



17 мая 2010 г. исполняется 60 лет Владимиру Геннадьевичу Гагарину, доктору технических наук, профессору, заведующему лабораторией строительной теплофизики НИИСФ РААСН.

Практически вся трудовая жизнь В.Г. Гагарина связана с Научно-исследовательским институтом строительной физики, где с 1975 г. он прошел путь от старшего техника до заведующего лабораторией строительной теплофизики. В.Г. Гагарин в 1978 г. закончил Ленинградский институт водного транспорта, где специализировался на энергоснабжении промышленных предприятий, а в 1994 г. — Экономическую академию при Министерстве экономики РФ, где специализировался на макроэкономическом планировании и регулировании. В 1985 г. он защитил кандидатскую, а в 2000 г. — докторскую диссертацию на тему «Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий».

В.Г. Гагарин является одним из лидеров научной школы по строительной теплофизике в области теории теплопереноса в строительных материалах и ограждающих конструкциях. В его научные интересы входят комплексные исследования теплофизических свойств ограждающих конструкций, в том числе теплозащиты, влажностного режима, аэродинамики в воздушных прослойках. Он занимается также теплофизическими свойствами строительных материалов, экономическими вопросами теплозащиты и энергосбережения, историей строительной физики и др.

Владимиром Геннадьевичем были разработаны методы расчета нестационарного влажностного режима ограждающих конструкций и определены расчетные характеристики материалов для этих расчетов, на основании чего опубликовано Руководство по расчету. Существенный вклад им сделан в исследование эксплуатационных теплофизических показателей строительных материалов и в развитие соответствующих теоретических положений, создана теория расчета гистерезиса сорбционного увлажнения материалов, нестационарной теплопроводности в материалах при их контакте с поверхностью воды и др. Он участвовал в разработке и внедрении конструкций стеновых панелей с повышенными теплозащитными свойствами на ДСК в городах Петрозаводск, Норильск, Сургут и др. Принимал участие в научном сопровождении проектирования и строительства ряда уникальных объектов, например, Храма Христа Спасителя. В последнее время он занимается разработкой методов расчета при проектировании ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами, например, навесных теплоизоляционных фасадов.

В.Г. Гагарин является автором нескольких нормативных документов. Им опубликовано более 140 научных работ и изобретений, в том числе монографии. Под его руководством защищено пять кандидатских диссертаций. Он председатель диссертационного совета при НИИСФ по специальности «Строительные конструкции, здания и сооружения», член диссертационного совета при МГСУ по специальности «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

В.Г. Гагарин Почетный строитель России, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники. За исследования в области долговечности материалов и конструкций он награжден медалью РНТО строителей имени профессора В.М. Москвина, за вклад в развитие российской науки ОВК — медалью НП АВОК имени профессора И.Ф. Ливчака.

В.Г. Гагарин является членом президиума АВОК и членом редакционного совета журнала «Жилищное строительство». С журналом «Строительные материалы»[®] Владимира Геннадьевича связывают многие годы плодотворного сотрудничества: он постоянный автор, строгий, но доброжелательный рецензент, научный консультант.

Редакция, редакционный совет, коллеги поздравляют Владимира Геннадьевича с 60-летием и желают ему здоровья, новых научных достижений, успехов во всех начинаниях и неиссякаемой энергии.

УДК 699.86

В.Г. ГАГАРИН, д-р техн. наук, заведующий лабораторией строительной теплофизики НИИСФ РААСН (Москва)

Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий

С 1960-х гг. раздаются призывы к повышению уровня теплозащиты зданий с целью экономии энергетических ресурсов. Они носят в основном декларативный характер, оторваны от реалий строительной практики, в них преобладают эмоциональные доводы типа «хватит топить улицу». Игнорируются традиции отечественного строительства.

Традиция нормирования строительной деятельности существует в России с 1811 г., когда императором Александром I был подписан первый «Урочный реестр по части гражданской архитектуры, или Описание разных работ, входящих в состав каменных зданий», разрабо-

танный Инженерным департаментом при Военном министерстве. С тех пор сохранялась преемственность нормирования и требований к техническим решениям конструкций зданий. Строительные нормы учитывали многовековой народный опыт строительства и достижения строительной науки. Требования к теплозащите стен зданий постепенно совершенствовались и повышались с учетом возможностей практического строительства и экономической ситуации в стране. В частности, в СССР были введены нормы на удельные теплопотери здания. В последних советских СНиП II-3-79*

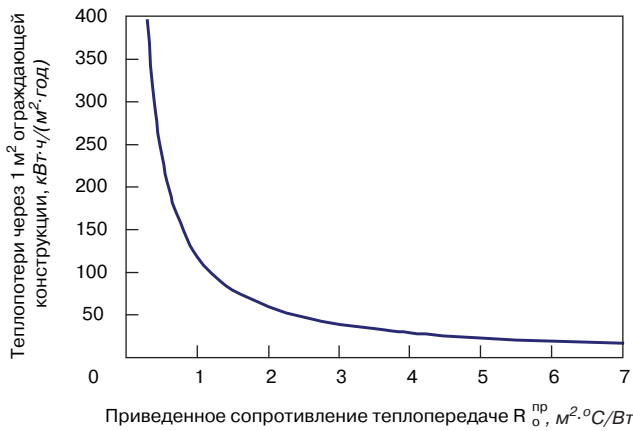


Рис. 1. Зависимость теплопотери через 1 м² ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче для климатических условий Москвы

«Строительная теплотехника» было введено нормирование приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Это означало практический учет и ограничение теплопотери через теплопроводные включения конструкций, что отражало изменившиеся конструктивные решения ограждений и позволило в 1980-е гг. перейти на массовое строительство зданий из энергоэффективных ограждающих конструкций.

Взвешенная политика в области повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций была нарушена, когда в 1995 г. вступили в силу Изменения № 3 к СНиП II-3–79*, согласно которым резко повысились требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Для стен эта величина с 2000 г. была повышена более чем в три раза по сравнению с существовавшей ранее. Это беспрецедентное в инженерной практике решение не было обеспечено проектными решениями ограждающих конструкций с таким уровнем теплозащиты. К такому повороту событий оказались не готовы производители основных строительных материалов, а также строители, не владевшие новыми технологиями. В результате сократился объем строительства, в том числе жилищного, снизилось его качество. Никаких статистических данных о полученной в стране экономии энергии на отопление зданий неизвестно. Не проведен анализ результатов этого гигантского эксперимента над базовой отраслью страны.

С целью соблюдения новых норм по теплозащите были разработаны, внедрены и постепенно улучшаются новые конструкции стеновых ограждений. Несмотря на большую работу по их совершенствованию, они значительно дороже применявшихся ранее, и требуют дальнейшей доработки. Большинство новых конструктивных решений с трудом соответствует требованиям действующих СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий». Расчетные значения приведенного сопротивления теплопередаче стен зданий несколько ниже требуемого значения с 2000 г., но больше минимально допустимого значения и позволяют получить нормируемые значения удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий, так называемый потребительский подход. Например, в Москве требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче стен жилых зданий с 2000 г. составляет 3,13 м²·°С/Вт, но допускается его снижение до 1,97 м²·°С/Вт при условии удовлетворения требованиям к удельному расходу тепловой энергии на отопление здания. Различия в теплопотерях через ограждающую конструкцию при данных значениях приведенного сопротивления теплопередаче не-

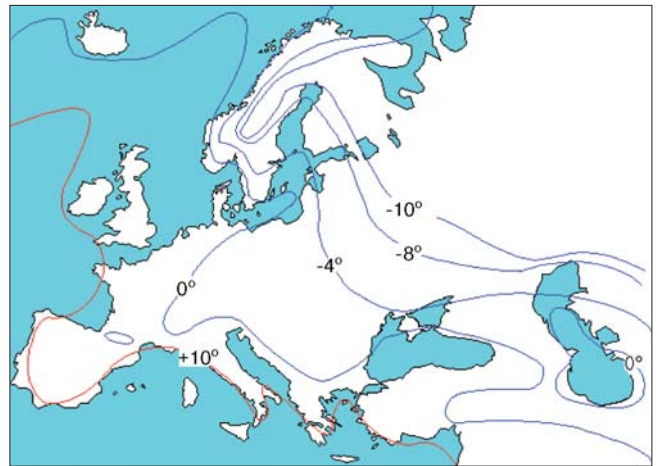


Рис. 2. Изотермы температуры воздуха в Европе в январе (рис. предоставлен А.П. Паршевым)

большое (рис. 1), поэтому на удельный расход тепловой энергии на отопление здания изменение приведенного сопротивления теплопередаче стен в указанных пределах сказывается незначительно. Характер зависимости, приведенной на рис. 1, показывает, что чем выше достигнутый уровень теплозащиты, тем меньший эффект дает дальнейшее его повышение.

Повышение требований к теплозащите зданий приводит не только к повышению стоимости строительства, но и отрицательно влияет на долговечность ограждающих конструкций. Особые сложности наблюдаются при строительстве стен с приведенным сопротивлением теплопередаче выше 1,5–2 м²·°С/Вт. Долговечность этих стен в целом ниже, чем традиционно применяемых в России. Так, конструкции навесных теплоизоляционных фасадов проектируются в настоящее время с долговечностью 50 лет. Однако, по заключениям экспертов из Германии, где эти фасады эксплуатируются около 40 лет, продолжительность межремонтного периода для фасадов со скрепленной теплоизоляцией и тонким штукатурным слоем составляет 20 лет [1]. В климатических условиях России этот период вряд ли будет больше.

В 2008 г. автор участвовал в натурном обследовании 51 здания в Москве, наружные стены которых выполнены с облицовкой из кирпичной кладки. Несмотря на то что срок эксплуатации этих зданий не превышал десяти лет, на их наружных стенах были выявлены различные повреждения, вплоть до обрушения облицовочного слоя [2]. Аналогичные разрушения многослойных стен обнаружены во многих регионах страны. В связи с изложенными обстоятельствами возникает вопрос: чем обосновано резкое повышение теплозащиты стен выше значений, проверенных десятилетиями (и соответствующих кладке толщиной в два шелевых кирпича или в два с половиной полнотелых для условий Москвы и Санкт-Петербурга)?

Призывы к дальнейшему повышению требований к теплозащите зданий звучат и в настоящее время. Вызывает тревогу, что люди, их высказывающие, далеки от проблем ограждающих конструкций. Они не оценивают последствия, к которым может привести дальнейшее повышение требований к теплозащите. Аргументируются подобные устремления, как и 40 лет назад, необходимостью энергосбережения. Приводятся случайные данные из зарубежных источников без анализа правомерности их сопоставления с аналогичными российскими данными. Экономическое обоснование предлагаемых решений или не делается вообще, или делается с заведомыми ошибками. Например, длительное время исполь-

¹ Расчет по формуле $Q = 0,024 \text{ ГСОП} / R_0^{\text{пр}}$, где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год; Q – годовые теплопотери через 1 м² конструкции, кВт·ч/(м²·год), $R_0^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче конструкции, м²·°С/Вт.

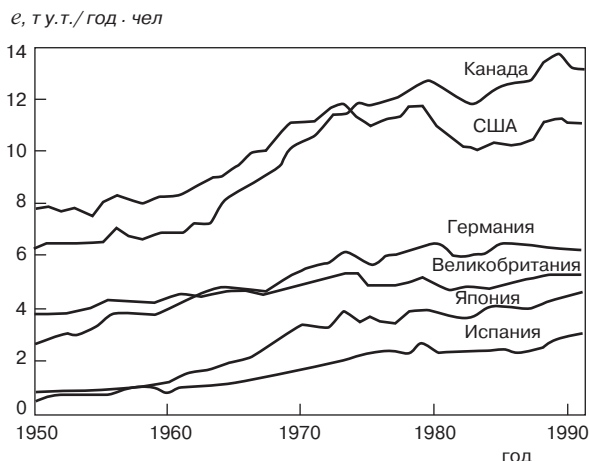


Рис. 3. Изменение потребления энергии на душу населения в развитых странах мира [9]

зовался метод определения «экономически целесообразного сопротивления теплопередаче по минимуму приведенных затрат», содержащий элементарную ошибку, которая рассмотрена в [3]. Идея увеличения сопротивления теплопередаче наружных стен звучала даже со страниц центральной газеты страны «Правда» [4], где было отмечено, «что мероприятия по повышению теплозащиты зданий увеличат их стоимость на 1,5–2,5%, однако эти затраты окупятся снижением расходов на отопление уже в течение 3–5 лет». В настоящее время в условиях рыночной экономики нашей страны эти затраты в большинстве случаев вообще не окупаются [3], сторонники повышения теплозащиты зданий просто игнорируют экономическое обоснование. Между тем отсутствие окупаемости увеличения толщины стен всего с 2,5 до 3 полнотелых кирпичей в условиях Санкт-Петербурга было показано еще В.А. Сокольским 100 лет назад [5]. Несмотря на это предлагается повысить требуемое сопротивление теплопередаче стен жилых зданий в Москве до 3,8, а общественных — до 3,5 м²·°C/Вт, что обосновывается «продекларированным решением Президента» [6].

Аргументы в пользу энергосбережения, которые повсеместно используются, являются декларативными, апеллируют к макроэкономическим показателям, и находятся вне сферы как практического строительства, так и строительной науки. Эти аргументы могут быть сгруппированы следующим образом.

1. Большое потребление энергии в России по сравнению со странами Западной Европы и Америки.
2. Высокая энергоёмкость ВВП в России по сравнению с другими развитыми странами.
3. Необходимость снижения эмиссии в атмосферу двуокиси углерода, образующегося при сжигании углеводородного топлива.
4. Ограниченность запасов углеводородных энергоресурсов и ожидаемый кризис их добычи.
5. Получение значимого экономического эффекта при энергосберегающих мероприятиях.

В данной статье сделана попытка краткого обсуждения с макроэкономической точки зрения приведенных аргументов применительно к проблеме повышения теплозащиты зданий, и прежде всего стен.

Влияние климата на потребление энергии.

Действительно ли потребление энергии в России большое по сравнению со странами Северной Европы и Америки

Географическое положение и климат страны опреде-

ляют национальный характер народа, национальную экономику и в совокупности с историческим развитием — национальную идею. Это положение сформулировали и развивали виднейшие российские историки С.М. Соловьев, В.О. Ключевский, Л.Н. Гумилев и др. Как пишет академик Л.В. Милов: «С.М. Соловьев предельно обобщенно отметил, что «природа для Западной Европы, для ее народов была мать; для Восточной, для народов, которым суждено было здесь действовать, — мачеха» [7]. Однако в советское время официальная пропаганда утверждала, что «влияние географического фактора на характер и темпы развития народов и государства есть порождение буржуазной науки, то есть в корне неверно» [7]. Вслед за пропагандой многие ученые, прежде всего экономисты и другие гуманитарии, как бы забыли о российском климате и других географических условиях и до сих пор не избавились от «фигурирующей в наших учебниках отечественной истории концепции, где все шло, как на Западе, только с некоей временной задержкой, а фундаментальным климатическим и природным факторам не уделено никакого внимания» [7]. Постепенно эти положения стали основой для сравнения как отечественной экономики в целом, так и отдельных ее частей и даже используемых технологических приемов с западными и послужили предпосылкой идеи полного подражания Западу. Свидетелями очередной попытки практического воплощения этой идеи мы и являемся. Политика механистического изменения идеологических и экономических ориентиров может привести к очень тяжелым последствиям.

Считать Россию по климатическим условиям сопоставимой со странами Западной Европы, мягко говоря, некорректно. На рис. 2 приведены изотермы средней январской температуры в Европе, из которых следует, что в таких странах, как Дания, Франция, Великобритания, средняя температура в январе положительна, в то время как через Москву проходит изотерма -10°C².

Около двух третей территории России относится к зоне вечной мерзлоты, 86% населения России проживают в районах со значением градусо-суток отопительного периода (ГСОП) более 4000 °C·сут/год [8]. Естественно ожидать, что при одинаковом уровне жизни среднее душевое потребление энергии в России оказалось бы выше, чем в других странах. Однако у нас в стране и средний уровень жизни ниже, чем в других развитых странах Северной Европы и Америки, и среднедушевое энергопотребление меньше, чем, например, в Финляндии, Норвегии, Канаде. Если ставить в качестве цели достижение в России столь же высокого уровня жизни, как в Норвегии или США, то, очевидно, необходимо увеличивать энергопотребление.

Количественные оценки влияния климата и географических особенностей страны на энергопотребление разработал в начале 1990-х гг. профессор В.В. Клименко, руководитель лаборатории «Глобальные проблемы энергетики» ИБРАЭ РАН—МЭИ. Он исследовал количественную зависимость среднедушевого потребления энергии от среднегодовой температуры и эффективной территории для стран с постиндустриальным уровнем развития [9]. В.В. Клименко установил, что для стран, достигших постиндустриального уровня развития (таких стран он насчитал почти сорок), потребление энергии на душу населения, то есть удельное потребление энергии e (т у. т./чел.·год)³, почти не меняется в течение 20–25 лет (рис. 3). Удельное потребление энергии тем больше, чем ниже среднегодовая температуры страны T_a (рис. 4) [9]. Эту зависимость В.В. Клименко аппроксимировал уравнением (1). Удельное потребление энергии в стране, рассчитанное по этому уравнению, обозначается e_{∞} .

² Можно отметить, что изотерма -4°C является исторической границей между западной и русской цивилизациями. Эти цивилизации отличались способами ведения сельского хозяйства и строительства, то есть способами хозяйствования, что и формировало национальный характер народов.

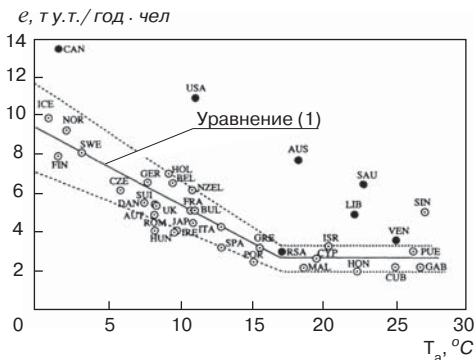


Рис. 4. Зависимость удельного потребления энергии в постиндустриальном обществе от ср едногодовой температуры воздуха [9]

$$e_{\infty} = \begin{cases} 9,3 - 0,4 \cdot T_a & \text{при } T_a < 17^{\circ}\text{C} \\ 2,5 & \text{при } T_a \geq 17^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (1)$$

В своем исследовании В.В. Клименко опирался на данные до 1993 г., когда социально-экономическое устройство стран мира было более разнообразным, чем в настоящее время, поэтому он отметил: «Поистине удивительным кажется то, что энергопотребление стран, различающихся типом экономики, структурой импорта/экспорта, стереотипом потребления, наконец, культурными традициями, описывается в пределах $\pm 25\%$ единым уравнением, не содержащим в явном виде экономических характеристик» [9]. Как следует из рис. 4, энергопотребление нескольких стран не укладывается в зависимость (1). Почти все эти страны, кроме Сингапура, отличаются большой эффективной территорией⁴ S_e . Поэтому В.В. Клименко предложил корректировку закономерности энергопотребления рассматриваемыми странами, суть которой поясняется рис. 5. Оптимальное (расчетное) среднедушевое потребление энергии e_{∞} представляет собой значение e_{∞} , скорректированное на эффективную территорию страны S_e , в соответствии с уравнением (2).

$$\frac{e_s}{e_{\infty}} = \begin{cases} 1 & \text{при } S_e \leq 0,5 \text{ млн км}^2 \\ 1,26 \cdot S_e^{1/3} & \text{при } S_e > 0,5 \text{ млн км}^2 \end{cases} \quad (2)$$

Согласно расчетам В.В. Клименко (с учетом погрешности 20%) среднедушевое потребление энергии в России для достижения постиндустриального уровня развития должно достигать 18–19 т. у. т./(чел.·год). Этот показатель в России уже более 10 лет составляет около 6 т. у. т./(чел.·год)⁵, в советское время было

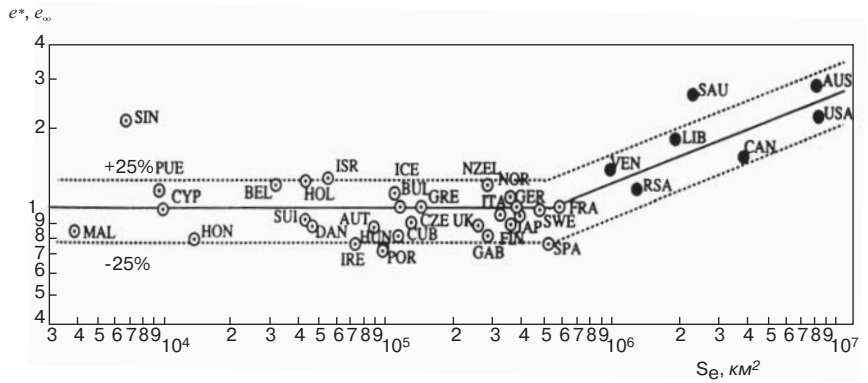


Рис. 5. Связь душевого потребления энергии с эффективной территорией страны [9]

8–9 т. у. т./(чел.·год). Таким образом, фактическое потребление энергии в России составляет около 33% от оптимального.

В качестве иллюстрации возможного применения подхода В.В. Клименко могут служить данные из работы [12]. По данным на 1992 г. руководитель Центра международных экономических сопоставлений Института Европы РАН профессор В.М. Кудров представил сравнительные показатели производительности труда в производящих отраслях народного хозяйства некоторых стран [12]. Обработка этих данных и сопоставление с относительным потреблением энергии в различных странах показали, что можно говорить о корреляции между производительностью труда и относительным потреблением энергии [13]. Чем больше относительное энергопотребление, тем выше производительность труда в производственных отраслях (рис. 6). Недостаточным потреблением энергии в России и объясняется в конечном итоге пониженная производительность труда в нашей стране. В России и потребление электроэнергии меньше, чем в других развитых странах [14].

Результаты работ лаборатории В.В. Клименко вызвали большой интерес и дискуссию в прессе⁶. Со времени их выполнения изменились промышленная структура и структура потребления энергии в некоторых странах [11], что привело к отступлениям от полученных В.В. Клименко закономерностей. Несмотря на это, *работы В.В. Клименко остаются единственными, устанавливающими количественную связь климатических и географических условий страны и среднедушевого энергопотребления*. Именно полученные значения оптимального энергопотребления страны могут служить ориентиром при дальнейшей оценке этого параметра в ходе каких-либо преобразований в стране. Повысить энерго-

³ В нашей стране для измерения энергопотребления используется условное топливо (у. т.). В качестве единицы у. т. принимается 1 кг твердого или 1 м³ газообразного топлива с низкой теплотой сгорания 29,3 МДж/кг. Такая величина была принята из расчета, что низшая теплота сгорания 1 г у. т. равна 7000 кал. Эквиваленты для пересчета натуральных топлив в условное: кг угля – 0,718, нефти – 1,43, мазута – 1,3, горючих сланцев – 0,353, торфа – 0,4, дров – 0,249 кг у. т. Один кубометр природного газа эквивалентен 1,17–1,2 кг у. т. Наряду с килограммами у. т. используют тонны у. т. Следует отметить, что 1 т у. т. соответствует 77 кал. Применяемый во многих странах нефтяной эквивалент (н. э.) связан с у. т. соотношением: 1 кг н. э. = 1,43 кг у. т. Баррель нефтяного эквивалента (б. н. э.) определяется различно, чаще всего принимается 1 т н. э. = 7,4 б. н. э.

⁴ Это понятие определяется как территория страны со средней годовой температурой выше -2°C и расположенная ниже 2000 м над уровнем моря, измеряется в млн км². Именно на такой территории возможна самостоятельная сельскохозяйственная, промышленная и культурная жизнь нации. Это понятие было введено французским географом и социологом Элизе Реклю (Elisie Reclus 1830–1905) в его 19-ти томном сочинении «Всеобщая география. – Земля и Люди». Эффективная территория России составляет менее 1/3 от всей ее территории. По величине эффективной территории (5,51 млн км²) Россия занимает пятое место в мире после Бразилии (8,05), США (8), Австралии (7,68), Китая (5,95) [10]. Большая часть территории Сибири относится по этому определению к неэффективной, чем и объясняется незаинтересованность в ее присоединении в течение многих веков со стороны Китая и других азиатских государств. И только России удалось освоить Сибирь за счет эксплуатации своей эффективной территории в Европейской части.

⁵ В 2005 г. среднедушевое потребление энергии в России составило 6,2, в США – 9,8, в Канаде около 10,8, в Великобритании – 5,1, в ФРГ – 5, в Норвегии – 8,5, в Финляндии – 6,9 т. у. т./(чел.·год) [11].

⁶ Работы В.В. Клименко были представлены в «Доклады АН» академиком А.И. Леонтьевым. Результаты В.В. Клименко плодотворно использовал в своих работах академик Н.Н. Моисеев в частности, в статье «Есть ли будущее у России? (Размышления в свете анализа общепланетарной картины)», опубликованной в журнале «Наш современник» №10, 1996.

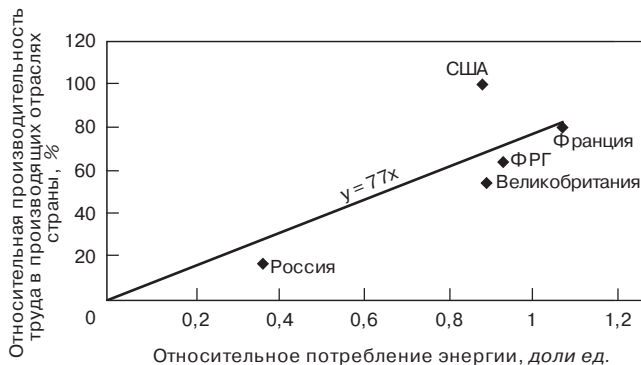


Рис. 6. Относительная производительность труда в производящих отраслях страны в зависимости от относительного потребления энергии в 1992 г. [13].

потребление в России до оптимального не представляется возможным. Отсюда следует вывод о принципиальном отличии долженствующих целей нашего общества от целей общества потребления западных стран. Россия не должна слепо копировать ни социальную, ни экономическую составляющие западных стран – они просто не соответствуют нашим возможностям.

Причины высокой энергоёмкости ВВП в России по сравнению с другими развитыми странами

Действительно, энергоёмкость ВВП в России выше, чем в других развитых странах. На рис. 7 изображена диаграмма, разработанная академиком П.Л. Капицей по данным до 1970 г. и продолженная академиком А.Э. Конторовичем с соавторами до 2000 г. [15]. Данная диаграмма публиковалась неоднократно, в частности в докладе академика Н.П. Лаверова на научной сессии общего собрания РАН «Энергетика России: проблемы и перспективы» 20–21 декабря 2005 г. По диаграмме прослеживается зависимость среднедушевого ВВП от среднедушевого энергопотребления.

Энергоёмкость ВВП представляет собой отношение потребленного количества энергии к ВВП. На диаграм-

ме энергоёмкость ВВП равна ctg угла наклона прямой, проведенной из начала координат к точке, характеризующей страну. Ряд стран – Швейцария, Дания и др. обладают наименьшей энергоёмкостью ВВП. В этих странах сведены до минимума энергоёмкие отрасли экономики, такие как металлургия, производство алюминия, минеральных удобрений и т. д. США, Канада, Австралия и др. обладают значительно большей энергоёмкостью ВВП, что объясняется наличием энергоёмких отраслей народного хозяйства. К этой группе стран относился Советский Союз и РСФСР. В 1990 г. энергоёмкость ВВП России и Канады практически совпадали и незначительно превышали энергоёмкость США.

С 1991 г. в России резко сократилось энергопотребление и снизилась величина ВВП, причем величина ВВП сократилась опережающим темпом как менее инерционный параметр. Высокая энергоёмкость ВВП России объясняется не столько большим расходом энергии, сколько малым значением ВВП.

Расчет по диаграмме (рис. 7) показывает, что величина энергоёмкости ВВП в России около 1,3 кг у.т./USD, в то время как для Швейцарии – 0,13, для Швеции – 0,25, для США – 0,34, для Канады – 0,44 кг у.т./USD. В то же время энергоёмкость ВВП в России в 1990 г., по этому же источнику⁷, составляла 0,48 кг у.т./USD, что близко к значению этой характеристики для Канады и некоторых других стран. Доля услуг в структуре ВВП США составляла и составляет около 75%, в то время как в СССР она не превышала 33%. Соответственно более корректно рассчитывать энергоёмкость производственной части ВВП. Энергоёмкость производственной части ВВП СССР была ниже, чем США, то есть по этому показателю СССР опережал США и ряд других стран. В то же время при сопоставлении энергопотребления в СССР и США никто не оперировал энергоёмкостью производственной части ВВП.

Экспорт энергоносителей обладает значительно большей энергоёмкостью, чем услуги или продукция высоких этапов передела. Как это ни парадоксально, экспорт нефти и других энергоносителей из России мо-

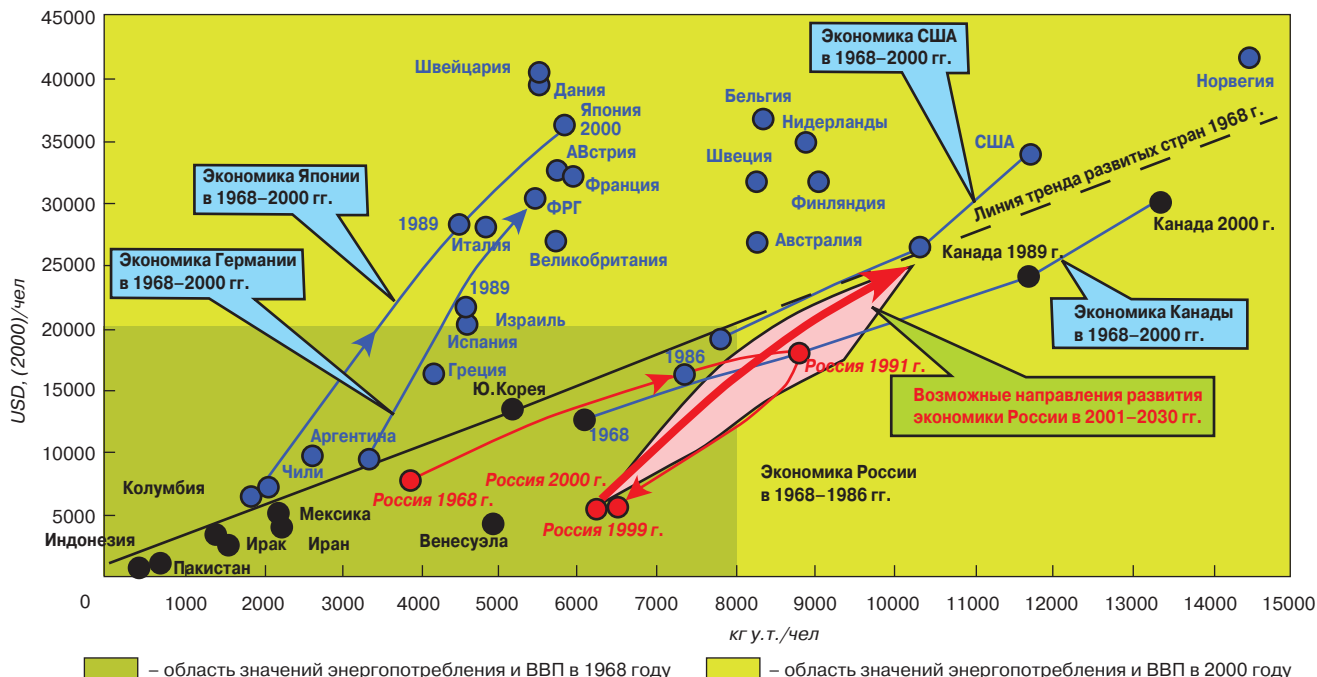


Рис. 7. Соотношение удельного потребления энергии и удельного ВВП некоторых стран. Диаграмма академиков П.Л. Капицы и А.Э. Конторовича [14].

⁷ В зависимости от используемого источника информации могут получаться различные значения указанной характеристики, поэтому важно соотношение между ними в одном источнике.

жет обладать большей энергоемкостью, чем ВВП России. Например, средняя цена тонны нефти в 2005 г. составила 53,6 USD за баррель, что эквивалентно $53,6 \cdot 7,4/1,43 = 277$ USD/т у. т., следовательно, «энергоемкость» экспорта нефти составила $1000/277 = 3,61$ кг у. т./ USD. В то же время расчет по данным [11]⁸ показывает, что энергоемкость ВВП России в текущих ценах в том же 2005 г. составила 1,16 кг у. т./ USD, что существенно меньше, чем подсчитанная энергоемкость экспорта нефти (3,61 кг у. т./ USD). Для сравнения, энергоемкость ВВП в текущих ценах развитых стран в том же году составила: для США – 0,24, для Канады – 0,31, для Великобритании – 0,14, для ФРГ – 0,15 кг у. т./ USD. Для стран-экспортеров нефти энергоемкость ВВП значительно выше: для ОАЭ – 0,58, для Кувейта – 0,66, для Венесуэлы – 0,58 кг у. т./ USD.

Эти данные доказывают, что Россия фактически превращена в сырьевой придаток развитых стран, то есть живет за счет экспорта углеводородного сырья. Большая часть произведенной в России энергии идет на экспорт. По данным [14], в 2006 г. в России произведено 1673 млн т у. т. энергоресурсов, из них 45% (753 млн т у. т.) непосредственно отправлено на экспорт. Кроме того, экспортирована продукция начальных этапов передела (черные металлы, алюминий, удобрения, необработанные лесоматериалы и т. д.), на изготовление которой затрачено не менее 200 млн т у. т., а на транспортирование – 57 млн т у. т. [14]. На внутреннее потребление в стране фактически осталось 458 млн т у. т., или 3,2 т у. т./ (чел. год). Таким образом, фактическое внутреннее потребление страны составило 27% от произведенного количества энергии. В то же время официально внутреннее потребление энергоресурсов в России в 2006 г. считается равным 920 млн т у. т. (55% от 1673 млн т у. т.), или 6,5 т у. т./ (чел. год).

Вклад в ВВП от производства энергии и продукции начальных переделов, приходящийся на единицу потребленной энергии, значительно меньше, чем от продукции высших переделов или от банковского сектора. Без развития наукоемкого производства понижение энергоемкости ВВП возможно только за счет увеличения доли услуг. Сырьевая ориентация экономики не позволит существенно снизить энергоемкость ВВП по сравнению с западными странами.

Следует отметить *общую некорректность использования энергоемкости ВВП для анализа энергопотребления*. Эта некорректность обусловлена:

- неучетом паритета покупательной способности доллара в разных странах;
- неучетом структуры ВВП (разная доля услуг);
- неучетом национальных особенностей при формировании ВВП;
- неучетом природно-климатических особенностей стран;
- сокрытием среднедушевого потребления энергии в стране.

Энергоемкость ВВП главным образом зависит от величины ВВП, а не от потребления энергии. ВВП может существенно измениться в течение нескольких лет, в то время как потребление энергии изменяется очень медленно. Например, до 2008 г. в России ВВП возрастал примерно на 7% в год за счет роста непроизводственной части, а среднедушевое потребление энергии практически не изменялось.

Согласно указу Президента РФ Д.А. Медведева «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» к 2020 г. следует снизить на 40% энергоемкость ВВП, а не снизить

потребление энергии на 40%, как иногда считают. Снижение энергоемкости ВВП планируется главным образом за счет увеличения непроизводственной части ВВП по образцу западных стран. Энергосбережение весьма незначительно отразится на энергоемкости ВВП и не решит проблему высокой энергоемкости ВВП России. Рассматриваемый аргумент в пользу энергосбережения является абсолютно неубедительным.

Парниковый эффект

и обязательства России по снижению эмиссии CO₂

Вопросам, относящимся к изменению климата и антропогенному влиянию на это изменение, посвящено огромное количество специальной литературы. Наибольшую известность эти вопросы получили в связи с ратификацией Киотского протокола. Страны, которые ратифицировали протокол, обязались снизить общую эмиссию парниковых газов к 2020 г. как минимум на 20% относительно базового 1990 г.

По поручению Президента РФ В.В. Путина от 16.03.2004 № Пр-432 Президент РАН Ю.С. Осипов организовал специальный совет-семинар для всестороннего изучения проблемы. В его работе участвовали представители многих институтов РАН. По результатам работы совета-семинара Президенту России В.В. Путину было направлено письмо «О позиции РАН по проблеме Киотского протокола» [16], в котором, в частности, отмечено, что «Киотский протокол не имеет научного обоснования... ратификация Протокола в условиях наличия устойчивой связи между эмиссией CO₂ и экономическим ростом, базирующимся на углеродном топливе, означает существенное юридическое ограничение темпов роста российского ВВП».

Несмотря на однозначно отрицательную позицию научного сообщества в лице РАН, Киотский протокол был ратифицирован.

Губительные последствия присоединения России к Киотскому протоколу комплексно проанализированы в [17]. Также следует напомнить, что США, которые являлись инициаторами Киотского протокола, успешно из него вышли и наблюдают за развитием событий без дополнительных материальных и организационных ограничений.

Таким образом, *вопросы, связанные с ограничением эмиссии CO₂, являются чисто политическими и не могут служить основанием для принятия технических решений, в том числе энергосберегающих мероприятий*.

Об ограниченности углеводородных энергоресурсов

Запасы невозобновляемых источников энергии ограничены. Хотя энергосбережение проблему ограниченности энергоресурсов не решает в принципе, оно имеет значение при рассмотрении ближайших перспектив энергообеспечения страны.

Перспективы энергообеспечения России обстоятельно изложены в докладе академика Н.П. Лаврова [18]. Он отмечает, что основная часть разведанных запасов углеводородов располагается в Западной и Восточной Сибири, на морском шельфе Сахалина, Карского и Баренцева морей. Данное обстоятельство создает большие сложности в добыче и транспортировке энергоносителей в промышленные регионы страны. Анализ нефтедобычи показывает, что до 2012 г. нефть в России будет добываться из разрабатываемых и ранее подготовленных к освоению месторождений, затем потребуются освоение новых месторождений и интенсивное освоение новых нефтегазоносных бассейнов Восточной Сибири, которые станут основными источниками углеводородов с 2020–2025 гг. [18].

⁸ Выбор 2005 г. объясняется тем, что последнее, доступное на момент написания статьи, издание статистического ежегодника ООН относится к 2008 г. В этом издании полные данные имеются только до 2005 г.

Большие проблемы накопились и в электроэнергетике. Не хватает генерирующих мощностей в Москве, Северо-Западе, Нечерноземье, Сибири, на Урале и Дальнем Востоке [19]. За время «реформ» допущено старение основных фондов. «Ввод новых энергетических мощностей сократился в 10 раз (с 6–12 до 0,4–0,6 ГВт в год). Половина генерирующих и электропередающих мощностей и до 60% теплосетей страны выработали свой ресурс и требуют замены» [19].

В то же время, по оптимистическому сценарию развития страны, к 2025 г. душевое потребление энергии планируется увеличить до 10 т у. т./чел.·год, а душевой ВВП – до 25 тыс. USD/(чел.·год). По расчетам экономистов на эти цели потребуются около 950 млрд USD, из них только на геолого-разведочные работы около 60 млрд USD [20].

Нельзя забывать, что совокупный национальный долг страны после 2007 г. превысил 1 трлн USD [20]. Совокупный внешний долг составил в этом же году около 500 млрд USD. «Значительная часть этой задолженности приходится на крупнейшие структурообразующие предприятия российской экономики («Роснефть», «Газпром», «Лукойл», «Алроса», ГАЗ, «Транснефть» ОАО АК «Транснефтепродукт», корпорация «Иркут», «Норильский Никель», «Ростелеком» и др.)» [20]. Следует обратить внимание, что интенсивный долговой рост происходил в 2000-е гг. (особенно в 2006–2007 гг.), то есть в период высоких цен на нефть. Большие долги энергопроизводящих и энерготранспортирующих предприятий снижают их возможности к инвестициям в развитие ТЭК.

Таким образом, имеются основания считать, что страну ожидает энергетический кризис. В стране, живущей за счет экспорта энергоресурсов, при кризисе энергопроизводящей отрасли последует сокращение внутреннего энергопотребления при сохранении или увеличении экспорта углеводородного сырья.

В условиях энергетического кризиса и недостаточного энергопотребления должна быть изменена вся парадигма развития страны. Очевидно, должны были быть прекращены энергорасточительные проекты, такие как развитие личного автотранспорта, строительство высотных зданий и др. В частности, следует пересмотреть перспективы развития строительной отрасли и приготовиться к жизни в условиях энергопотребления, пониженного даже по сравнению с настоящим временем. Что касается энергосбережения, то оно, конечно, будет актуальным в создавшихся условиях, как и всегда было актуальным в России [7], однако не решит проблему недостатка энергии.

Влияние повышения теплозащиты стен зданий на потребление энергии в стране

В условиях ожидаемого дефицита энергии любое значимое сбережение энергии будет актуальным, если его реализация не сопровождается обратным эффектом, то есть не будет энергозатратным. Для этого все конкретные энергосберегающие мероприятия должны быть экономически окупаемыми. Другое важное условие для применения энергосберегающих мероприятий: они не должны снижать долговечность объектов строительства, иначе они также превращаются в энергозатратные.

Существенное повышение требований к теплозащите создает трудности при строительстве всех ограждающих конструкций, но наибольшие проблемы возникают при обеспечении высоких значений требуемого сопротивления теплопередаче стен. *Долговечность стен явля-*

ется определяющей для долговечности всего здания. При увеличении теплозащиты стен в наибольшей степени повышается стоимость строительства.

Проведем приближенную оценку доли теплопотерь через стены зданий от энергопотребления в стране. По данным [19], на долю промышленности в России приходится свыше 55% потребляемой энергии. Предполагая, что на долю транспорта и сельского хозяйства приходится 15%, получается, что на долю ЖКХ приходится 30% потребляемой энергии. Допустим, что вся эта энергия расходуется на жилые и общественные здания. По данным [21], структура потребления энергии в общественных зданиях в среднем следующая: трансмиссионные теплопотери через стены и окна – 28%, инфильтрационные теплопотери – 52%, на горячее водоснабжение (ГВС) – 7%, электроэнергия – 13%. Следует отметить, что при остекленности общественных зданий более 25% на теплопотери через стены приходится менее половины трансмиссионных теплопотерь. Для жилых зданий (без учета затрат электроэнергии) увеличивается доля ГВС до 30%, общие трансмиссионные теплопотери через стены и окна составляют около 30–45% от всей потребляемой зданием тепловой энергии при значении сопротивлений теплопередаче стен около 1 м²·°C/Вт (требуемое значение до 1995 г.), остальная часть теплопотерь приходится на воздухообмен. Доля теплопотерь через стены зависит от их сопротивления теплопередаче и составляет, по данным [21], от 8 до 20%. Таким образом, можно считать, что трансмиссионные потери через стену составляют в среднем 15% от энергопотребления здания. Следовательно, теплопотери через стены могут составлять 0,3×0,15=0,045, то есть 4,5% от потребления энергии в стране. Даже если в приведенных рассуждениях допущена ошибка и теплопотери через стены зданий составляют 6% от потребления энергии в стране, это эквивалентно 60 млн т у. т., то есть 0,4 т у. т./чел.·год. *Но следует учесть, что экономия энергии, которая может получиться при повышении теплозащиты стен, составит лишь небольшую долю от этих 6% и не сможет оказать заметного влияния на энергетический баланс страны и тем более явится причиной нехватки энергии в стране, высокой негетемкости ВВП, повышенной эмиссии CO₂ и других негативных явлений,* к которым апеллируют сторонники повышения требований к теплозащите ограждающих конструкций.

Повышение теплозащиты стен не сможет привести к значительной экономии энергопотребления в стране, но сопряжено со значительными трудностями и расходами при строительстве и эксплуатации зданий.

Об экономической эффективности повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий

Экономическое обоснование при принятии решения об энергосберегающем мероприятии, в частности о повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий, в условиях рыночной экономики является обязательным. Одно из основных отличий рыночной экономики западного образца, которая фактически создана в России, заключается в наличии процентной ставки за банковский кредит, p^9 . Основным критерием приемлемости технического решения с экономической точки зрения является необходимое условие окупаемости, которое в общем виде выражается неравенством:

$$\Delta K \cdot p < \Delta \Delta, \quad (3)$$

где ΔK – единовременные затраты на техническое реше-

⁹ Величина p является платой за банковский кредит, она иногда называется ростовщический процент. В русском языке такая плата, по сути являющаяся учетной ставкой за кредит банка, называлась лихва, отсюда выражение окупиться с лихвой, а ростовщик (банкир) назывался лихоимщик (см. Толковый словарь живого великорусского языка В.И. Даля).

ние, р./ед. изделия; p – годовая процентная ставка за банковский кредит, доли ед./год; $\Delta\mathcal{E}$ – годовая прибыль, получаемая за счет реализации технического решения, р./ед. изделия·год).

Если на реализацию технического решения потребовался банковский кредит (единовременные затраты) ΔK , то ежегодная прибыль $\Delta\mathcal{E}$, должна превосходить ежегодные платежи банку $\Delta K \cdot p$. Если неравенство (3) не выполняется, то реализация технического решения при постоянных во времени значениях $\Delta\mathcal{E}$ и p никогда не окупится. Для оценочных расчетов это неравенство вполне пригодно [3].

Если под техническим решением понимать дополнительное повышение теплозащиты ограждающей конструкции, то в качестве единицы изделия принимается 1 м^2 ограждающей конструкции, а неравенство принимает вид:

$$\Delta K \cdot p < 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot (-\Delta k) \cdot C_T, \quad (4)$$

где ΔK – единовременные затраты на снижение коэффициента теплопередачи ограждения, р./ м^2 ; Δk – снижение коэффициента теплопередачи при дополнительном утеплении ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$; C_T – цена тепловой энергии, р./ $(\text{кВт} \cdot \text{ч})$; 0,024 – размерный коэффициент, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{Вт} \cdot \text{сут})$.

В отечественном строительстве величиной, характеризующей теплозащиту ограждающей конструкции, является приведенное сопротивление теплопередаче, которое связано с коэффициентом теплопередачи конструкции формулой:

$$k = \frac{1}{R_{\text{пр}}} \quad (5)$$

Из (4) следует макроэкономический критерий окупаемости повышения теплозащиты ограждающих конструкций:

$$-\frac{\Delta K}{\Delta k} < \omega, \quad (6)$$

где ω – предельное значение удельных единовременных затрат является макроэкономическим параметром региона строительства и определяется по формуле

$$\omega = 0,024 \times \text{ГСОП} \times C_T / p. \quad (7)$$

В неравенстве (6) слева находится характеристика конструкции – удельные единовременные затраты на повышение теплозащиты ограждающей конструкции, а справа – характеристика региона строительства – предельное значение удельных единовременных затрат (они не зависят от конструкции). Левая часть неравенства (6) почти не зависит от региона строительства, а правая часть не зависит от параметров конструкции. Таким образом, для каждого региона существует свое ограничение на повышение теплозащиты ограждающих конструкций, выражаемое неравенством (6). Это неравенство позволяет оценивать варианты повышения теплозащиты ограждающих конструкций. Более подробно вывод и анализ неравенства (6) приведен в [3]. Приведем примеры.

Пример 1. Требуется оценить окупаемость повышения сопротивления теплопередаче оконных блоков в жилых домах Москвы и Санкт-Петербурга с 0,54 до 0,8 ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$. Для упрощения расчетов примем, что для климатических условий Москвы и Санкт-Петербурга значения ГСОП приблизительно равно $5000^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, а цена тепловой энергии не превышает 1 р./ $(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Современное значение учетной ставки за банковский кредит составляет около 20% ($p = 0,2$ доли ед./год). Следовательно, согласно (7): $\omega = 0,024 \cdot 5000 \cdot 1/0,2 = 600 \text{ р.} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Неравенство (6) принимает вид: $\Delta K < 600 \cdot (-\Delta k)$. Снижение ко-

эффициента теплопередачи составит: $\Delta k = 1/0,8 - 1/0,54 = -0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Следовательно, значение единовременных затрат на повышение теплозащиты заполнений светопроемов не должно превышать $\Delta K = 600 \cdot 0,6 = 360 \text{ р.}/\text{м}^2$. Если единовременные затраты, то есть увеличение цены оконного блока, превосходят 360 р./ м^2 , то увеличивать указанное сопротивление теплопередаче оказывается экономически невыгодным, поскольку вложенные средства не окупятся.

Пример 2. Требуется оценить окупаемость повышения сопротивления теплопередаче торцевых стен жилых зданий в Москве со значений 2–3 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, достигаемых в настоящее время, до значений 6 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, то есть $\Delta k = -0,33 - -0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Значение единовременных затрат на повышение теплозащиты торцевых стен не должно превышать значений $\Delta K = 600 \cdot (0,33 - 0,17) = 200 - 100 \text{ р.}/\text{м}^2$. Для указанного повышения сопротивления теплопередаче стен требуется увеличить толщину слоя теплоизоляции не менее чем на 0,12 м для экструдированного пенополистирола, или на 0,15 м для минераловатных плит. Цена теплоизоляционных материалов составляет не ниже 3000 р./ м^3 . Следовательно, только цена дополнительной теплоизоляции для указанного повышения сопротивления теплопередаче составит не менее 350–450 р./ м^2 . Кроме указанных затрат на теплоизоляцию необходимы дополнительные затраты на другие конструктивные элементы и на работу. Проведенная приближительная оценка окупаемости показывает экономическую нецелесообразность указанного повышения теплозащиты торцевых стен.

Примеры иллюстрируют экономическую абсурдность призывов к повышению нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

В [3] приведены расчетные параметры и результаты расчетов значений ω для регионов России и некоторых зарубежных стран для 2000 г. Вычисленные значения параметра ω для развитых западных стран примерно на порядок выше, чем для России. Такое различие приводит к тому, что повышение теплозащиты ограждающих конструкций, которое не окупается в России, оказывается окупаемым и экономически целесообразным в западных странах. Причины такого различия являются экономическими, обусловленными различием цен на тепловую энергию и величины учетной банковской ставки¹⁰.

Данные расчеты можно уточнять, поскольку расчетные параметры со временем изменяются. Однако основные выводы за 10 лет не изменились. Этих выводов два:

1. В условиях современной России повышение теплозащиты ограждающих конструкций свыше санитарно-гигиенических требований в большинстве случаев экономически невыгодно, поскольку не окупается.
2. В развитых западных странах климатические условия мягче, а экономические условия более благоприятны, чем в России. Вследствие этого в России нельзя непосредственно использовать пример этих стран для повышения теплозащиты ограждающих конструкций.

Заключение

Итак, из аргументов доказывающих необходимость энергосбережения и апеллирующих к макроэкономическим показателям первые три нельзя признать корректными:

1. Среднедушевое потребление энергии в России, с учетом климатических и географических особенностей существенно меньше, чем в Западных стра-

¹⁰ Отличие экономических условий в России и Европе отмечал и В.А. Сокольский 100 лет назад [6].

нах. Этого энергопотребления недостаточно для достижения постиндустриального уровня развития в стране, при котором приоритет переходит от преимущественного производства товаров к преимущественному производству услуг.

2. Высокая энергоёмкость ВВП обусловлена сырьевой ориентацией Российской экономики и большой долей продукции первого передела. Для снижения энергоёмкости ВВП необходимо увеличивать долю услуг в ВВП, по примеру Западных стран. За счет энергосбережения энергоёмкость ВВП существенно снизить не удастся.
3. Проблема необходимости снижения эмиссии углекислого газа с целью предотвращения глобального потепления, по заключению РАН, не имеет научно обоснования. Следовательно, научно обоснованным является и энергосбережение, с целью снижения эмиссии углекислого газа.

Эти аргументы используются для манипуляции общественным сознанием с целью достижения коммерческих (например, увеличение продажи теплоизоляционных материалов) или политических (ограничение энергопотребления в стране) целей. Принимать их для мотивации направления технической политики несерьезно.

Четвертый аргумент – ожидаемый энергетический кризис. В условиях надвигающегося энергетического кризиса следует ожидать нарастающего дефицита энергопотребления в стране, обусловленного невозможностью снизить экспорт энергоносителей при спаде их производства. При этом четвертый аргумент в пользу энергосбережения должен быть сформулирован в таком виде: *существующая в стране экономическая система приведет в ближайшей перспективе к нарастающему дефициту энергопотребления, в*

том числе, в ЖКХ, для уменьшения его влияния необходима реализация энергосберегающих мероприятий.

При этом следует учитывать, что реализация энергосберегающих мероприятий будет проводиться в условиях дефицита инвестиций. Поэтому необходимо тщательно проверять экономическую целесообразность каждого такого мероприятия и выявлять реально достижимые пределы энергосбережения при его реализации. Мероприятие, которое экономически не окупается, по существу, является энергозатратным, а не энергосберегающим. **Пятый аргумент** в пользу энергосбережения, применительно к повышению теплозащиты ограждающих конструкций всегда требует проверки.

В числе энергосберегающих, как одно из многих направлений, может иметь место и повышение теплозащиты ограждающих конструкций. Однако, нормируемый в настоящее время уровень теплозащиты с трудом (и не всегда) достигается. Как показывают простейшие расчеты, дальнейшее **увеличение нормируемой теплозащиты ограждающих конструкций экономически не целесообразно** (отсутствует окупаемость).

Нормирование повышенной теплозащиты стен должно быть широко и всесторонне обсуждено и экономически обосновано. Внедрение ограждающих конструкций с повышенной теплозащитой должно проходить при тщательной проработке проектных решений и сопровождаться экспериментальным строительством. Нормативные требования к теплозащите стен должны следовать за апробированными решениями, а не наоборот, как это осуществляется с 1995 г. до настоящего времени.

Работа, необходимая для написания настоящей статьи выполнена по инициативе автора и никем не финансировалась.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. Температурно-влажностные воздействия и долговечность систем с тонким штукатурным слоем (По материалам статьи Н.М. Künzel, Н. Künzel, К. Sedelbauer «Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedamm-Verbundsystemen», Bauphysik, 2006, Bd. 28, N. 3) // АВОК. 2007. № 6, С. 82–90; № 7, С. 66–74.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Крышов С.И., Пономарев О.И. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки // АВОК. 2009. № 5. С. 48–56; № 6. С. 48–55.
3. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строит. материалы. 2008. С. 41–47.
4. Комзин И., Морозов Н., Богуславский Л. Письмо в «Правду». А тепло идет на улицу // Правда. 24 сентября 1969 г.
5. Сокольский В.А. Принципы экономичности и их выражение в современном строительстве. СПб, 1910. 538 с.
6. Ливчак В.И. Повышать ли уровень теплозащиты зданий? Ответ – «да» // АВОК. 2009. № 7. С. 22–29.
7. Милов Л.В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. М.: РОССПЭН, 2001. 576 с.
8. Гашо Е.Г. Особенности эволюции городов, промузлов, территориальных систем жизнеобеспечения. М.: Центр системных исследований, 2006. 150 с.
9. Клименко В.В. Влияние климатических и географических условий на уровень потребления энергии // Доклады академии наук. 1994. Т. 339. № 3. С. 319–322.
10. Клименко В.В. Россия: тупик в конце туннеля? // Общественные науки и современность. 1995. № 5. С. 71–80.
11. Statistical Yearbook (UN). 52-nd issue. New York, 2008.
12. Кудров В. Производительность труда в промышленности России, США, Германии, Франции и Великобритании // Вопросы экономики. 1999. № 8. С. 112–123.
13. Гагарин В.Г. Энергию надо тратить! // Энергия: экономика, техника, экология. 2002. № 11. С. 23–28.
14. Цибульский В.Ф. Сколько электроэнергии надо России? // Энергия: экономика, техника, экология. 2009. № 2. С. 2–8.
15. Конторович А.Э., Коржубаев А.Г. Энергия рождает энергию. Энергетика в устойчивом развитии мирового сообщества // ЭКО. 2002. № 8. С. 54–66. (Диаграмма опубликована также в статье «Энергетика России: когда наступит завтра?» // Наука и Жизнь. 2006. № 3. С. 3–7.
16. Письмо президента РАН академика Ю.С. Осипова Президенту Российской Федерации В.В. Путину. В кн. «Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола». Материалы совета-семинара при Президенте Российской академии наук. М., 2006. С. 258–259.
17. Илларионов А.Н., Пивоварова Н.А. Экономические последствия ратификации Российской Федерацией Киотского протокола // Вопросы экономики. 2004. № 11. С. 34–59.
18. Лавров Н.П. Топливо-энергетические ресурсы // Вестник РАН. 2006. Т. 76. № 5. С. 398–408.
19. Велихов Е.П., Гагаринский А.Ю., Субботин С.А., Цибульский В.Ф. Энергетические ресурсы планеты и России // Энергия: экономика, техника, экология. 2008. № 2. С. 2–10.
20. Мальцева И.Г. Долговые тенденции экономики России с позиций национальной безопасности // Энергия: экономика, техника, экология. 2009. № 1. С. 30–39.
21. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. М.: МГСУ, 2009. 292 с.