень высокой тепловой инерции, при которой кондиционеры будут вообще не нужны. Да еще при этом в здании будет функционировать хорошо задуманная и исполненная система естественной вентиляции с небольшой долей принудительного воздухообмена (позволю себе в качестве достойного примера из практики строительства XVIII в. привести систему естественной вентиляции в здании Академии художеств в Санкт-Петербурге). А если при этом будет применена рекуперация тепла нагретого вентиляционного воздуха или в перекрытиях ежедневно будет аккумулироваться холод ночного воздуха, используемый в жаркое дневное время, то считайте, что комфорт в помещениях для человека и энергосбережение для собственника здания реализуются успешно.

При «плохих» нормах — выбирать автору проекта и инвестору, а при «хороших» — выбор будет в пользу оптимального варианта еще на стадии перед инвестициями. Подождем «хороших» норм, а пока... приходится думать о хороших конструкциях стен и реализовывать прогрессивные технические идеи конструирования наружных ограждений; в условиях недостатка нормативного обеспечения — вести прагматичные проектные работы, используя совершенные технические идеи передовых ученых и специалистов-разработчиков рациональных конструкций.

Ввиду малой относительной площади покрытия и перекрытия над подвалом не велик и вклад таких конструкций в энергосбережение при возведении и эксплуатации. Поэтому самое серьезное внимание мы здесь уделяем именно стенам.

Идея разработчиков прежних редакций СНиП состояла в том, чтобы очень сильно утеплить стены. Как следствие: меньше топить — меньше тратить энергии на отопление.

Как будет видно из дальнейшего анализа, надежды наших «теплозащитников» и чиновников соответствующих департаментов на экономию энергии, таким образом, в глобальных соотношениях и глобальных взаимосвязях (экономических тоже) совершенно никак не оправдались. Наоборот, профессионалы теперь во имя настоящего энергосбережения настаивают на серьезном снижении требований по сопротивлению теплопередаче ограждений — примерно на 35 — 40% [24, 25].

В большинстве регионов страны декларированное в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» условие энергосбережения можно было обеспечить (и пришлось обеспечить) применением только мягких утеплителей с недостаточно изученной долговечностью в суровых климатических условиях России. Расходы на ремонт таких стен значительно превышают экономию от снижения энергозатрат на отопление зданий. Иных теплоизолирующих — именно стеновых — материалов в массовом производстве еще не было.

На первом этапе строительства, например, для стен жилых зданий в условиях Санкт-Петербурга минимальное требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче было равно $R_{0\text{req}} = 2,92 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Для покрытий зданий и приводить-то требуемое значение не хочется — оно слишком неоправданно велико — около $5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

В СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» используется понятие — **«удельный расход тепловой энергии на отопление здания»**. В этой редакции СНиП записано, что если в результате расчета удельный расход тепловой энергии на отопление здания окажется меньше нормируемого значения, то допускается снижение сопротивления теплопередаче R_0^{req} отдельных элементов ограждающих конструкций здания по сравнению с нормируемым, но не ниже минимальных величин R_{min} , определяемых по формуле (1) для стен и по формуле (2) для остальных ограждающих конструкций:

$$R_{\text{min}}^{\text{req}} = R_0^{\text{req}} \cdot 0,63; \quad (1)$$

$$R_{\text{min}}^{\text{req}} = R_0^{\text{req}} \cdot 0,8. \quad (2)$$

Важность этих двух формул очень велика для своевременной гармонизации СНиП.

Минимально-допустимые значения приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций представлены (табл. 2) **для климатических условий Санкт-Петербурга** (4 796 градусо-суток для жилых и ряда общественных зданий, кроме дошкольных учреждений).

Показателем дальнейшего движения в части организационных мер стали Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил установления требований к энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов» в самом начале 2011 г., а также Приказ Минре-

Табл. 2. Нормируемые значения минимально допустимых приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций для градусо-суток на территории Санкт-Петербурга ($R_{min}^{req}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$)

Здания и помещения	Стены	Покрытия и перекрытия над проездами	Перекрытия чердачные над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окна и балконные двери, витрины и витражи	Фонари с вертикальным остеклением
Жилые и общественные, кроме указанных в пп. 2, 3	1,94	3,68	3,25	0,51	0,37

гионразвития №262 от 28 мая 2010 г. «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» и Приказ Минрегионразвития №161 от 08.04.2011 г.

В чем же суть Постановления, как оно поможет поставить всю строительную индустрию страны на рельсы прогрессивного движения за энергетическую эффективность, экологическую и санитарно-эпидемиологическую безопасность? Как оно может отразиться на совершенствовании подходов к настоящему, а не к «успеху» в достижении мифической энергоэффективности через безудержное переутепление коробки зданий?

В Постановлении Правительства РФ определены основные требования к энергетической эффективности зданий, строений и сооружений, устанавливаемые Министерством регионального развития РФ по согласованию с Министерством экономического развития РФ, которые включают:

1) нормируемые показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении (на 1 кв. м площади или на 1 куб. м объема), в том числе: показатели расхода тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию за отопительный период, электрической энергии на искусственное освещение, на силовое оборудование и электропотребляющие приборы, сетевого газа для бытовых нужд, а также максимально допустимые величины отклонений от нормируемых показателей;

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

3) требования к отдельным элементам и конструкциям зданий, строений и сооружений, к их эксплуатационным свойствам, к используемым в зданиях, строениях и сооружениях устройствам и технологиям, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции и капитального ремонта, так и в процессе эксплуатации.

Нам с вами нужно это знать и этим руководствоваться? Конечно, да, ведь это прогрессивные концептуальные предложения и они своевременны.

Требования из данного Постановления прогрессивны в силу того, что они распространены не только на период строительства

или сдачи объекта в эксплуатацию, но и на период эксплуатации. Мы уже с вами знаем о том, что энергоэффективность может проявиться только при эксплуатации инженерных, как правило, весьма энергоемких систем.

В Постановлении Правительства и приказах Минрегионразвития оговорено даже обозначение классов энергетической эффективности многоквартирных домов. Например, буквой А обозначается наивысший класс, С — средний класс, Е — низший класс. Таким образом, предложено перечень классов энергетической эффективности жилых домов согласовать с перечнем классов, принятых в России и в странах-участницах Европейского Союза, и обозначать латинскими буквами: А, В, В+, В++, С, D, E. ●

Продолжение следует

А. П. КОЧНЕВ, к. т. н., доцент,
зав. лабораторией экологии и акустики
ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ»

Литература

1. Бродач М. М., Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. «Энергоэффективные здания». — М: «АВОК-Пресс», 2003 г.
2. Гуткин А. «LEED — рейтинговая система для энергоэффективных и экологически чистых зданий». // Журнал «АВОК», №6, 2008 г.
3. «Корпоративный олимпийский «зеленый» стандарт». Требования по обеспечению экологической и энергетической эффективности, ресурсосбережения, устойчивого природопользования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации олимпийских объектов. — М: ГК «Олимпстрой», 2010 г.
4. Распоряжение Минприроды России от 30 декабря 2009 г. №75-р «О добровольной экологической сертификации объектов недвижимости с учетом международного опыта применения «зеленых» стандартов».
5. СКР.09 «Система концептуальных рекомендаций по повышению энергоэффективности и экологичности зданий жилого, общественного и административного назначения». Санкт-Петербург, 2009 г.
6. СКР.ЖЗ «Система концептуальных рекомендаций по повышению энергоэффективности и экологичности зданий жилого назначения квартирной застройки». Санкт-Петербург, 2009 г.
7. Стивен Маст. «Энергетические и экологические характеристики зданий: исследование RENV A». // Журнал «Энергосбережение», №5, 2009 г.

8. Табунщиков Ю. А., Гранев В. В., Наумов А. Л. «Рейтинговая система оценки качества зданий». // Журнал «АВОК», №6, 2010 г.

9. Табунщиков Ю. А. «Зеленые здания» — нужны ли архитектору и инженеру новые знания». // Журнал «АВОК», №7, 2009 г.

10. Федеральный закон Российской Федерации № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

11. Цай Нонна. «LEED: петербургская версия». // Журнал «Строительство и городское хозяйство», №119, август 2010 г.

12. Stephania Kambouris. «Зеленое» строительство: рейтинговые системы оценки». // Журнал «АВОК», №7, 2010 г.

13. Аверьянов В. К., Кочнев А. П., Михайлов А. Г., Тютюнников А. И., Мележик А. А. «Рейтинговая система комплексной оценки энергетической эффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий». // Информационный бюллетень №15, Российская академия архитектуры и строительных конструкций, Москва — Орёл — Курск, 2011 г.

14. Аверьянов В. К., Кочнев А. П., Михайлов А. Г., Тютюнников А. И., Мележик А. А. «Рейтинговая система комплексной оценки энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий. Инженерные системы». // «АВОК северо-запад», №1, 2011 г.

15. Закон РФ №261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

16. Матросов Ю. А. «Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения». — М: НИИСП РААСН, 2008 г.

17. Питер Дж. Шилд. «Влияние европейской директивы ERBD на строительные правила и технологии в Норвегии». // Журнал «АВОК», №5, 2010 г.

18. Приказ №182 от 19 апреля 2010 г. Министерства энергетики (Минэнерго) «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования...».

19. Приказ №262 от 28 мая 2010 г. Минрегионразвития «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

20. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

21. СП 23-101-2003 «Тепловая защита зданий».

22. СНиП II-3-79. «Строительная теплотехника».

23. СНиП II-3-79*. «Строительная теплотехника».

24. Гагарин В. Г. «Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий». // Журнал «АВОК», №№1–3, 2009 г.

25. Кочнев А. П. «Наружные стены современных зданий из поризованной керамики». // Всероссийский журнал для профессионалов «СтройПРОФИль», СПб, 2011 г.: I ч. — №1 (87), II ч. — №2 (88), III ч. — №3 (89); www.spf.ccr.ru, www.stroy-press.ru