

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**



УДК 699.86.003.1

**Е.П. ГОРБАНЕВА, Е.В. ОВЧИННИКОВА, К.С. СЕВРЮКОВА,  
А.В. МИЩЕНКО**

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖА)**

В статье определена оптимальная последовательность проведения ремонтных работ и рассмотрены методики внедрения энергоэффективных мероприятий при капитальном ремонте, в том числе европейский проект. На основании анализа энергоэффективных мероприятий был изучен проект по проведению капитального ремонта многоквартирных домов в Воронеже, включенный в «Региональную программу капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах в Воронежской области на 2014–2044 годы» и проведен расчет для определения класса энергоэффективности многоквартирного дома после завершения энергоэффективных мероприятий.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, энергосберегающие технологии, повышение энергоэффективности, многоквартирные дома, класс энергоэффективности.

DOI 10.32683/0536-1052-2020-742-10-41-52

Методика проведения капитального ремонта в многоквартирных домах (МКД) была рассмотрена во многих работах [1–6]. Например, в статье [7] была предложена методика проведения капитального ремонта в соответствии с разработанной укрупненной типологией МКД. Укрупненная типология состоит из основных и вторичных технических параметров здания. К основным параметрам относятся период строительства, конструктивная схема, материал несущих конструкций, перекрытий, крыши и других конструктивных элементов, к вторичным – технические параметры объекта капитального ремонта, высотные параметры, доля в общем объеме жилого фонда и планировочная схема здания.

Многоквартирные дома, попадающие в программу капитального ремонта, анализируются с учетом данных критериев. Реализация проведения ка-

© Горбанева Е.П., Овчинникова Е.В., Севрюкова К.С., Мищенко А.В., 2020

питательного ремонта каждого выбранного МКД осуществляется согласно алгоритму, в который входит составление паспорта объекта МКД, техническое обследование, выбор ремонта конструктивного элемента, составление полного перечня технологических операций по капитальному ремонту каждого МКД, определение объемов работ, а также экономическая оценка затрат капитального ремонта МКД.

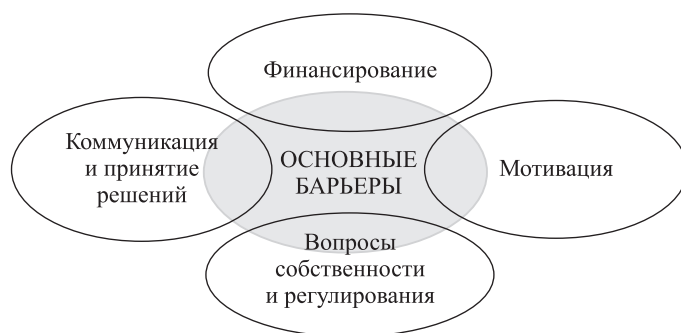
При проведении капитального ремонта жилищного фонда целесообразно учитывать энергоэффективность реализуемых мероприятий. Мероприятия по повышению эффективности энергосбережения в жилых домах предложено разделить на две группы. Первая включает в себя комплекс мало-затратных и среднезатратных, вторая группа – комплекс высокозатратных мероприятий.

Авторами предложена очередность внедрения энергосберегающих мероприятий. В первую очередь необходимо включать организационные мероприятия и системы учета тепловых и электрических ресурсов, затем энергосберегающие мероприятия с наименьшими затратами и с небольшими сроками окупаемости. Мероприятия, сроки окупаемости которых составляют более четырех лет, а также требующие серьезного вмешательства в инженерные сети и строительные системы, рекомендуется внедрять в последнюю очередь [8].

Р.Д. Зильберов [1–3] предложил внедрение энергосберегающих технологий с учетом ресурсных возможностей (финансовые, технические и трудовые ресурсы). Таким образом при проведении капитального ремонта МКД устанавливается оптимальное сочетание последовательной реализации энергосберегающих технологий. Связь между МКД и планируемыми к реализации энергосберегающими технологиями представляется в виде взвешенного ориентированного ациклического графа. Для определения очередности реализации энергосберегающих технологий применяется алгоритм Флойда–Уоршелла [3], который находит кратчайшие расстояния между всеми вершинами взвешенного ориентированного ациклического графа.

В.М. Цыганков [9] рассмотрел увеличение энергетической эффективности здания при проведении капитального ремонта посредством утепления фасадов, предложив учитывать тепловые потери через ограждающие конструкции здания в зависимости от региона. Автором были сделаны выводы о необходимости установить для каждого отдельного региона России свои экономические уровни удельного потребления энергетических ресурсов. Включение тех или иных энергоэффективных мероприятий при проведении капитального ремонта экономически обосновано для конкретного потребителя.

В результате реализации европейского проекта LEAF [10], направленного на решение проблем энергоэффективности МКД, оценка зданий осуществлялась на основе тематических исследований. Привлекались заинтересованные стороны для решения проблем и имеющихся барьеров, возникающих при повышении энергоэффективности многоквартирных домов. По окончании проекта была разработана серия рекомендаций на уровне ЕС и на национальном уровне [10]. Барьеры в проведении капитального ремонта с учетом



Основные барьеры, препятствующие повышению энергоэффективности МКД

энергоэффективности в разных странах отличались, но наблюдалась общая тенденция (рисунок):

1) финансирование – недостаток финансирования, отсутствие субсидий или изменение схемы финансирования, длительные периоды окупаемости;

2) мотивация – отсутствие интереса и мотивации у владельцев МКД и других основных заинтересованных сторон;

3) вопросы собственности и регулирования – недостаточное регулирование для стимулирования;

4) коммуникация и принятие решений – сложность установления и поддержания контакта с владельцами или лицами, принимающими решения о мерах повышения энергоэффективности МКД [10].

Исходя из вышеизложенной информации, можно сделать вывод, что при капитальном ремонте для повышения энергоэффективности жилищного фонда необходимо мотивировать всех участников процесса его организации и финансирования. Государство заинтересовано в повышении энергоэффективности жилищного фонда, так как это связано с общей экономической устойчивостью, рациональным расходованием энергетических ресурсов, решением экологических проблем и т.д.

С целью повышения энергоэффективности многоквартирных домов Правительством Воронежской области была разработана «Региональная программа капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах в Воронежской области на 2014–2044 годы», в соответствии с которой предусмотрен перечень работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных домах и плановый период их проведения.

В качестве примере применения данной программы нами рассмотрен объект МКД капитального ремонта Воронежа. В результате капитального ремонта был выполнен ремонт фасада, систем водоотведения, теплоснабжения, ХВС, ГВС, электроснабжения и ремонт крыши.

После проведения энергоэффективных мероприятий был рассчитан класс энергоэффективности здания в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с изменением № 1)».

**Расчетные условия:**

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты $t_n$	-24 °C
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{от}$	-2,5 °C
Продолжительность отопительного периода $z_{от}$	190 сут
Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)	4275 °C · сут в год
Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты $t_b$	20 °C

**Геометрические показатели здания:**

Сумма площадей этажей здания $A_{от}$	4371,70 м <sup>2</sup>
Площадь жилых помещений $A_{ж}$	3354,00 м <sup>2</sup>
Отапливаемый объем $V_{от}$	10 929,25 м <sup>3</sup>
Коэффициент остекленности фасада здания $f$	0,085
Показатель компактности здания $K_{комп}$	0,51
Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания $A_n^{сум}$	6917,25 м <sup>2</sup>

в том числе:

фасадов $A_{фас}$	5533,8 м <sup>2</sup>
окон и балконных дверей $A_{ок}$	469,68 м <sup>2</sup>
входных дверей $A_{дв}$	31,4 м <sup>2</sup>
чердаков $A_{черд}$	882,37 м <sup>2</sup>

Окон по сторонам света:

СВ	62,25
СЗ	154,00
ЮВ	178,00
ЮЗ	62,25

Площадь входных дверей составляет 0,005 % от суммарной площади ограждающих конструкций, поэтому данной величиной пренебрегаем в дальнейших расчетах.

Коэффициент остекленности фасада здания

$$f = \frac{469,68}{5533,8} = 0,085.$$

Показатель компактности здания

$$K_{комп} = \frac{5533,8}{10929,25} = 0,51.$$

Принимаем нормируемые значения для приведенного сопротивления теплопередачи наружных ограждений.

**Теплотехнические показатели:**

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений

$R_{пр}^0$ , м<sup>2</sup> · °C / Вт, в том числе:

стен $R_{пр. ст}^0$	3,48
окон и балконных дверей $R_{пр. ок}^0$	0,56
входных дверей $R_{пр. дв}^0$	—
перекрытий (совмещенных) $R_{пр. пер}^0$	4,58
чердаков $R_{пр. черд}^0$	4,58

Для заполнения проемов используются деревянные окна с двойным остеклением  $R_{ок} = 0,57 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

**Вспомогательные показатели:**

Общий показатель теплопередачи здания $K_{общ}$	0,38 Вт/м <sup>2</sup> · °C
Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена $n_{в}$	1,43 ч <sup>-1</sup>
Удельные бытовые тепловыделения в здании $q_{быт}$	15 Вт/м <sup>2</sup>

Общий коэффициент теплопередачи здания  $K_{общ}$ , Вт/м<sup>2</sup> · °C, определим по формуле из СП 50.13330.2012

$$K_{общ} = \frac{1}{A_{н}^{сум}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пр}} \right),$$

где  $R_{o,i}^{пр}$  – расчетное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup> · °C/Вт;

$A_{ф,i}$  – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки, м<sup>2</sup>;

$n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете, принимается равным единице;

$A_{н}^{сум}$  – общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, м<sup>2</sup>.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_{в}$ , ч<sup>-1</sup>, рассчитывается по формуле Г.4 СП 50.13330.2012

$$n_{в} = \frac{\frac{L_{вент} n_{вент}}{168} + \frac{G_{инф} n_{инф}}{168 \rho_{в}^{вент}}}{\beta_v V_{от}},$$

где  $L_{вент}$  – количество приточного воздуха в здании при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м<sup>3</sup>/ч,  $L_{вент} = 3A_{ж}$  для жилых зданий;

$n_{вент}$  – число часов работы механической вентиляции в течение недели, ч, принимается равным 168 по числу часов в неделе;

$G_{инф}$  – количество инфильтрующегося воздуха в здании через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода;  $G_{инф} = 0,45 \beta_v V_{общ}$  для жилых зданий от четырех до девяти этажей;

$n_{инф}$  – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и  $(168 - n_{вент})$  для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$\rho_{в}^{вент} = 353 / [273 + t_{от}]$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta_v$  – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций (при отсутствии данных можно принимать  $\beta_v = 0,85$ );

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м<sup>3</sup>;

$q_{\text{быт}}$  – величина бытовых тепловыделений, Вт/м<sup>2</sup>, на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ), принимаемая:

а) для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт / м<sup>2</sup>;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м<sup>2</sup> общей площади и более на человека  $q_{\text{быт}} = 10$  Вт / м<sup>2</sup>;

в) других жилых зданий в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины  $q_{\text{быт}}$  между 17 и 10 Вт / м<sup>2</sup>.

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{6917,25} \left[ \frac{5533,8}{3,48} + \frac{469,68}{0,56} + \frac{882,37}{4,58} \right] = 0,38,$$

$$n_{\text{в}} = \frac{\frac{3 \cdot 3354 \cdot 168}{168} + \frac{0,45 \cdot 0,85 \cdot 10929,25 \cdot 168}{168 \cdot 130}}{0,85 \cdot 10929,25} = 1,43.$$

**Удельные характеристики здания:**

Удельная теплозащитная характеристика здания $k_{\text{об}}$	0,194 Вт/м <sup>3</sup> · °С
Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{\text{вент}}$	0,27 Вт/м <sup>3</sup> · °С
Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания $k_{\text{быт}}$	0,205 Вт/м <sup>3</sup> · °С
Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации $k_{\text{рад}}$	0,032 Вт/м <sup>3</sup> · °С

Рассмотрим значения удельных характеристик здания. Удельная теплозащитная характеристика здания определяется по формуле Ж.1 СП 50.13330.2012

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{V_{\text{от}}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\text{ф},i}}{R_{\text{о},i}} \right) = K_{\text{комп}} K_{\text{общ}},$$

где  $K_{\text{комп}} = 0,51$  (см. геометрические показатели здания), а  $K_{\text{общ}} = 0,38$  (см. вспомогательные показатели).

Удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле Г.2 СП 50.13330.2012

$$k_{\text{вент}} = 0,28 c n_{\text{в}} \beta_{\text{в}} \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}),$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг · К);

$\beta_{\text{в}}$  – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать  $\beta_{\text{в}} = 0,85$ ;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>;

$n_{\text{в}}$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период (аналогично вспомогательным показателям);

$k_{\text{эф}}$  – коэффициент эффективности рекуператора:  $k_{\text{эф}}$  отличен от нуля в том случае, если средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью  $n_{50}$ , ч<sup>-1</sup>, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха

при вентиляции с механическим побуждением  $n_{50} \leq 2 \text{ ч}^{-1}$ ; кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167–2009 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях». Принимаем равным 0,4.

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания рассчитывается по формуле

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})},$$

где  $q_{\text{быт}}$  – величина тепловых тепловыделений (то же, что и во вспомогательных показателях);

$A_{\text{ж}}$  – сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей,  $\text{м}^2$  (см. значение в геометрических показателях здания);

$V_{\text{от}}$  – отапливаемый объем (см. значение в геометрических показателях здания);

$t_{\text{в}}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  (см. значение в расчетных условиях);

$t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  (см. значение в расчетных условиях).

Удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \text{ГСОП}},$$

где  $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$  – теплоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж в год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{\text{ок}} \tau_{\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4),$$

где  $\tau_{\text{ок}}$  – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон, принимаем 0,68;

$\tau_{\text{ок}}$  – коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами заполнения, принимаем 0,8;

$A_{\text{ок}}$  – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям,  $\text{м}^2$ ;

$I$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/ $(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , определяется по СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология» (для Воронежа: СВ/СЗ – 141, С – 31, Ю – 1155, ЮВ/ЮЗ – 865, В/З – 485),

$$k_{\text{ог}} = 0,51 \cdot 0,38 = 0,194,$$

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 0,85 \cdot 1,30(1-0,4) = 0,27,$$

$$k_{\text{быт}} = \frac{15 \cdot 3354}{10929,25 \cdot (20 - (-2,5))} = 0,205,$$

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot 129639,28}{10929,25 \cdot 4275} = 0,032,$$

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = 0,68 \cdot 0,8 \cdot (62,25 \cdot 141 + 178,0 \cdot 865 + 62,25 \cdot 865 + 154,0 \cdot 141) = \\ = 0,68 \cdot 0,8 \cdot (8777,25 + 153\,970 + 53\,846,25 + 21\,714) = 129639,28.$$

**Коэффициенты и комплексные показатели:**

Коэффициент эффективности авторегулирования отопления $\zeta$	0,85
Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление $\xi$	0,1
Коэффициент эффективности рекуператора $K_{\text{эф}}$	0,4
Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период повышения их над теплопотерями $\upsilon$	0,78
Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления $\beta_h$	1,07

$\upsilon$  – коэффициент снижения теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями за счет тепловой инерции ограждающих конструкций определяется по приложению Г СП 50.13330.2012

$$\upsilon = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП} - 1000),$$

$$\upsilon = 0,7 + 0,000025(2475 - 1000) = 0,78.$$

**Комплексные показатели расходов тепловой энергии:**

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период $q_p^{\text{от}}$	0,384 Вт/(м <sup>3</sup> · °С)
Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$	0,372 Вт/(м <sup>3</sup> · °С)
Класс энергосбережения С	
Проект здания соответствует нормативному требованию по теплозащите	

$q_p^{\text{от}}$  – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период:

$$q_p^{\text{от}} = (k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \upsilon \zeta) (1 - \xi) \beta_h$$

$$q_p^{\text{от}} = (0,194 + 0,27 - (0,205 + 0,032) \cdot 0,78 \cdot 0,7) (1 - 0,1) \cdot 1,07 = \\ = 0,384 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°С}).$$

Класс энергоэффективности определяется по величине отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой

$$(q_p^{\text{от}} - q_{\text{от}}^{\text{тр}}) / q_{\text{от}}^{\text{тр}} 100 \%$$

$$(0,384 - 0,372) / 0,372 \cdot 100 \% = 3 \%$$



**Комплексные показатели расходов тепловой энергии:**

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $q$	39,4 кВт · ч/(м <sup>3</sup> · год)
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$	430 595 кВт · ч в год

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ , кВт · ч/(м<sup>3</sup> · год) или кВт · ч/(м<sup>2</sup> · год) следует определять по формуле

$$q = 0,024ГСОПq_p^{от}$$
$$q = 0,024 \cdot 4275 \cdot 0,384 = 39,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год}).$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{от}^{год}$  следует определять по формуле

$$Q_{от}^{год} = 0,024ГСОПV_{от}q_p^{от}$$
$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot 4275 \cdot 10929,25 \cdot 0,384 = 430 595 \text{ кВт} \cdot \text{ч в год}.$$

Согласно СП 50.13330.2012 (табл. 10), класс энергоэффективности объекта  $C$  – *нормальный*.

Благодаря исследованиям отмечено, что при внедрении энергосберегающих мероприятий наблюдается накопительный эффект. Отсюда можно сделать вывод, что эффективность энергосберегающих мероприятий зависит от срока окупаемости мероприятий и времени внедрения в эксплуатацию данного энергосберегающего мероприятия. В результате чего необходимо учитывать полученную экономию не только от внедрения мероприятий, но и от потери при отложенном внедрении энергосберегающего мероприятия.

Для эффективной реализации внедрения требуемых мероприятий при проведении капитального ремонта жилищного фонда следует определиться с наиболее перспективным сочетанием последовательного включения энергосберегающих мероприятий.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Зильберова И.Ю., Петрова Н.Н., Зильберов Р.Д. Общие принципы существующих стратегий реконструкции жилищного фонда, построенного по проектам первых массовых серий // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2.
2. Зильберов Р.Д. Моделирование системы организации внедрения энергосберегающих технологий // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Управление строительством. 2014. № 1. С. 215–220.
3. Зильберов Р.Д. Повышение эффективности ремонтно-строительного производства за счет применения энергосберегающих технологий: Дис... канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2015. 167 с.
4. Шпакова В.А., Горбанева Е.П., Камзолов Ю.В. Проведение капитального ремонта жилищного фонда Воронежской области с применением энергосберегающих технологий // Строительство и недвижимость. 2018. № 1-1. С. 79–83.

5. *Мищенко В.Я., Колодяжный С.А., Горбанева Е.П., Овчинникова Е.В.* Применение алгоритмов поиска кратчайшего пути в ориентированном графе при планировании капитального ремонта жилищного фонда // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году: Сб. науч. тр. РААСН. Т. 2. М.: Изд-во АСВ, 2019. С. 326–337.*
6. *Mishchenko V., Gorbaneva E., Ovchinnikova E., Sevryukova K.* Planning the optimal sequence for the inclusion of energy-saving measures in the process of overhauling the housing stock // *Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 983. P. 79–91.*
7. *Алешин А.Н., Козлов А.В.* Капитальный ремонт и влияние конструктивных особенностей объектов многоквартирных жилых домов на выбор типологии // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Самара, 2016. С. 60–65.*
8. *Грахов В.П., Мохначев С.А., Егорова Е.Г.* Эффективность энергосберегающих мероприятий в жилищном строительстве // *Современные проблемы науки и образования. Пенза: Изд. дом «Академия естествознания», 2015. № 2.*
9. *Цыганков В.М.* Энергоэффективность и энергосбережение при капитальном ремонте зданий // *Энергосовет. 2016. № 1. С. 12–16.*
10. *Improving the energy efficiency of apartment blocks. Low Energy Apartment futures (LEAF) Final report. March 2016. P. 40.*

**Горбанева Елена Петровна**, канд. техн. наук, доц.

Воронежский государственный технический университет

**Овчинникова Елена Викторовна**, асп.

Воронежский государственный технический университет

**Севрюкова Кристина Сергеевна**, асп.

Воронежский государственный технический университет

**Мищенко Андрей Валерьевич**, асп.

Воронежский государственный технический университет

Получено 28.09.2020

**Gorbaneva Elena Petrovna**, PhD, Ass. Professor

Voronezh State Technical University, Russia

**Ovchinnikova Elena Viktorovna**, Post-graduate Student

Voronezh State Technical University, Russia

**Sevryukova Kristina Sergeevna**, Post-graduate Student

Voronezh State Technical University, Russia

**Mishchenko Andrey Valeryevich**, Post-graduate Student

Voronezh State Technical University, Russia

## **ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF ENERGY EFFICIENT MEASURES DURING THE CAPITAL REPAIRS OF APARTMENT BUILDINGS (ON THE EXAMPLE OF VORONEZH)**

When considering the multi-family housing sector, the main problem is saving energy consumption. Since apartment buildings have different technical characteristics, the sequence of repairs depends on what needs to be repaired first. The article discusses methods for implementing energy-efficient measures during major repairs in apartment buildings. In particular, the European project was considered, which was created to identify problems in implementing energy-efficient measures. An analysis of the implementation of energy-efficient measures during the overhaul of an apartment building in Voronezh. The

apartment building is included in the "Regional program of capital repairs of common property in apartment buildings in the Voronezh region for 2014–2044". In this paper, calculations are made to determine the energy efficiency class of an apartment building after energy-efficient measures are carried out.

**Key words:** overhaul, energy saving technologies, energy efficiency improvement, apartment buildings, energy efficiency class.

#### REFERENCES

1. *Zil'berova I.Yu., Petrova N.N., Zil'berov R.D.* Obshchiye printsipy sushchestvuyushchikh strategiy rekonstruktsii zhilishchnogo fonda, postroyennogo po proyektam pervykh massovykh seriy [General principles of existing strategies for the reconstruction of the housing stock, built according to the projects of the first mass series]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2012. No. 4-2. (in Russian)
2. *Zil'berov R.D.* Modelirovaniye sistemy organizatsii vnedreniya energosberegayushchikh tekhnologiy [Modeling the system of organizing the implementation of energy-saving technologies]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Upravleniye stroitel'stvom* [Scientific Bulletin of the Voronezh State Architectural and Construction University. Series: Construction Management]. 2014. No. 1. Pp. 215–220. (in Russian)
3. *Zil'berov R.D.* Povysheniye effektivnosti remontno-stroitel'nogo proizvodstva za schet primeneniya energosberegayushchikh tekhnologiy: Dis. ... kand. tekhn. nauk [Improving the efficiency of repair and construction production through the use of energy-saving technologies: dissertation of the candidate of technical sciences]. Rostov-on-Don, 2015. 167 p. (in Russian)
4. *Shpakova V.A., Gorbaneva E.P., Kamzolov Yu.V.* Provedeniye kapital'nogo remonta zhilishchnogo fonda Voronezhskoy oblasti s primeneniym energosberegayushchikh tekhnologiy [Overhaul of the housing stock of the Voronezh region with the use of energy-saving technologies]. *Stroitel'stvo i nedvizhimost'* [Construction and Real Estate]. 2018. No. 1-1. Pp. 79–83. (in Russian)
5. *Mishchenko V.Ya., Kolodyazhnyy S.A., Gorbaneva E.P., Ovchinnikova E.V.* Primeneniye algoritmov poiska kratchayshego puti v oriyentirovannom grafe pri planirovanii kapital'nogo remonta zhilishchnogo fonda [Application of algorithms for finding the shortest path in a directed graph in planning a major overhaul of the housing stock]. *Fundamental'nyye, poiskovyeye i prikladnyye issledovaniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu: Sb. nauch. tr. RAASN. T. 2* [Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2018: Collection of scientific papers. RAASN. Vol. 2]. Moscow, 2019. Pp. 326–337. (in Russian)
6. *Mishchenko V., Gorbaneva E., Ovchinnikova E., Sevryukova K.* Planning the optimal sequence for the inclusion of energy-saving measures in the process of overhauling the housing stock. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 983. Pp. 79–91.
7. *Aleshin A.N., Kozlov A.V.* Kapital'nyy remont i vliyaniye konstruktivnykh osobennostey ob'yektov mnogokvartirnykh zhilykh domov na vybor tipologii [Overhaul and the impact of design features of multi-apartment residential buildings on the choice of typology]. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo* [Traditions and innovations in construction and architecture. Building]. Samara, 2016. Pp. 60–65. (in Russian)
8. *Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Yegorova Ye.G.* Effektivnost' energosberegayushchikh meropriyatii v zhilishchnom stroitel'stve [Efficiency of energy saving

- measures in housing construction]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. Penza, 2015. No. 2. (in Russian)
9. *Tsygankov V.M.* Energoeffektivnost' i energosberezheniye pri kapital'nom remonte zdaniy [Energy efficiency and energy saving in the overhaul of buildings]. *Energosovet* [Electronic magazine on energy saving and energy efficiency]. 2016. No. 1. Pp. 12–16. (in Russian)
  10. Improving the energy efficiency of apartment blocks. Low Energy Apartment futures (LEAF) Final report. March 2016. P. 40.
-