

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154
«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

**Почему необходимо нормировать энергоёмкость
в строительстве?**

Эксперт проекта ПРООН/ГЭФ по вопросам
нормативных документов и стандартов
в строительстве

Л. В. Соколовский,

Минск
декабрь 2014

Введение

Перспективы истощения месторождений энергоносителей и проблемы экологии заставляют предпринимать жесткие меры по рационализации использования энергоресурсов. Эта деятельность разворачивается по всему миру. За последние двадцать лет удельное энергопотребление зданий в ряде стран Евросоюза было снижено более чем в 3 раза.

Как показала практика, организация рационального использования энергоресурсов, может быть вполне управляемым процессом, если он основан на комплексном подходе к этой проблеме.

По отношению ко всем расходным направлениям в материальной сфере особое место занимают расходы на обеспечение экономики энергией. Этот ресурс специфический. Он, как правило, невосполнимый, в нем нуждаются все без исключения. Полностью заменить его нечем. Первичные источники энергии могут быть разными, но все они предназначены для того, чтобы дать людям энергию в форме пригодной для ее потребления, в форме приемлемой для того технологического уклада, который сформировался к данному времени.

Энергоэффективность, и ее связь с технологическими укладами – это отдельная тема для обсуждения. Многие считают, что реальный сектор национальной экономики Беларуси ориентирован на переход от традиционных технологий, характерных для второго, третьего и четвертого технологических укладов, к качественно новому уровню – пятому и шестому технологическим укладам. Данная задача является весьма сложной по содержанию и механизмам реализации прежде всего потому, что большая часть материально-технической базы субъектов хозяйствования морально и физически устарела, а быстрый переход к новым технологическим укладам требует не только значительных финансовых затрат, но и четко выверенной стратегии инновационного развития.

Основная задача в сфере повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в нашей республике - максимально приблизиться к развитым странам по уровню энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП). В

Беларуси величина энергоемкости ВВП остается в 1,3 раза выше, чем в среднем в мире, и почти в 2 раза выше уровня Германии.

По мере глобализации в последующие двадцать лет, ожидается быстрый рост экономик с низким и средним уровнем национального дохода. По прогнозу Международного энергетического агентства (МЭА), энергопотребление на душу населения к 2030 г. будет расти такими же темпами, как и в 1970-1990 гг., т.е. 0,7% в среднем за год. При этом энергоэффективность, трактуемая как величина продукции, произведенной при потреблении единицы энергии, продолжит повышаться в глобальном масштабе ускоряющимися темпами.

В настоящее время в нашей стране вопросам энергоемкости при создании (строительстве) здания не уделяется должного внимания, так как рассматриваются только вопросы энергоэффективности при эксплуатации зданий. А ведь один кВт-ч, затраченный на создание дома, и один кВт-ч, затраченный на его эксплуатацию, ничем не отличаются, и в итоге являются составляющими общей энергоемкости ВВП нашей страны.

Основные определения

Энергоемкость (Embodied energy - поглощенная энергия, Energy content, Indirect energy, Energy intensity, Energy-output ratio и др.) - величина потребления энергии на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы.

Численным выражением энергоемкости системы является показатель, представляющий собой отношение энергии, потребляемой системой, к величине, характеризующей результат функционирования данной системы.

Справка. В экономических оценках энергию обычно измеряют в т н.э. (тоннах нефтяного эквивалента, 1 т н.э. = 42×10^9 Дж) или т у.т. (тоннах условного топлива, 1 т у.т. = 0,7 т н.э.).

Энергоемкость системы может измеряться в кВт-ч на единицу продукции (для электроэнергии); в Гкал на единицу продукции (для тепловой энергии); в т у.т. (или т н.э.) на ед. продукции (для

потребленного топлива, а также пересчитанных в топливный эквивалент электроэнергии и тепловой энергии); в совокупных затратах на энергию (топливо) на единицу выручки; в совокупных затратах на энергию (топливо) на единицу ВВП.

Энергоемкость ВВП является одним из ключевых показателей устойчивого развития страны, который характеризует уровень эффективности энергопотребления во всех секторах экономики. На рисунке 1 показана сравнительная диаграмма энергоемкости различных стран, включая Республику Беларусь, ее ближайших соседей и страны со схожими климатическими условиями.

Эксплуатационная энергоемкость здания – это количество энергии (топлива), потребленное зданием на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и кондиционирование воздуха, отнесенное к одному квадратному метру общей площади квартир жилого дома или полезной площади общественного здания.

Полная энергоемкость создания (строительства) здания – это количество энергии и (или) топлива, израсходованное на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортирование, переработку полезных ископаемых и производство материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов, строительство, ремонт и восстановление, утилизацию.

При этом следует учитывать, что:

- на строительство зданий используется около 30-50% природных сырьевых ресурсов;
- здания потребляют более 40% первичной энергии;
- на создание строительных материалов и конструкции приходится до 80% энергии, затраченной на создание здания;
- при эксплуатации зданий генерируется около 40% отходов на свалках, что также требует затрат энергии на их переработку;
- строительная индустрия ответственна за 7% глобальной эмиссии CO₂ (на производство каждого 1 кг цемента приходится приблизительно 1 кг CO₂);
- на производство каждого кВт-ч энергии приходится 0,3–1,4 кг CO₂ в зависимости от используемого вида топлива.

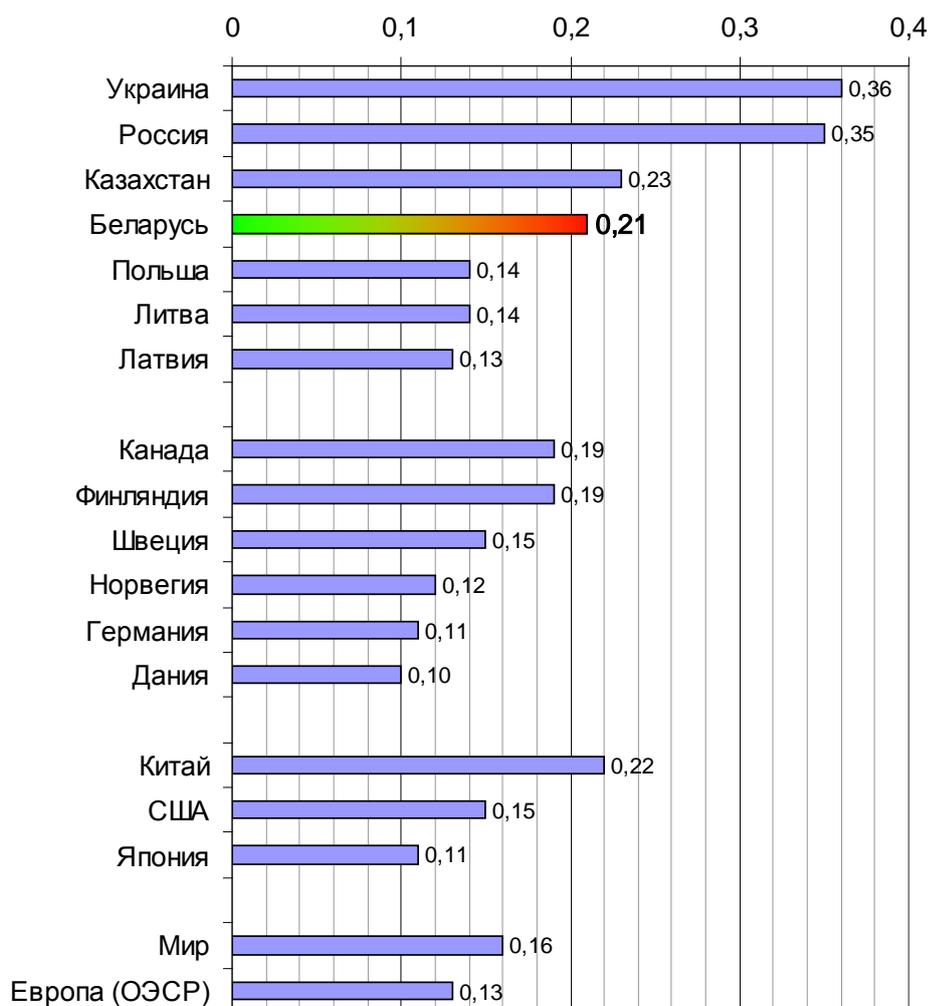


Рисунок 1: Энергоёмкость ВВП (с учетом паритета покупательной способности) в некоторых странах мира (т н.э. / тыс. долларов США). Ссылка: Key World Energy Statistics, МЭА, 2014 г. (<http://www.iea.org/>)

Формирование показателя энергоёмкости здания

В процессе строительства здания используются различные материалы и конструкции, изготовлением которых занимаются предприятия строительной индустрии. На добычу исходного сырья и его транспортировку на предприятия строительной индустрии также затрачивается энергия, которая должна суммироваться с энергией, затраченной на производство строительных материалов и конструкций. В этом процессе используются различные виды энергии, которые в последствии при приведении их к одному энергетическому показателю должны определять энергоёмкость каждого материала.

Далее изготовленные строительные материалы и конструкции, а также отдельные виды материалов (цемент, известь, песок и др.)

транспортируются на строительную площадку для последующей сборки, монтажа и применения. Кроме материалов и конструкций, на строительную площадку поставляются для монтажа инженерные системы и оборудование (газовое, отопительное, сантехническое, электротехническое и др.). На все процессы, происходящие на строительной площадке, и на применяемое оборудование затрачивается энергия, которая также должна включаться в состав полной энергоемкости здания.

В соответствии с принятой долговечностью здания (расчетным сроком его службы) в установленные сроки осуществляется его ремонт и восстановление. На эти операции будет также затрачена энергия, которая должна включать энергию на производство применяемых для ремонта и восстановления материалов и затраты энергии на само производство работ. После окончания расчетного срока службы здания, будет затрачена энергия на его разборку и утилизацию.

Различные виды энергии, которые были затрачены на перечисленные выше работы по строительству (созданию), ремонту и утилизации здания, и затраты энергии на эксплуатацию здания, в конечном итоге, составят его полную энергоемкость за весь расчетный срок службы.

Полная энергоемкость на строительство (создание) здания может быть существенно уменьшена при оптимальном проектировании и выборе строительных материалов и конструкций. Оптимум может быть найден при тщательном и строгом анализе эффективности принятых решений на всех стадиях использования материалов:

- добычи сырья;
- производства строительных материалов и конструкций;
- транспортировки;
- производства строительных и монтажных работ;
- эксплуатации с учетом ремонта и восстановления;
- утилизации после расчетного срока службы.

С началом эксплуатации здания для обеспечения функционирования его в течение расчетного срока службы используется эксплуатационная энергия на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию, освещение (рисунок 2).

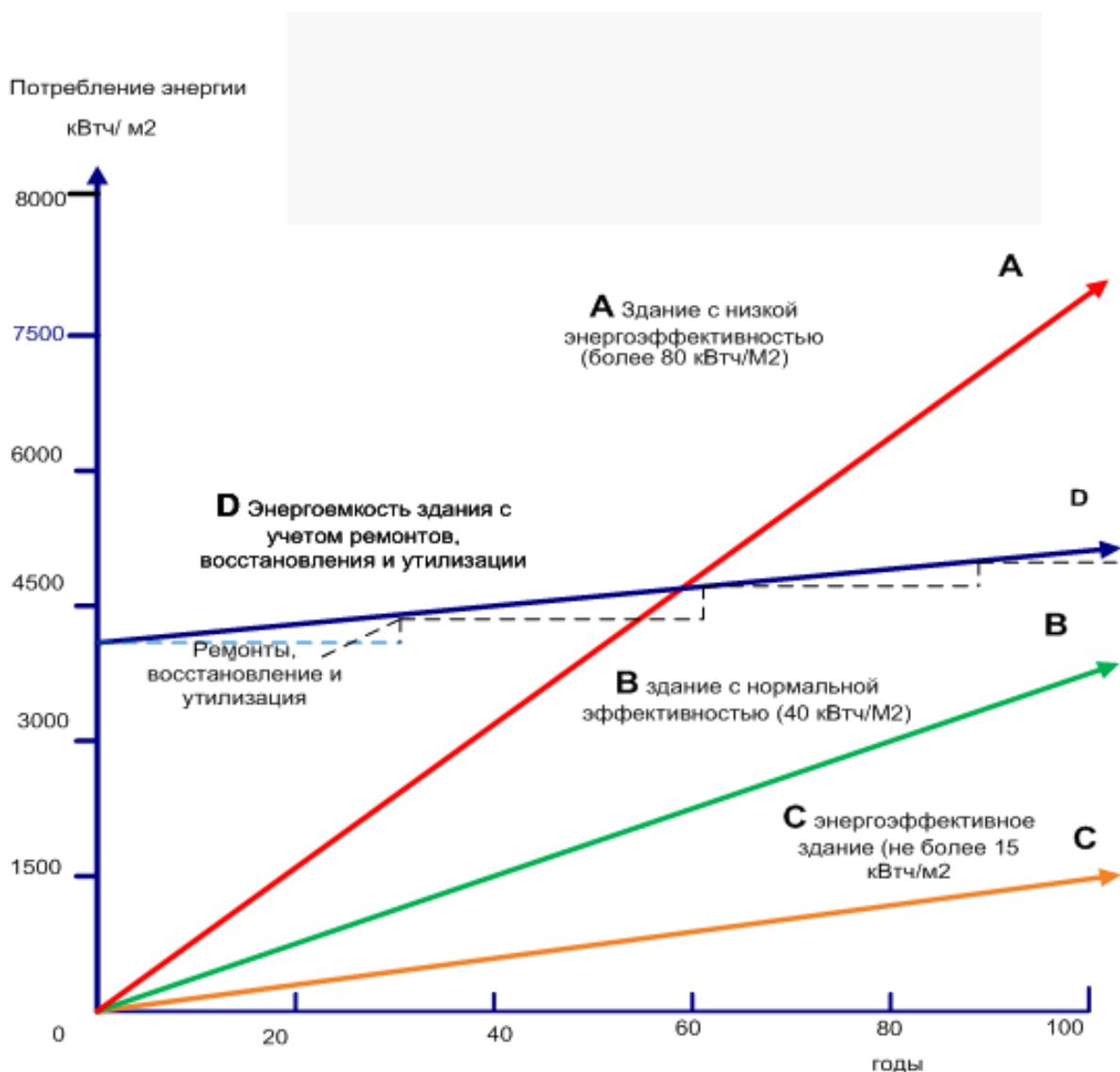


Рисунок 2: Динамика использования зданием первичной энергии (кВт-ч/м²)

Как отмечалось выше, в настоящее время для оценки энергоэффективности зданий рассматриваются только затраты энергии на эксплуатацию зданий. Вся нормативная база, касающаяся энергоэффективности жилых зданий в Республике Беларусь, нацелена в основном на снижение именно этих затрат энергии. В частности, мы приступили к работе по созданию жилых зданий с почти нулевым потреблением энергии. Проводится гармонизация наших строительных нормативов с европейскими на базе Директивы 2010/31/ЕС «Об энергоэффективности зданий».

Однако, следует понимать, что повышение энергоэффективности здания требует повышения энергетических затрат на создание его оболочки и конструкций, которые могут увеличить его общую энергоемкость. Иными словами, уменьшая эксплуатационные затраты энергии, мы можем увеличить затраты

энергии на создание здания. Если далее предположить, что мы достигнем цели и будем строить только здания с почти нулевым потреблением энергии при их эксплуатации, именно полная энергоемкость станет главным ресурсом для сокращения затрат энергии в этом секторе экономики. Тенденции снижения энергии на эксплуатацию зданий и создание зданий, вырабатывающих и продающих энергию до 2015 года (plus energy houses), представлены на рисунке 3 на примере Германии.

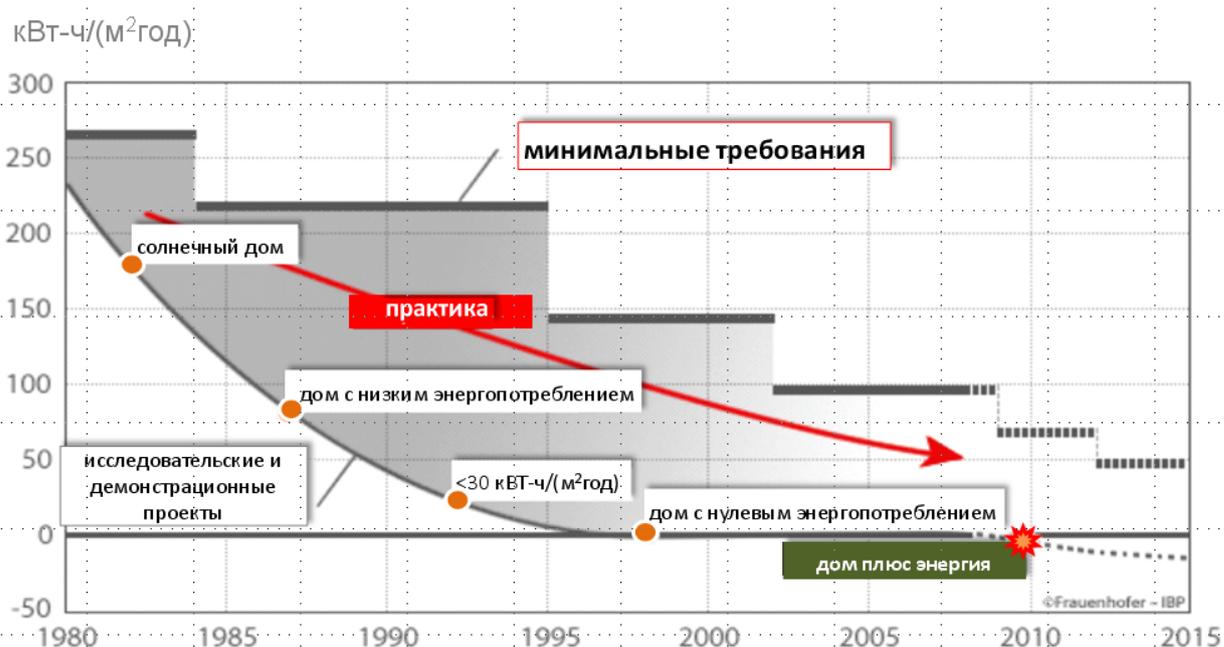


Рисунок 3: Динамика снижения удельного энергопотребления на отопление зданий в Германии: минимальные нормативные требования, существующая практика и демонстрационные объекты

В странах-членах ЕС в соответствии с упомянутой директивой стали уделять большое внимание сокращению энергоемкости жилых зданий в течение их расчетного срока службы (рис 4, 5).

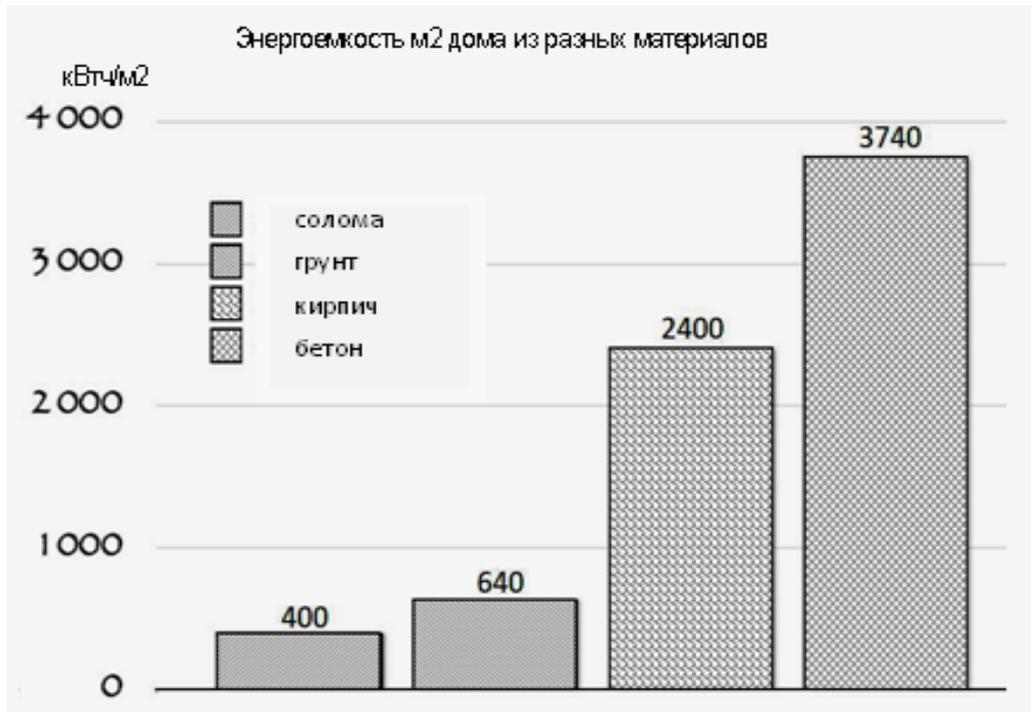


Рисунок 4: Полная энергоемкость зданий из разных материалов (кВт-ч/м²)

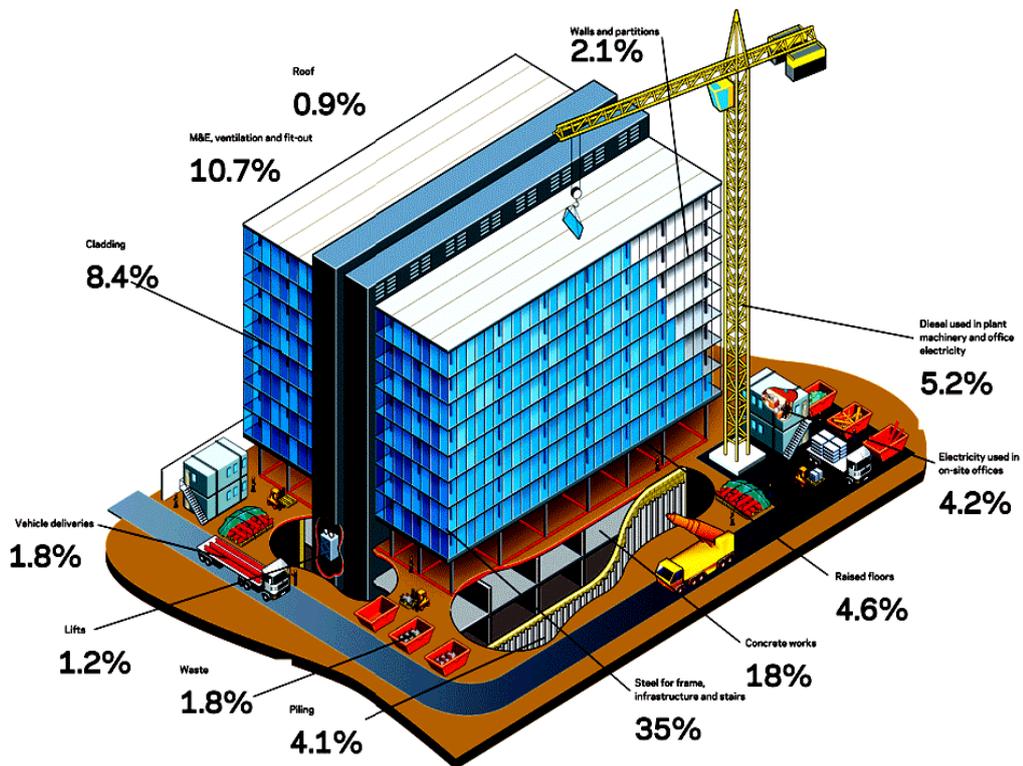


Рисунок 5: Доля (в %) энергоемкости различных конструкций каркасного здания в его полной энергоемкости

В заключение приведем несколько примеров из мировых литературных источников, относящихся к энергоемкости зданий.

Пример №1.

Для оценки полной энергоемкости и эксплуатационной энергоемкости выбраны типичные 50-тиэтажные офисные здания в Мельбурне (авторы Tuan Ngo, All Mirza, и др.), построенные с применением железобетонного и металлического каркаса. Площадь каждого здания 75570 м².

Для проведения оценки были выбраны только главные конструктивные элементы, такие как фундаменты, каркас, балки, колонны, панели, кровля, а также лестницы и фасады. Размеры зданий в плане 42x42 м. Вес одного метра квадратного перекрытия составил 1,29 и 1,04 тонны для бетонного и металлического каркаса соответственно. Получены следующие результаты (без энергозатрат на ремонт, восстановление и утилизацию):

- a. энергоемкость здания с железобетонным каркасом составила 507392 GJ, а выбросы парниковых газов (CO₂) составили 35441 тонн.
- b. энергоемкость здания с металлическим каркасом составила 862653 GJ, а выбросы парниковых газов (CO₂) составили 58896 тонн.

В результате расчетов удельная энергоемкость и выбросы парниковых газов составили:

- для здания с железобетонным каркасом - 1866 кВт-ч/м² и 470 кг/м² CO₂;
- для здания с металлическим каркасом - 3174 кВт-ч/м² и 780 кг/м² CO₂;

Оба здания потребляют одинаковое количество энергии на эксплуатацию.

Пример №2.

По экспертным данным (Кузина О.В.), суммарные энергозатраты только на процесс создания здания (без затрат на ремонт, восстановление и утилизацию) составляют 0,46 т у.т. или 3833 кВт-ч/м². Для сравнения: затраты энергии на эксплуатацию энергоэффективного здания с удельным энергопотреблением 15 кВт-ч/м² в год за весь столетний срок его службы составят всего 1500 кВт-ч/м².

Приведенные данные и график на рис.2, показывают, что полная энергоемкость зданий с практически нулевым потреблением энергии, может превышать эксплуатационные затраты энергии в несколько раз.

Выводы

В ближайшее время полная энергоемкость на создание зданий с почти нулевым потреблением энергии, станет доминирующим показателем при принятии мер по снижению энергозатрат и сокращению выбросов CO₂. Для решения этой важной народнохозяйственной проблемы необходимо дополнить действующие стандарты на строительные материалы и конструкции, а также на виды строительно-монтажных работ данными (по принадлежности) о их полной энергоемкости, что позволит проектировщику сделать обоснованный технико-экономический выбор энергоэффективного материала для энергоэффективного и экологически чистого дома. Мы должны знать полную энергоемкость всего дома, чтобы дать оценку его влияния на окружающую среду.

Таким образом, по аналогии с расходами энергии на эксплуатацию, в строительные нормы (проектную документацию) необходимо ввести показатель энергоемкости на один метр квадратный построенного здания с учетом предстоящих ремонтов, восстановления и утилизации этого здания.

При определении порядка расчета энергоемкости строительства, необходимо учесть:

- энергоемкость производства строительных и конструктивных материалов, использующихся в строительстве зданий (при этом необходимо определиться в отношении энергоемкости импортных строительных материалов и конструкций);
- энергоемкость возвратных материалов, т.е. возможность их повторного использования после ремонта, восстановления и разборки зданий в связи с окончанием расчетного срока службы (этот показатель на стадии проектирования может определяться расчетным путем);

- натуральные природные строительные материалы обладают наименьшей энергоемкостью производства;
- влияние выбора менее энергоемких строительных материалов и конструкций для создания энергоэффективных зданий на объемы производства материалов и конструкций с большей энергоемкостью;
- долговечность применяемых строительных материалов и конструкций и их радиационную безопасность.

На первом этапе полезной информацией для таких расчетов могут быть показатели энергоемкости основных строительных материалов, которые можно найти в технической литературе. Эти данные приведены в приложении.

Главная цель регулирования энергоемкости в строительстве – уменьшение совокупной энергоемкости зданий в течение их расчетного срока службы и, в конечном счете, - сокращение энергоемкости ВВП в стране.

Список использованной литературы

Разработка организационно-экономического механизма снижения энергоемкости строительного сектора экономики: дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / О.В. Кузина, Рос. экон. ун-т им. Г.В. Плеханова. – М., 2011. – 137 с.

G.P. Hammond and C.I. Jones (2006) Embodied energy and carbon footprint database, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, United Kingdom (<http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/sert/>)

Including embodied energy in the energy analysis of the Dutch built environment: MSc Thesis Report / Job Sloot, Utrecht University. - July 2014. - 50 pgs.

H.J. Holtzhausen. Embodied energy and its impact on architectural decisions / WIT Transactions on Ecology and the Environment, No.102 (2007). - pg. 377-385.

Manish K. Dixit, Jose L. Fernández Solís, Sarel Lavy, Charles H. Culp. Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper / Renewable and Sustainable Energy Reviews, No.16 (2012). pg. 3730-3743

Krishna A. Joshi¹, A.R. Kambekar. Optimization of energy in public buildings / IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, Nov 2013. - pg. 423-427

Ian Cleland. Choosing building materials / Grand Designs Australia (leaflet at <http://www.ritek.net.au/pdf/grand-designs.pdf>). - pg. 234-237

Tuan Ngo et al. Life cycle energy of steel and concrete framed commercial buildings / Proc. of the Solar-09 47th Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society (ANZSES) // James Cook University of North Queensland School of Humanities, Australia, 2009. - pg. 56-65

Григорьев В.А., Огородников И.А. Экологизация городов в мире, России, Сибири. Аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН, Сер. Экология. Вып. 63. - Новосибирск, 2001. - 132 с.

Приложение. Энергоемкость основных строительных материалов по данным литературных источников

Наименование материала	Энергоемкость МДж/кг	Энергоемкость МДж/м ³
бетон	1,3	3180
бетон преднапряженный	2,00	2780
гипс	51,0	371280
линолеум	116,0	150930
бетонный блок	0,94	2350
кирпич	2,5	5170
сталь	32,00	251200
стекло	15,90	37550
ковер синтетический	148,00	84900
краски	93,30	117500
заполнитель бетонный	0,1	150
камень	0,79	2030
асфальт	9,0	4930
фанера	10,40	5720
медь	70,60	631164
соломенный блок	0,24	31
алюминий	227, 00	515700
латунь	62,00	519560
пиломатериалы	2,5	1380
полистирол	117	3770
минеральная вата	30,30	970