

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

### PROSPECTS OF INCREASE OF POWER EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN RUSSIA

В.Г. Гагарин, В.В. Козлов

V.G.Gagarin, V.V.Kozlov

НИИСФ РААСН

*Рассмотрены поставленные задачи повышения энергоэффективности новых и существующих жилых зданий и возможности их решения.*

*Tasks in view of increase energy efficiency of new and existing residential buildings and opportunities of their decision are considered*

#### **1. Цель, современной политики повышения энергоэффективности и общее направление ее достижения.**

Рост интереса к политике повышения энергоэффективности во всех отраслях народного хозяйства, в том числе в строительстве и ЖКХ, инициировано рядом выступлений руководства страны. Цель данной политики поставлена в Указе Президента РФ № 889 от 4 июня 2008 г.: «В целях снижения к 2020 году энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации не менее чем на 40 процентов по сравнению с 2007 годом ...». Важно отметить, что в качестве цели указано снижение энергоемкости ВВП на 40%, а не экономия энергии на 40%, как иногда трактуют этот Указ. Эта цель актуальная и вполне выполнимая. Она означает, что требуется повышение ВВП без увеличения потребления энергии. Такая деятельность и называется энергоэффективной.

В соответствии с постановлением данного Указа в конце 2009 года был принят закон Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Во второй статье этого закона даны определения понятий энергосбережения и энергетической эффективности:

«Энергосбережение - реализация ... мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования ...».

«Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта ...».

Если определенное в законе понятие энергосбережения не противоречит сложившейся практике его использования в строительстве, то определение понятия энергоэффективности требует внимательного отношения к его использованию при оценке энергосберегающих мероприятий.

В Советском Союзе, как и в России традиционно уделялось большое внимание энергосбережению при эксплуатации зданий. Прежде всего, в этой связи следует отметить теплофикацию – централизованное теплоснабжение на базе комбинированного производства электроэнергии и тепловой энергии на теплоэлектроцентралях. Благодаря этому, как отмечено в БСЭ, в 1974 году сэкономилось свыше 30 тонн условного топлива (т у.т.). По развитию теплофикации СССР занимал ведущее место в мире. Развитие многоэтажного жилищного строительства также способствовало значительной экономии энергии, поскольку многоэтажные здания обладают существенно меньшим коэффициентом компактности, что обуславливает меньшие затраты тепловой энергии на отопление одного квадратного метра жилой площади по сравнению с малоэтажными зданиями. Первые нормы по тепловой защите зданий, направленные на энергосбережение были введены в 1939 году [1], примерно за 35 лет до того, когда на эту проблему обратили внимание на Западе.

В настоящей статье рассмотрены возможности энергосбережения при строительстве и эксплуатации современных многоэтажных жилых зданий при условии, соблюдения энергоэффективности применяемых мероприятий. При этом рассматриваются особенности условий эксплуатации зданий в России, отличные от Западной Европы.

## 2. Особенности климата России.

Климатические условия России и их влияние на потребление энергии в стране рассмотрены в [2]. Основные особенности следующие. Распределение температуры по территории страны летом носит обычный характер – чем севернее, тем холоднее. Однако зимой распределение температуры – необычно – чем восточнее, тем холоднее. Это объясняется убывающим влиянием влажного воздуха атлантического океана и возрастающим влиянием сухого воздуха с севера. Это вызывает «нехватку» парникового эффекта над территорией России и, особенно, над Сибирью. Есть понятие «эффективной» территории страны – где среднегодовая температура воздуха выше  $-2^{\circ}\text{C}$ , и высота над уровнем моря ниже 2000 м. Именно на такой территории может быть земледелие и развиваться цивилизация. В России из примерно 17 млн. кв.км только 5,5 млн. кв. км относятся к эффективной территории. По этому показателю Россия занимает лишь пятое место в мире. В то же время, запасы углеводородов и других полезных ископаемых расположены в регионах с низкими зимними температурами, продолжительным отопительным периодом и на неэффективной территории страны, т.е. на территориях с высокими значениями градусо-суток отопительного периода (ГСОП) на Урале и в Сибири. Соответственно, крупные промышленные центры располагаются там же. Наши столицы-мегаполисы расположены в значительно более суровых условиях, чем мегаполисы западных стран с таким же населением. Например, для Москвы с населением свыше 11 млн. человек ГСОП = 5000  $^{\circ}\text{C}$  сут/год, для Лондона и Парижа с населением менее 10 млн. человек ГСОП около 2000 - 2500  $^{\circ}\text{C}$  сут/год. Затраты тепловой энергии на отопление пропорциональны величине ГСОП. Кроме жилых и общественных зданий отапливать надо склады, сельскохозяйственные здания и др., которые в Западной Европе можно не отапливать. Величина ГСОП в России в 1,5 – 3 раза выше, чем в Западной Европе, соответственно только за счет этого затраты энергии на отопление должны быть во столько же раз выше.

Строительство в России всегда велось с учетом климатических особенностей. В частности отличалось большой энергоэффективностью. Первые строительные нормы – «Урочное положение» были введены в действие в 1811 году. Последняя дореволюционная редакция 1914 года [3] содержала требование, что в связи с суровостью климата

для климатических условий местностей к которым относились Москва и С.Петербург, толщина стен верхних этажей устанавливается равной не менее, чем в 2,5 полнотелых кирпича, что соответствует современной толщине стен в 2 щелевых кирпича. Эта норма легла в основу Советских норм. Постепенно требования к теплозащите ограждающих конструкций зданий повышались. Современные требования к стенам выросли по сравнению с дореволюционными более, чем в три раза.

### 3. Структура потребления энергии в здании.

Потребление энергии в здании нормируется в ряде документов. В.В.Целиков предоставил авторам, рассчитанную по нормам для г. Москвы, качественную структуру удельного потребления энергии в панельном односекционном десятиэтажном жилом здании (рис.1). Расчет проводился при норме заселения 20 кв. м на человека.

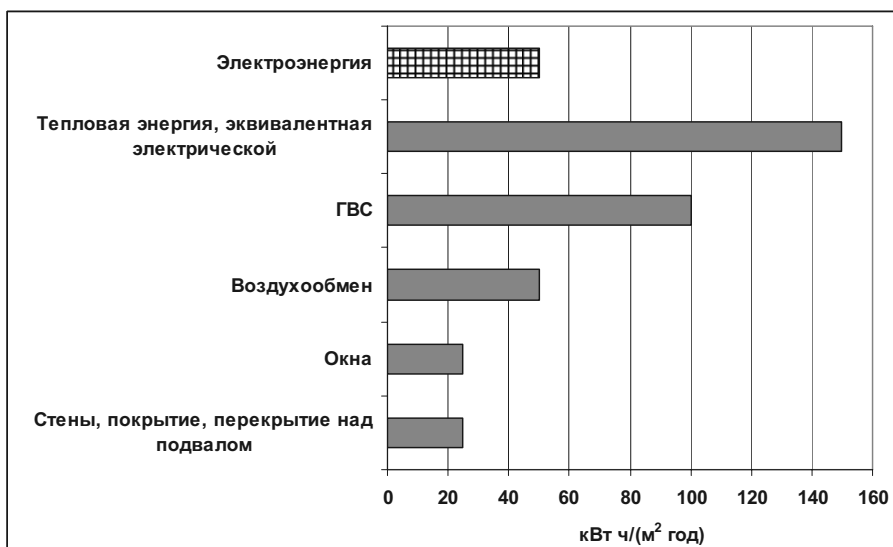


Рис. 1. Структура удельного потребления энергии в панельном односекционном десятиэтажном жилом здании в Москве при норме заселения 20 м<sup>2</sup> на чел

Из представленной структуры следует, что основное потребление энергоносителей приходится на электроэнергию. Причем, большая часть потребляемой электроэнергии приходится на приготовление пищи и использование электробытовых приборов. Но проблемы потребления электроэнергии и ее производства слабо зависят от решений в строительной отрасли.

Примерно половина потребляемой зданием тепловой энергии приходится на ГВС. Из оставшейся половины примерно половина приходится на теплотери вследствие воздухообмена, а другая половина, в свою очередь делится пополам — на теплотери через окна и на теплотери через другие ограждающие конструкции (главным образом через стены). Таким образом, структуру затрат тепловой энергии (т.е. без электроэнергии) можно представить следующим образом: ГВС — 50%, воздухообмен — 25%, теплотери через окна — 12,5%, теплотери через остальную теплозащитную оболочку здания — 12,5%. Подобные данные о структуре потребления тепловой энергии зданием приводят и другие авторы, например [4].

С точки зрения методов регулирования, потребление энергии в здании делится на обусловленное:

а) теплопотерями через теплозащитную оболочку здания, т.е. обусловленные ограждающими конструкциями, формой и объемом здания. Это теплопотребление регулируется строительными мерами и определяются климатическими условиями, а также мероприятиями осуществляемыми на стадии проектирования теплозащиты и строительства зданий.

б) теплопотерями обусловленными вентиляцией. Эти теплопотери хотя и зависят от проектных решений и строительных мероприятий, но определяются главным образом эксплуатацией здания, а также климатическими условиями.

в) созданием необходимой комфортности: горячее водоснабжение (ГВС), освещение, электробытовая техника, лифты. Это потребление энергии практически не зависит от проектирования и строительства, слабо зависят от климата, в основном оно определяется условиями эксплуатации здания.

В зависимости от указанного вида потребления энергии применяются и меры по энергосбережению. Проще всего регулировать теплозащиту – на стадии проектирования и строительства. Сложнее – воздухообмен, эффективность энергосберегающих решений вентиляции зависит от коммунальных служб, поведения жителей и т.д. Энергосбережение при обеспечении комфортных условий: ГВС и потребление электроэнергии, вообще, можно регулировать только тем или иным воздействием на жителей.

#### **4. Регулирование теплопотерь посредством теплозащиты.**

В связи с кажущейся простотой регулирования, неоднократно повышались требования к показателям теплозащиты ограждающих конструкций. Практически все мероприятия по энергосбережению в зданиях сводились к увеличению требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и все резервы здесь выбраны. Современные нормативные значения теплозащиты стен достигли величин, которые трудновыполнимы на практике и дальнейшее их увеличение не приведет к повышению энергоэффективности.

##### **4.1. Требуемые сопротивления теплопередаче стен и теплопотери через 1 кв.м конструкции.**

Российские нормативные требования к теплозащите ограждающих конструкций одни из самых высоких в мире. Основной характеристикой теплозащиты ограждающей конструкции является приведенное сопротивление теплопередаче. Особенностью отечественного нормирования является то обстоятельство, что нормируется именно приведенное сопротивление теплопередаче, которое учитывает влияние теплопроводных включений. Эта характеристика для стен нормируется СНиП [5] и составляет, согласно действующих норм, для Москвы величину  $3,13 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  (эта величина соответствует сопротивлению теплопередаче стены толщиной в шесть кирпичей). Из графика на рис. 2 следует, что изменение сопротивления теплопередаче в диапазоне от 2-х до 3-х  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  мало влияет на изменение теплопотерь через ограждающую конструкцию, поэтому нормы разрешают снижать этот параметр, например для климатических условиях Москвы до  $1,97 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  при условии выполнения норматива по удельному расходу тепловой энергии на отопление. Эта мера, названная «потребительским подходом», позволяет не только удешевить строительство, но и повысить долговечность конструкций, практически без увеличения потребления энергии на отопление. Следует отметить, что повышение сопротивления теплопередаче стен не является безобидным мероприятием, а ведет кроме удорожания строительства к снижению долговечности

стен и здания в целом. Низкая долговечность энергоэффективных конструкций может быть обусловлена как объективными, так и субъективными причинами. Дальнейшее повышение норматива по теплозащите стен не приведет к заметной экономии энергии, но приведет к значительному удорожанию строительства.

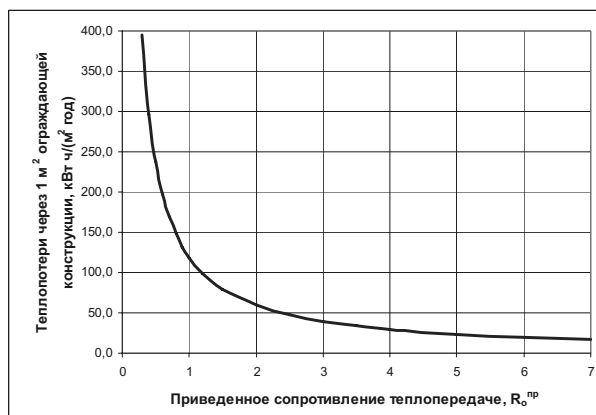


Рис. 2. Зависимость теплопотерь через 1 м² ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче<sup>1</sup>.

#### 4.2. Экономический критерий для возможности повышения теплозащиты ограждающих конструкций.

Экономический критерий заключается в окупаемости единовременных затрат на утепление конструкций [2]. Элементарные вычисления показывают, что при действующей экономической ситуации в России повышение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции от 2 до 3,5 м²·°С/Вт окупится только в случае, когда единовременные затраты не превысят 300 – 350 рублей на 1 м² стены. Таких дешевых способов утепления конструкций практически не существует.

#### 4.3. Основные стеновые ограждающие конструкции, используемые в современном строительстве. Их достоинства и недостатки.

Применяются следующие виды ограждающих конструкций:

Стеновые панели с эффективным утеплителем индустриального изготовления для типовых серий зданий. Такие здания являются одним из наиболее дешевых вариантов строительства. Можно добиться высокого качества изготовления и монтажа панелей. Недостатки - архитектурные ограничения. В настоящее время в Москве разработаны стеновые панели, сопротивление теплопередаче, которых по заявленным характеристикам превосходит 3,13 м²·°С/Вт и даже достигает величины 3,5 м²·°С/Вт. В этих панелях применяется пенополистирол с малой теплопроводностью и, соответственно, с высокой ценой. Попытка поднять сопротивление теплопередаче вызывает повышение стоимости изделий и/или значительную перестройку предприятий, при том, что смена парка форм на заводах представляет большую проблему.

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

Стены из мелкоштучных изделий (мелких блоков), с утеплением эффективными теплоизоляционными материалами или без него, и с облицовкой из кирпичной кладки. Достоинства таких конструкций: дешевизна, большая ликвидность квартир, обусловленная авторитетом кирпичных домов среди населения. Недостатки: потребность в квалифицированных каменщиках, большие проблемы с низкой долговечностью, обусловленной ошибками при строительстве, большая толщина стен, большое влияние теплопроводных включений. Применяемые в настоящее время в Москве блоки из полистиролбетона в системе Юникон – 2 позволяют добиться расчетных значений приведенного сопротивления теплопередаче свыше  $3 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ , но при идеальной кладке (с толщиной кладочных швов 2 мм и т.д.).

Стены с системой скрепленной теплоизоляции с тонким штукатурным слоем. Такие конструкции широко применяются при санации зданий. Достоинства: возможность достижения больших значений сопротивления теплопередаче. Недостатки: потребность в квалифицированных штукатурках, сезонность работ (монтаж проводится при температуре выше  $5^\circ\text{C}$ ), потребность в периодическом ремонте в процессе эксплуатации, высокие требования к качеству строительства стен. Достижение значений приведенного сопротивления теплопередаче свыше  $3\text{--}3,5 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  требует толщины теплоизоляции около 300 мм, что приводит к усложнению монтажа и увеличению стоимости фасада.

Стены с навесными фасадными системами с вентилируемой воздушной прослойкой. Преимущества: Возможность достижения больших значений сопротивления теплопередаче без потери площади земли под застройку, внесезонность работы, пониженные требования к качеству строительства стен, хорошие возможности для новых архитектурных решений. Недостаток: дороговизна. В большинстве конструкций данного вида используется теплоизоляция из минераловатных плит толщиной от 100 до 200 мм. Попытка увеличения слоя теплоизоляции приведет к увеличению вылета кронштейнов, увеличения длины тарельчатых дюбелей, что повлечет нелинейное увеличение стоимости конструкции.

#### **4.4. Энергосберегающие окна.**

Сопротивление теплопередаче современных окон следующее.

В самом дешевом и практически не применяемом варианте сопротивление теплопередаче составляет  $0,35 - 0,38 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  (однокамерный стеклопакет и дешевая рама из трехкамерного профиля).

В наиболее распространенных сейчас вариантах сопротивление теплопередаче составляет  $0,53 - 0,64 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  (двухкамерные стеклопакеты или однокамерные стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытием)

В энергосберегающих окнах производимых сейчас сопротивление теплопередаче составляет  $0,7 - 0,85 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  (двухкамерные стеклопакеты с одним i-стеклом и однокамерные стеклопакеты с i-стеклом и заполнением аргоном, уширенная утепленная рама)

В настоящее время производство способно делать оконные блоки с сопротивлением теплопередаче  $1,3 - 1,8 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  (двухкамерные пакеты с двумя i-стеклами, заполнением аргоном или криптоном, отказ от алюминиевых спейсеров, уширенная утепленная рама).

Кроме установки энергосберегающих окон важным моментом является проработка узла примыкания к стене и оконного откоса.

На данный момент окна имеют наибольший потенциал улучшения теплозащиты и наилучшие показатели по окупаемости утепления. Однако, особенности бизнеса по производству окон и отсутствие спроса на окна с высоким сопротивлением теплопередаче приводит к отсутствию их производства. Требуется направленная политика стимулирования производителей и потребителей к выбору наиболее эффективных решений.

### 5. Влияние формы и объема здания на теплопотери через теплозащитную оболочку здания. Удельная теплозащитная характеристика здания.

Про влияние формы и объема здания на его удельные теплопотери как будто забыли, хотя это было известно, по крайней мере, в 30-х годах [1]. Особенно это относится к архитекторам. Зачастую причудливые формы современных зданий вызывают удивление – не ясно, как они могли пройти экспертизу по энергоэффективности. Оценка формы здания при помощи только коэффициента компактности, как это сделано в СП [6], не всегда приводит к энергоэффективному решению. Во многих работах, например в [7], показано, что теплопотери здания через его теплозащитную оболочку пропорциональны произведению коэффициента компактности на общий коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций здания (трансмиссионный коэффициент). Это произведение часто называют удельной тепловой характеристикой здания, но этим же термином иногда называют и другие показатели здания. Поэтому предлагается называть данную характеристику *удельной теплозащитной характеристикой здания*,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>°C). Физический смысл этой величины заключается в том, что она представляет собой потери тепловой энергии через теплозащитную оболочку одного м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры воздуха в один °C. Общие потери тепловой энергии зданием за отопительный период при этом составляют:

$$Q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot k_{об} \quad (1)$$

Где  $Q$  – потери тепловой энергии через теплозащитную оболочку здания за отопительный период, кВт ч/год;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °C сут./год;

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;

0,024 – размерный коэффициент, переводящий сутки в часы и Вт в кВт.

Из (1) с очевидностью следует, что энергоэффективность теплозащитной оболочки различных зданий надо сравнивать при помощи значения  $k_{об}$ , чем оно меньше, тем меньше потребляет здание энергии на единицу объема (и площади).

В качестве **примера** рассмотрим два условных здания: первое – размером в плане 12×30 м и высотой 36 м, второе – размером в плане 10×10 м и высотой 6 м. Оба здания имеют процент остекленности 20%, приведенные сопротивления теплопередаче стен – 2 м<sup>2</sup>°C/Вт, окон – 0,55 м<sup>2</sup>°C/Вт, перекрытий чердачных и над холодным подвалом – 5 м<sup>2</sup>°C/Вт. Элементарный расчет с использованием формул, представленных в СНиП показывает следующее. Общие коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций зданий (трансмиссионные коэффициенты зданий) равны: 0,655 и 0,598 Вт/(м<sup>2</sup>°C) соответственно. Коэффициенты компактности зданий равны: 0,289 и 0,733 м<sup>-1</sup> соответственно. Значения удельной теплозащитной характеристики зданий равны: 0,189 и 0,372 Вт/м<sup>3</sup>°C соответственно. Следовательно, первое из рассматриваемых зданий, являющееся многоэтажным многоквартирным домом, обладает примерно в 2 раза меньшими удельными (т.е. на 1 м<sup>3</sup> или м<sup>2</sup>) теплопотерями через теплозащитную оболочку, по сравнению с двухэтажным, домом. Можно легко показать, что удельная теплозащитная характеристика второго здания сравняется с этой характеристикой первого здания при условии пропорционального увеличения приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций второго здания в 1,97 раз, т.е. до величин: для стен – 3,94 м<sup>2</sup>°C/Вт, для окон – 1,08 м<sup>2</sup>°C/Вт, перекрытий чердачных и над холодным подвалом – 9,85 м<sup>2</sup>°C/Вт. Данные значения приведенных сопротивлений теплопередаче

труднодостижимы для ограждающих конструкций (за исключением чердачного перекрытия). Однако если построить двухэтажный дом с такими высокими значениями сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, то он получится эквивалентен 12-ти этажной башне по величине удельных теплотерь через теплозащитную оболочку.

В малоэтажном строительстве повышенное сопротивление теплопередаче стен и окон имеют большее значение, чем в многоэтажном. Приведенный пример показывает большие резервы энергосбережения, которые реализуются при многоэтажном строительстве. К резервам энергосбережения относится также и упрощение формы фасада здания.

#### **6. Вентиляция. Особенности организации воздухообмена в помещении и его влияние на энергосбережение.**

Воздухообмен в здании является необходимым по санитарно-гигиеническим условиям. В подавляющем большинстве жилых зданий на территории России воздухообмен осуществляется путем естественной вентиляции, т.е. воздух попадает в квартиру с улицы через неплотности в окнах и через открытые форточки, а выходит через вытяжные отверстия на кухне и в санузлах. В течение отопительного периода путем естественного воздухообмена здание теряет примерно столько же энергии, сколько трансмиссией через оболочку. При установке современных энергосберегающих окон, которые обладают повышенным сопротивлением воздухопроницанию, естественный воздухообмен нарушается, что приводит к необходимости открывания окон, резко снижая тем самым их энергосберегающий эффект. Никаких эффективных энергосберегающих мероприятий при естественном воздухообмене практически не существует. Поэтому в зданиях с установленными энергосберегающими окнами необходимо организовывать принудительную вентиляцию. При такой вентиляции для получения энергосберегающего эффекта необходимо использовать рекуперацию теплоты отработанного воздуха. В новых строящихся домах в целях энергосбережения целесообразна централизованная рекуперация. Следует отметить, что для эффективной работы рекуператора необходима «герметизация» здания, т.е. максимально возможное снижение воздухопроницаемости ограждающих конструкций и узлов их сопряжения. Вследствие этой и некоторых других причин в существующем жилом фонде устройство рекуперации проблематично. Внедрение рекуперации может быть эффективно при новом строительстве.

#### **7. Заключение. Основные мероприятия по повышению энергоэффективности при строительстве новых и ремонте существующих зданий и при их эксплуатации.**

Представляется целесообразным внедрение следующих мероприятий для повышения энергоэффективности при строительстве и эксплуатации зданий.

##### **1. При проектировании зданий.**

При проектировании новых зданий необходимо учитывать региональные особенности. При выборе ограждающих конструкций: финансовые возможности региона, материально-сырьевую базу, климат, наличие квалифицированной рабочей силы, традиции. Необходимо наладить квалифицированную экспертизу проектов, в части проектирования теплозащиты.

##### **2. При строительстве здания.**

Надзор за проведением работ по устройству теплоизоляции.

##### **3. Проверка при сдаче в эксплуатацию здания.**

Контроль качества устройства теплоизоляции – тепловизионный, без определения количественных показателей теплозащиты (высвободившиеся средства направить на экспертизу проектов), поскольку это практически невозможно. При обнаружении дефектов теплоизоляции требовать переделки за счет строителей. При условии качественной экспертизы проекта и контроля качества работ.



#### 4. Кадровое обеспечение.

При подготовке инженерно-строительных кадров восстановить курс Строительной теплофизики, добавив в него принципы энергосбережения в зданиях. Ввести систему переподготовки работающих проектировщиков и ИТР строительных организаций по строительной теплофизике с элементами энергосбережения. Проводить подготовку рабочих по устройству теплоизоляции.

#### 5. При планировании и организации работ по энергосбережению.

Для достижения энергосберегающего эффекта необходимо проводить не «точечное» утепление зданий, а ремонт микрорайонами, только тогда будет ощутимый эффект на ТЭЦ.

Работа по энергосбережению в сфере эксплуатации жилого фонда должна проводиться постоянно. Только такой подход сможет дать некоторый эффект. Нельзя рассчитывать на быстрый эффект, достигаемый простыми и дешевыми способами.

#### *Литература*

1. Нормы и данные для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций производственных и гражданских зданий. II часть. Наружные стены. М., 1939.
2. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010, №3, стр. 8 – 16.
3. Иллюстрированное Уточное положение. Составил Н.И. де Рошефор. Берлин. 1924. 690 С.
4. Васильев Г.П. Основные задачи городской программы об энергосберегающем домостроении в Москве. Энергосбережение. 2009, №4, стр.8 – 12.
5. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. М. 2004.
6. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания. // Журнал АВОК. 2010. №4, стр. 52-60.

#### *The literature*

1. Norms and data for thermo technical calculations of protecting designs of industrial and civil buildings. II part. External walls., 1939.
2. Gagarin V.G. macroeconomical aspects of a substantiation of energy saving actions at increase of a heat-shielding of enclosure of designs buildings. // Building materials. 2010, №3, p. 8 - 16.
3. The Illustrated Fixed position. Constituted N.I. de Roshefor. Berlin. 1924. 690 P.
4. Vasiljev G.P. Primary goal of the city program about energy saving housing construction in Moscow. Energy saving. 2009, №4, стр.8 - 12.
5. SNiP 23-02-2003 Thermal protection of buildings. M. 2004.
6. SP 23-101-2004 Designing of thermal protection of buildings.
7. Gagarin V.G., Kozlov V.V. About a complex parameter of thermal protection of an environment of a building. // AVOK. 2010. №4, p. 52-60.

*Ключевые слова: энергосбережение, тепловая защита зданий, сопротивление теплопередаче, воздухообмен, стены, окна, многоэтажное здание*

*Keywords: energy saving, thermal protection of buildings, resistance to a heat transfer, air exchange, walls, windows, a multi-storey building*

*Адрес: 127238, Москва, Локомотивный проезд. 21.*

*Телефон: (495)-482-40-58*

*E-mail: gagarinvg@yandex.ru*