

## Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий

**Васильев Г.П.**

Председатель Совета директоров  
ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

д.т.н.

Проблема выбора рационального уровня теплозащиты зданий представляет собой серьезную задачу для городского хозяйства. В 1998 –1999 годах после реализации в Москве первого этапа повышения теплозащиты ограждающих конструкций было много споров о необходимости дальнейшего ее (теплозащиты) увеличения и целесообразности реализации второго этапа, предусмотренного московскими нормами по энергосбережению МГСН 2.01-99. Эти споры нашли свое отражение в введении в нормы, так называемого «потребительского подхода», который нормирует не теплозащиту ограждающих конструкций, а удельное энергопотребление здания. Тем не менее, несмотря на эти споры, в Москве сегодня уже реализован переход городского строительного комплекса на ограждающие конструкции с теплозащитой, соответствующей второму этапу, и встает вопрос – что делать дальше? Увеличивать уровень теплозащиты зданий, а, может быть, наоборот - снизить существующие нормативы?

По-видимому, ответы на эти вопросы сегодня мы уже не сможем получить, основываясь только на анализе зарубежного опыта энергосбережения и мировых тенденций в этой области. Необходим серьезный численный анализ, учитывающий и специфику нашего климата и особенности городской инженерной инфраструктуры, а также и экологическую ситуацию в городе, ухудшающуюся буквально на глазах, и многое другое. Очевидно, что сегодня уже не корректно формулировать какие-либо требования к оболочке здания без учета его (здания) взаимосвязей с климатом и городской инфраструктурой: городской системой энергоснабжения, инженерными коммуникациями и пр.. Действительно, климатические особенности Москвы таковы, что соотношение необходимых городу энергоресурсов (энергетических нагрузок города) по утвержденному недавно Генеральному плану развития Москвы составит : -в 2005 г. -электрическая нагрузка -12,8 %, тепловая нагрузка –87,2 %;-в 2020 г. - электрическая нагрузка -14,3 %, тепловая нагрузка –85,7 %. При этом, технологические возможности энергогенерирующего оборудования на ТЭЦ таковы, что в комбинированном цикле вырабатывается примерно 40 % электрической энергии и 60 % - тепловой. В перспективе, с внедрением парогазовых станций ( за рубежом они уже давно работают) это соотношение будет приближаться к 50/50, т.е. ТЭЦ сможет вырабатывать 50 % электрической энергии и 50 % тепловой. В итоге, город вынужден часть вырабатываемой электрической энергии (разницу между технологическими возможностями комбинированного цикла и фактической электрической нагрузкой города) отдавать в ЕЭС ( единую энергосистему), что приводит к тому, что экологически не очень чистую технологию сжигания органического топлива мы осуществляем на территории города, а экологически чистый продукт – электроэнергию, поставляем за пределы города в ЕЭС. Понятно, что эту ситуацию нужно исправлять, и одним из возможных путей ее исправления может быть снижение тепловой нагрузки города.

Таким образом, очевидна взаимосвязь климата с рациональным уровнем теплозащиты оболочки зданий не только через расчетные температуры наружного воздуха, продолжительность отопительного периода и прочие, учтенные в существующих нормах климатологические параметры, но и через конфигурацию городской системы энергоснабжения и ее инфраструктуру. Учет этой взаимосвязи позволит «сблизить» технологические возможности ТЭЦ и энергетические нагрузки города.

Рассмотрим более подробно существующую городскую систему энергоснабжения.

Первичное топливо, в основном, природный газ, сжигается в комбинированном цикле на теплоэлектростанциях, где вырабатывается электрическая и тепловая энергия примерно, как уже было сказано ранее в соотношении 40 % электрической энергии и 60 % тепловой. Затем, энергия по электрическим и тепловым сетям доставляется потребителю. Причем, если транспортировка электрической энергии сопряжена с незначительными потерями, то потери тепловой энергии в теплотрассах могут достигать 20 % и более. В качестве иллюстрации этой цифры можно привести результаты энергетических обследований ЖКХ Пушкинского района Московской области, выполненных ОАО « ИНСОЛАР-ИНВЕССТ» в начале этого года. Так, например, в 2001 году средние по ЖКХ потери тепловой энергии в теплотрассах составили 16,7%, а с учетом расхода тепловой энергии на собственные нужды-22,8 %. При этом необходимо отметить, что ЖКХ Пушкинского района является одним из наиболее эффективных среди подобных предприятий области, имеет рациональную организационную и производственную структуры и не выбрасывает тепло и деньги « на ветер».

Долгие годы система энергоснабжения города развивалась практически «автономно» от потребителя. В последние годы в связи с изменением цен на энергетические ресурсы проблема рационального их расходования становится все более и более актуальной. Оказывается, что как для энергосистемы города, так и для ее потребителя (зданий и сооружений), решение этой проблемы сегодня возможно только на основе **нового подхода к рассмотрению комплекса: теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения)+окружающая среда - как единой тепло-энергетической системы**, несмотря на очевидную противоречивость интересов потребителя и энергопроизводящих компаний.

**Первым основным и достаточно очевидным противоречием** является тот факт, что стратегические интересы энергопроизводящих компаний заключаются в максимальном увеличении объема продаж энергетических ресурсов, а стратегические интересы потребителя – в минимальном потреблении последних. Таким образом, если рассматривать проблему энергосбережения отдельно у производителя энергии и отдельно у потребителя (существующее состояние в действующих нормативных документах), то, гипотетически, можно представить себе ситуацию, когда потребитель достигнет уровня энергосбережения в размере 90 % от сегодняшнего. В результате, потери в тепловых сетях могут достичь 200% от энергии полученной потребителем, поскольку потери в сетях определяются в основном температурным режимом теплоносителя и в значительно меньшей степени зависят от количества транспортируемой тепловой энергии. Поясним это примером.

Представим себе район с тепловой нагрузкой 100 МВт. Потери тепловой энергии в сетях составляют, например, 15% или 15 МВт. Тепловая нагрузка непосредственно потребителя - 85 МВт. Предположим, что за счет различных мероприятий по энергосбережению потребитель сэкономил 77,5 МВт ( или 91 %), тогда его тепловая нагрузка будет равна 7,5 МВт, а потери в сетях 15 МВт, то есть 200 % от тепловой нагрузки потребителя.

В итоге, все это приведет к тому, что себестоимость энергии у производителя повысится, поскольку уменьшится объем ее продаж. Так или иначе, в конечном счете, эти издержки оплатит потребитель, который итак уже инвестировал не малые средства в энергосбережение и, как выясняется, часть этих инвестиций возможно была напрасной. С этими проблемами уже сталкиваются некоторые развитые европейские страны. Так, например, Дания уже сегодня вынуждена снижать температуру теплоносителя в магистральных тепловых сетях, поскольку, при очень высоком качестве теплозащиты тепловых сетей теряет в них до 25 % транспортируемой тепловой энергии.

В России это противоречие обостряется еще и изношенным переразмеренным парком энергогенерирующего оборудования и коммуникаций, оставшихся в наследство от «энергорасточительного» СССР, причем, зачастую, основные энергогенерирующие мощности и коммуникации сосредоточены там, где потребитель сегодня отсутствует или резко снизил объемы потребления, и, наоборот, там, где растет потребление энергоресурсов (районы новостройки, коттеджное строительство и т.д.), их сбыт ограничен пропускной способностью электрических и тепловых сетей.

**Вторым противоречием** является различие экологических и потребительских интересов москвичей. С одной стороны, как жители города, москвичи заинтересованы в экологической чистоте городской среды, а с другой стороны, как потребители энергетических ресурсов – в ее (городской среды) загрязнении. Разрешение этого противоречия стоит сегодня на повестке дня у администраций многих крупных городов планеты и фактически является мировой проблемой. Решение ее, по-видимому, будет индивидуальным для каждого города, в зависимости от климатических условий, уровня жизни, условий топливоснабжения и пр.

**Таким образом, очевидно, что существует некий рациональный (возможно оптимальный) уровень энергосбережения у потребителя, который с одной стороны удовлетворяет потребителя, как с точки зрения единовременных капитальных вложений в энергосберегающие и экологические мероприятия, так и с точки зрения эксплуатационных затрат; а с другой стороны обеспечивает достаточные объемы производства энергии и приемлемую структуру ее себестоимости у энергопроизводящей компании.** Другими словами существует целесообразный уровень теплозащиты оболочки зданий, который устраивает потребителя, энергопроизводящие компании и город- с точки зрения экологических последствий сжигания органического топлива. Попробуем численно оценить этот уровень теплозащиты.

На рисунках 1 и 2 приведены диаграммы расчетных энергетических нагрузок и потребляемых за год энергетических ресурсов жилых зданий, построенных в Москве в соответствии с **I этапом** повышения теплозащиты ограждающих конструкций. В качестве **базового эталонного дома** взята **одноподъездная типовая семнадцатизэтажная башня серии 111.355 МО**. Тепловые нагрузки и расходы тепловой энергии увеличены на 25 % - потери в тепловых сетях, электрические нагрузки и расходы электрической энергии увеличены на 5%- потери в электрических сетях.

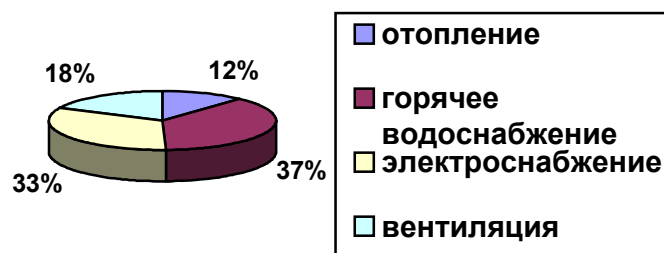


Рис.1. Структура расчетных энергетических нагрузок жилого дома.

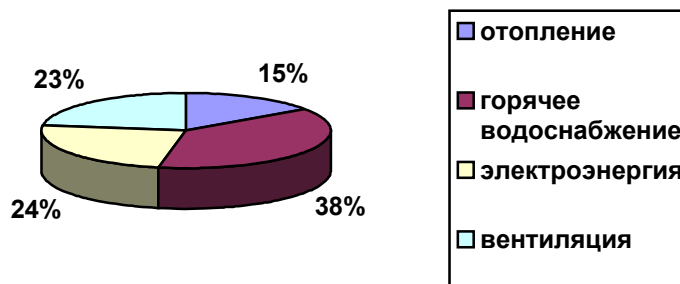


Рис.2. Структура годового потребления энергоресурсов жилым домом.

Для оценки экономически целесообразного уровня теплозащиты зданий была проведена серия «численных экспериментов» на моделях разработанных в ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ». В основу моделей были положены приведенные затраты на строительство и эксплуатацию **комплекса: теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения)+окружающая среда.**

При построении моделей было введено понятие  $dC_{бэ}$  - удорожание себестоимости (дополнительные капитальные вложения) 1 кв. метра жилья за счет внедрения энергосберегающих мероприятий и технологий, \$ США/м<sup>2</sup> квартир, которое при проведении расчетов определялось по следующей формуле:

$$dC_{бэ} = C_{ут} * R_{об} , \quad (1)$$

где:  $C_{ут}$  — стоимость увеличения на 1 м<sup>2</sup> ограждений \*град/Вт обобщенного сопротивления теплопередаче ( $R_{об}$ ) теплозащитной оболочки здания, ((США/м<sup>2</sup> квартир)\* (Вт/(м<sup>2</sup> ограждений \*°С)). В зависимости от типа изоляции ограждений  $C_{ут}$  может изменяться в пределах от 4 до 20 (США/м<sup>2</sup> квартир)\* (Вт/(м<sup>2</sup> ограждений \*°С).

«Численные эксперименты» проводились на примере гипотетического строительства нового жилого района Москвы, состоящего из 1000 (**N**) базовых жилых зданий, с общей площадью квартир (**S общ**) -7 млн.кв.метров и расчетным количеством жителей – 300 тыс.человек.

В таблице 1. приведены основные исходные данные, использованные при проведении расчетов. Часть из них были получены из проектных удельных стоимостных показателей системы энергоснабжения экспериментального района «Куркино».

Таблица 1.

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
Количество базовых зданий в рассматриваемом районе, <b>N</b> .	зданий	1000
Общая площадь зданий, <b>S<sub>общ.</sub></b>	кв.м	7000000
Площадь теплозащитной оболочки базового дома, <b>F<sub>об.</sub></b>	кв.м	5400
Расчетная нагрузка на систему вентиляции базового дома, <b>q<sub>рв.</sub></b>	кВт	270
Расчетная нагрузка на систему горячего водоснабжения базового дома, <b>q<sub>ргв.</sub></b>	кВт	560
Расчетная нагрузка на систему электроснабжения базового дома, <b>q<sub>рэ.</sub></b>	кВт	490
Удельные капитальные вложения в 1 кВт электрической мощности ТЭЦ, <b>k<sub>э.</sub></b>	\$США	860
Удельные капитальные вложения в 1 кВт тепловой мощности ТЭЦ, <b>k<sub>т.</sub></b>	\$США	112
Удельные капитальные вложения в 1 кВт пропускной способности устройств электроснабжения, <b>пэ.</b>	\$США	209
Удельные капитальные вложения в 1 кВт пропускной способности тепловых сетей, <b>птс.</b>	\$США	60
Удельные капитальные вложения в 1 куб.метр/час пропускной способности газовых сетей, <b>пгс.</b>	\$США	313
Стоимость строительства 1 кв.м отапливаемой площади базового дома, <b>C<sub>б.</sub></b>	\$США /кв. м	500
Экологический ущерб от загрязнения окружающей среды при сжигании одной тонны условного топлива, <b>У<sub>экт.</sub></b>	\$США/т у т	0-100
Удельная стоимость (в расчете на 1 кв. метр отапливаемой площади) увеличения на 1 м <sup>2</sup> оболочки *град/Вт обобщенного сопротивления теплопередаче ( <b>R<sub>об.</sub></b> ) теплозащитной оболочки здания <b>C<sub>ут.</sub></b> *).	(\$США/м <sup>2</sup> от.пл.)* Вт/(м <sup>2</sup> оболочки *°С)	4-20
Тариф на тепловую энергию, <b>Ст.</b>	\$США/кВтч	0,02- 0,05
Тариф на электрическую энергию, <b>Сэл.</b>	\$США/кВтч	0,04- 0,08

\*) - в зависимости от типа изоляции ограждений **C<sub>ут.</sub>** может изменяться в пределах от 4 (\$США/м<sup>2</sup> от.пл.)\* (Вт/(м<sup>2</sup> оболочки \*°С)) для многоэтажного нового строительства до 20 (\$США/м<sup>2</sup> от.пл.)\* (Вт/(м<sup>2</sup> оболочки \*°С)) – для реконструкции.

На рисунке 1. представлены результаты первого численного эксперимента в виде зависимости приведенных затрат **П** на строительство и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома от обобщенного сопротивления теплопередаче его

(дома) теплозащитной оболочки  $R_{об}$ . При этом нормативная эффективность капиталовложений ( $E_{нп}$ ) во всех экспериментах была принята равной 10 % в год. В этом эксперименте стоимость энергоносителей принята на сегодняшнем уровне  $C_T = 0,02 \text{ \$США/кВтч}$ , а  $C_{эл} = 0,04 \text{ \$США/кВтч}$ . Экологический ущерб от загрязнения окружающей среды при сжигании одной тонны условного топлива  $Y_{экт}$  принят равным 0, а удельная стоимость увеличения на  $1 \text{ м}^2_{оболочки} \cdot \text{град/Вт}$  обобщенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки здания  $C_{ут}$  принята равной  $4,0 \text{ (\$США/м}^2_{от.пл}) \cdot (\text{Вт}/(\text{м}^2_{оболочки} \cdot \text{°С}))$ . Красной линией на графиках отмечено экономически целесообразное обобщенное сопротивление теплопередаче теплозащитной оболочки здания, при котором приведенные затраты  $\Pi$  на строительство и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома — **МИНИМАЛЬНЫ**.

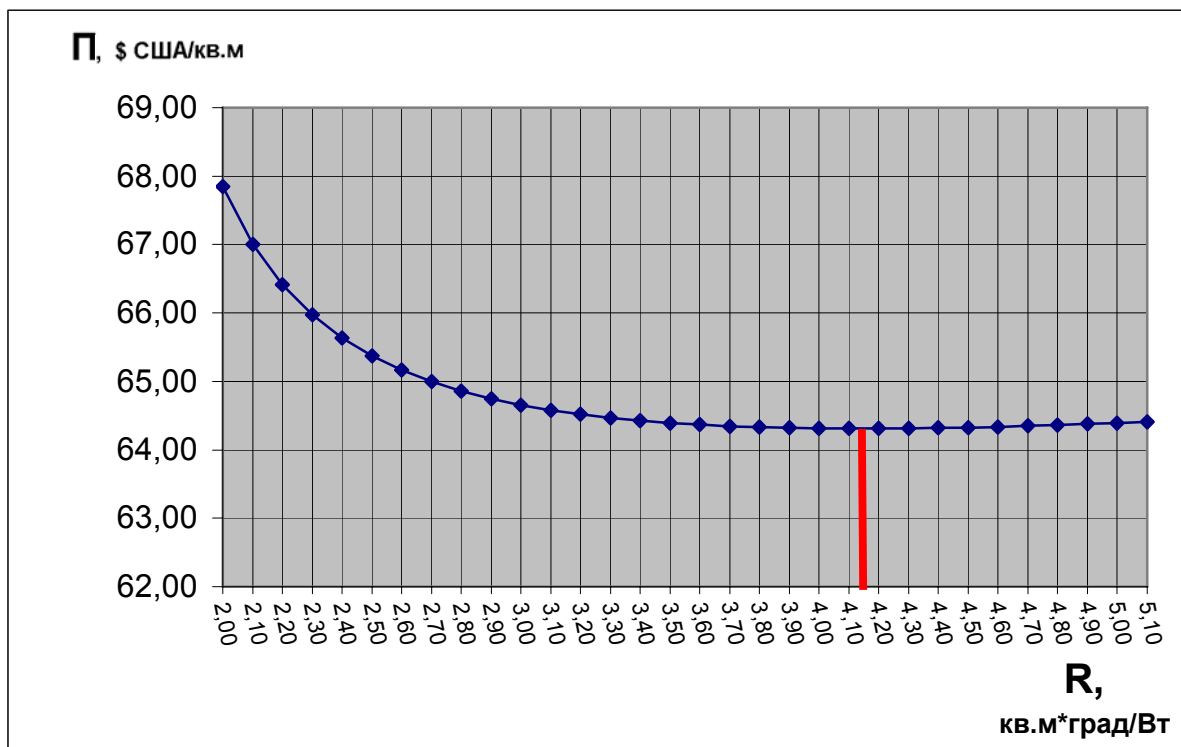


Рис.1. Зависимость приведенных затрат  $\Pi$  на строительство и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома от обобщенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки  $R_{об}$ . Эксперимент 1:  $C_T = 0,02 \text{ \$США/кВтч}$ ,  $C_{эл} = 0,04 \text{ \$США/кВтч}$ ,  $Y_{экт} = 0$ ,  $C_{ут} = 4,0 \text{ (\$США/м}^2_{от.пл}) \cdot (\text{Вт}/(\text{м}^2_{оболочки} \cdot \text{°С}))$ .

При проведении второго эксперимента была изменена только стоимость тепловой и электрической энергии, которые были приняты равными соответственно  $C_T = 0,05 \text{ \$США/кВтч}$  и  $C_{эл} = 0,08 \text{ \$США/кВтч}$ . Эти цифры представляются достаточно обоснованными на перспективу, тем более, что до августа 1998 года мы уже имели такие тарифы на энергоресурсы. Результаты второго эксперимента представлены на рисунке 2.

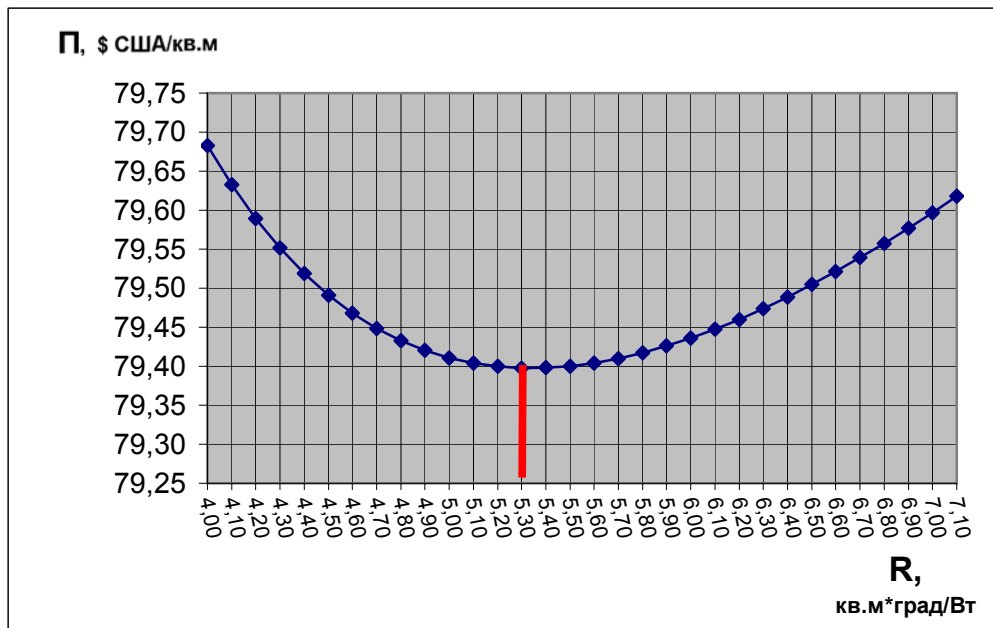


Рис.2. Зависимость приведенных затрат  $P$  на строительство и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома от обобщенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки  $R_{об}$ . Эксперимент 2:  $C_T = 0,05$  \$США/кВтч,  $C_{эл} = 0,08$  \$США/кВтч,  $Y_{экт} = 0$ ,  $C_{ут} = 4,0$  (\$США/м<sup>2</sup> от.пл)\* (Вт/(м<sup>2</sup> оболочки \*°С)).

В третьем эксперименте исходные данные были такими же, как и во втором, но была введена «экологическая составляющая». Другими словами  $Y_{экт}$  была принята равной = 100 \$ США/т у т. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

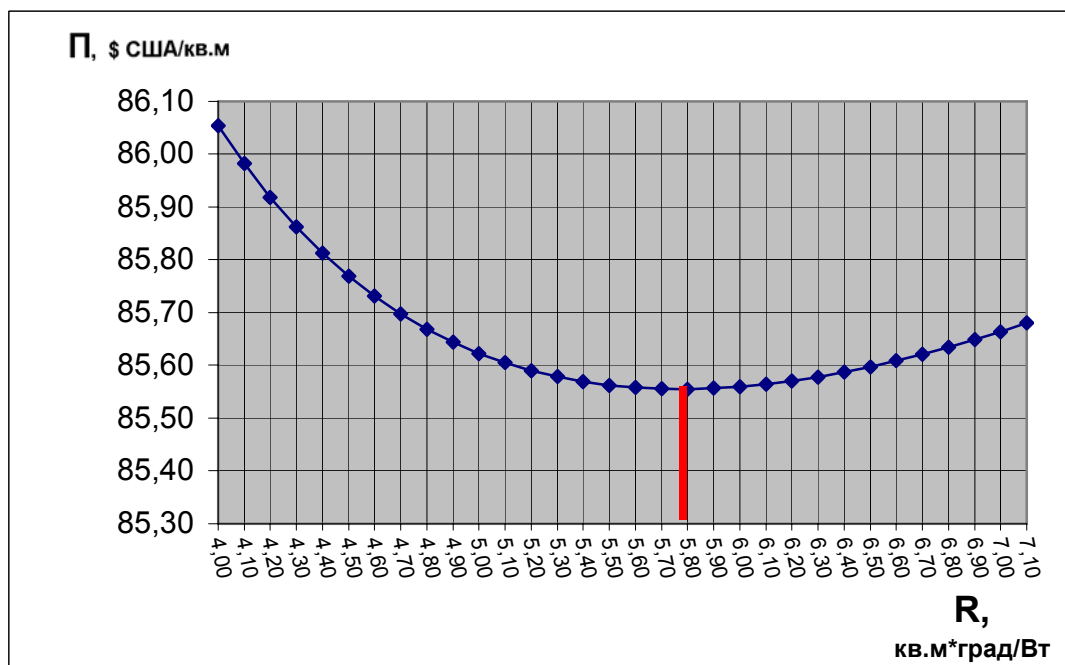


Рис.3. Зависимость приведенных затрат  $P$  на строительство и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома от обобщенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки  $R_{об}$ . Эксперимент 3:  $C_T = 0,05$  \$США/кВтч,  $C_{эл} = 0,08$  \$США/кВтч,  $Y_{экт} = 100$  \$ США/т у т,  $C_{ут} = 4,0$  (\$США/м<sup>2</sup> от.пл)\* (Вт/(м<sup>2</sup> оболочки \*°С)).

Проведенные численные эксперименты показали, что экологическая составляющая в тарифе на энергоресурсы должна быть не менее, чем 100 \$ США за т у т, или 0,012 \$ США за 1 кВтч. В противном случае существенного эффекта в области улучшения экологической обстановки в городе ожидать не приходится.

В четвертом эксперименте был рассмотрен вариант реконструкции существующего жилого фонда, т.е. принят  $C_{ут} = 20$  (\$США/м<sup>2</sup> квартир)\* (Вт/(м<sup>2</sup> ограждений\*°С)). Примерно на этом уровне находятся предлагаемые сегодня технические решения для улучшения теплозащиты ограждающих конструкций существующего жилого фонда. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.

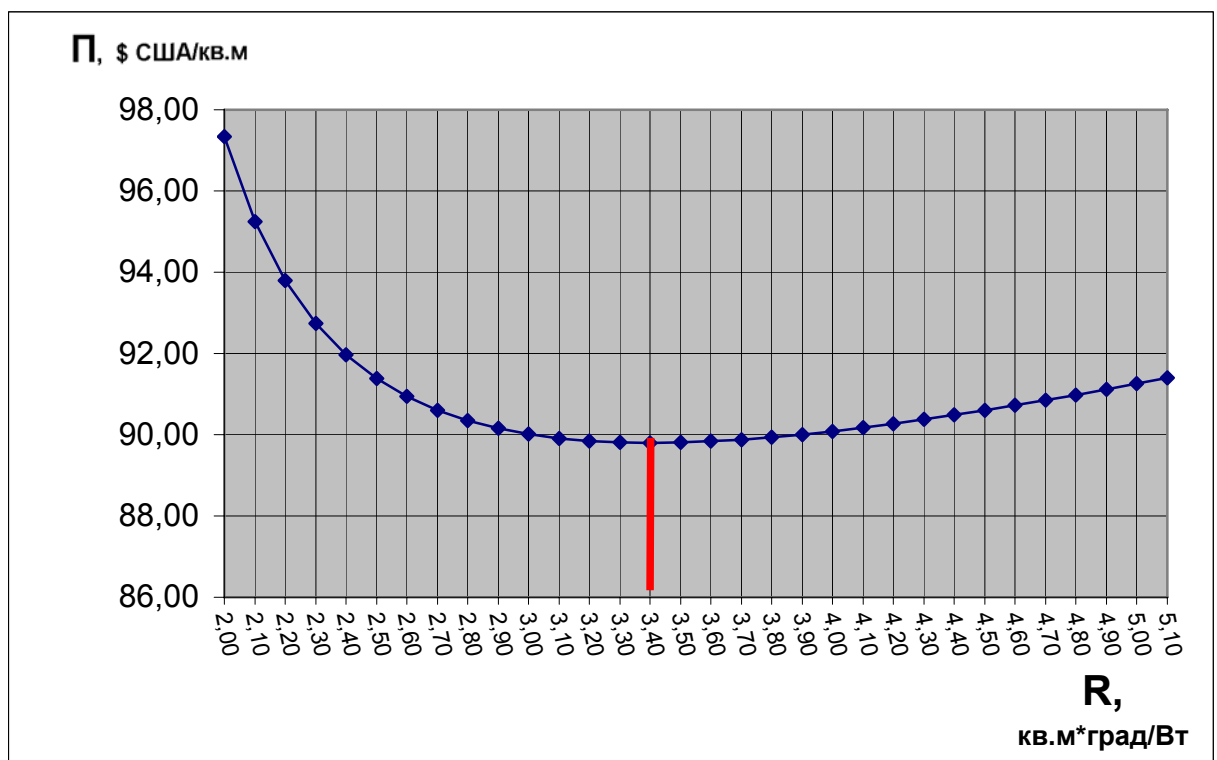


Рис.4. Зависимость приведенных затрат  $\Pi$  на реконструкцию и эксплуатацию 1 кв. метра отапливаемой площади базового дома от обобщенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки  $R_{об}$ . Эксперимент 4:  $C_{т} = 0,05$  \$США/кВтч,  $C_{эл} = 0,08$  \$США/кВтч,  $У_{экт} = 100$  \$ США/т у т,  $C_{ут} = 20,0$  (\$США/м<sup>2</sup> от.пл)\* (Вт/(м<sup>2</sup> оболочки\*°С)).

Таким образом, представленные в статье результаты «численных экспериментов» достаточно наглядно свидетельствуют о том, что проблема повышения уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций в Москве еще не «закрыта», но дальнейшие шаги в этом направлении должны быть сделаны на основе **нового подхода к рассмотрению комплекса: городская система энергоснабжения теплоэлектростанция + тепловые и электрические сети + потребитель (здания и сооружения)+окружающая среда - как единой теплоэнергетической системы,**