

## Разработка предложений по повышению энергоэффективности многоквартирных жилых домов массовой застройки

И.Ю. Зильберова, К.С. Петров, Р.Д. Зильберов  
ФБГОУ ВПО РГСУ, Ростов-на-Дону

Выбор темы обусловлен тем, что в России основной потенциал энергосбережения находится в строительном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве, поскольку именно здесь заложены перспективы реальной экономии энергоресурсов.

Мировой опыт показал, что технологически развитые страны, которые достигли существенного прогресса в области энергосбережения, имели законодательную, правовую и финансовую поддержку со стороны законодательных и правительственных органов. В РФ на сегодняшний день разработаны нормативно-правовые основы энергосбережения для ЖКХ. Основные законодательные акты разработаны на 3 уровнях:

1 - Федеральные законы, Указы и Постановления Президента Российской Федерации;

2 - Документы Федеральных органов исполнительной власти;

3 - Документы региональных органов власти.

Основным документом в области энергоэффективности является Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009г «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», который регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. В законе определено, что с точки зрения экономии энергии мероприятия по повышению энергоэффективности могут быть разделены на энергетически обязательные и энергетически необязательные мероприятия

Исследование проводилось на объектах г. Ростова-на Дону. На начальном этапе в работе была проведена комплексная оценка жилищного фонда г. Ростова, которая основана на результатах инвентаризации объектов жилищного фонда и мониторинге его технического состояния. В результате было установлено, что основная масса объектов требующих проведение обязательных мероприятий по энергосбережению приходится на 4-9 этажные объекты. Для проведения дальнейших исследований в качестве объектов представителей были выбраны пятиэтажные здания, т.к. они составляют 60% (707 зданий) от объектов на которых проведение капитального ремонта с мероприятиями по энергосбережению является экономически целесообразным.

Оценка комплекса энергосберегающих мероприятий проводилась на примере 8 объектов, которые характеризуют пятиэтажные объекты жилищного фонда г. Ростова-на-Дону. На первом этапе был проведен анализ технического состояния объектов который показал, что практически все объекты имеют схожие проблемы. Следующим этапом было определено соответствие энергетических и теплотехнических параметров тепловой защиты зданий, и установлен класс энергетической эффективности зданий. Для этого было проведено тепловизионное обследование основанное на съемки ограждающих конструкций здания тепловизором ThermoCAM™ P65 и приборного обследования теплотехнических свойств ограждающих конструкций. Тепловизионное обследование проводилось в натуральных условиях 26 февраля 2011 г.

Класс энергетической эффективности семи жилых домов установлен как Е «очень низкий», один дом имеет класс D «низкий». Далее в работе был проведен анализ изменения класса в зависимости от реализации энергосберегающих мероприятий. На основании данной информации можно сделать вывод, что уже после проведения мероприятия по повышению теплозащиты наружных стен существующих зданий класс энергетической эффективности изменяется до нормативного значения С «нормальный».

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным является проведение комплекса энергосберегающих мероприятий, но так как единовременные затраты по финансированию ложатся на собственников квартир многоквартирных домов (МКД) и являются достаточно ощутимым бременем, то наиболее целесообразным является поэтапная реализация. В качестве первоочередных мер по

изменению класса энергетической эффективности предлагается проведение мероприятия по повышению теплозащиты наружных стен.

Проведя анализ существующих методов теплозащиты наружных стен для повышения энергетической эффективности объектов жилого фонда было предложено использование в качестве утеплителя пенополиуретаны. Пенополиуретаны (ППУ) - легкие и прочные материалы, обладающие своеобразной структурой, подобной застывшей пене, в строительстве используют как жесткие, так и напыляемые. Сегодня наибольшее применение имеют жесткие ППУ. Однако напыляемый ППУ имеет ряд существенных преимуществ, к которым можно отнести: напыляется практически на любые материалы не зависимо от конфигурации поверхности; отсутствует необходимость в специальном крепеже изоляции; отсутствие монтажных стыков; продолжительность, трудоемкость и стоимость комплекса работ минимальны по сравнению с другими методами утепления.

Проанализировав существующие технологические схемы производства работ при напылении ППУ была определена необходимость в разработке методики выбора технологических схем производства работ по утеплению ограждающих конструкций зданий напыляемым ППУ для повышения энергетической эффективности объектов жилого фонда.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать технологии нанесения ППУ на стеновые ограждающие конструкции;
- необходимо определить факторы, влияющие на основные организационно-технологические показатели и разработать методику оценки технологических схем производства работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций жилых зданий напылением ППУ для повышения энергетической эффективности объектов жилого фонда;
- провести оценку технологических схем производства ремонтных работ по устройству теплоизоляции стеновых ограждающих конструкций жилых зданий напыляемым ППУ с определением их экономической эффективности.

При разработке методики оценки технологических схем производства работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций жилых зданий напылением пенополиуретана были проанализированы технологические схемы производства работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций напылением ППУ с инвентарных трубчатых лесов и с навесных люлек, а также построен график изменения себестоимости ремонта кв.м. фасада в зависимости от трудоемкости работ и вида подъемного оборудования.

Вследствие этого была выдвинута гипотеза, что факторами оказывающими влияние на основные организационно-технологические показатели являются толщина теплоизоляционного слоя из напыляемого ППУ и протяженность здания в плане. Так как толщина теплоизоляционного слоя из напыляемого ППУ определяет расход материала на утепление здания и, таким образом, прямо влияет на стоимость комплекса работ и на производительность ведущего механизма - установки для напыления ППУ.

Протяженность здания в плане определяет количество перестановок инвентарных трубчатых лесов или количество перенавесок люлек и, следовательно, влияет на продолжительность, трудоемкость и сметную стоимость комплекса работ.

Для установления зависимостей между трудоемкостью, сметной стоимостью и продолжительностью выполнения комплекса работ, - с одной стороны, толщиной теплоизоляционного слоя и архитектурно-конструктивным решением здания, - с другой, был проведен активный факторный эксперимент.

На основании результатов обследований жилых домов выполнены расчеты по определению необходимой толщины дополнительного теплоизоляционного слоя из ППУ. Расчетами, было установлено, что толщина слоя напыляемого ППУ должна находиться в пределах 10...45 мм., длины зданий от 90 до 400 в результате было проведено 88 опытов.

В принятых интервалах использовалась линейная модель описания, т.е. принималось, что в этих интервалах факторы варьирования представляют собой зависимости первого порядка.

$$Y_1=f(x_1) \quad (1)$$

$$Y_2=f(x_2) \quad (2)$$

Основные факторы вычислялись по уравнениям вида:

$$Y = Q_0 + Q_1X_1 + Q_2X_2 + Q_3X_1X_2 \quad (3)$$

В результате реализации эксперимента были исследованы следующие характеристики:

$Y_1$  - трудоемкость (чел.-час);

$Y_2$  - продолжительность работ (час);

$Y_3$  - сметная стоимость работ (руб.).

Коэффициенты уравнений регрессии были определены из выражения (3), полученные коэффициенты в уравнениях регрессии значимы, гипотеза адекватности модели в проверке не нуждается (табл.1, 2).

Таблица 1 - Математические модели описания в кодированных переменных

Вариант	Уравнение регрессии
Вариант I (для производства работ с лесов)	$Y_1 = 3605,58 + 504,17X_1 + 1922,33X_2 + 256,84X_1X_2$ $Y_2 = 156,1 + 17,05X_1 + 64,55X_2 + 8,7X_1X_2$ $Y_3 = 15261,5 + 5479,5X_1 + 6433,5X_2 + 4189,5X_1X_2$
Вариант II (для производства работ с люлек)	$Y_1 = 3146,25 + 504,17X_1 + 1625,07X_2 + 256,83X_1X_2$ $Y_2 = 131,35 + 17,056X_1 + 58,195X_2 + 8,695X_1X_2$ $Y_3 = 14922,25 + 5479,75X_1 + 6213,75X_2 + 4189,25X_1X_2$

Таблица 2 - Математические модели описания в абсолютных переменных

Вариант	Уравнение регрессии
Вариант I (для производства работ с лесов)	$Y_1 = 460,22 + 6,14X_1 + 9,13X_2 + 0,088X_1X_2$ $Y_2 = 50,54 + 0,204X_1 + 0,306X_2 + 0,00299X_1X_2$ $Y_3 = 6891,15 - 57,87X_1 - 0,93X_2 + 1,44X_1X_2$
Вариант II (для производства работ с люлек)	$Y_1 = 461,19 + 6,14X_1 + 7,34X_2 + 0,088X_1X_2$ $Y_2 = 36,25 + 0,204X_1 + 0,268X_2 + 0,00299X_1X_2$ $Y_3 = 6892,1 - 57,87X_1 - 2,25X_2 + 1,44X_1X_2$

Рассматривая математические модели, можно сделать следующий вывод: для параметров оптимизации  $Y_1$  (трудоемкость),  $Y_2$  (продолжительность работ),  $Y_3$  (сметная стоимость работ) коэффициенты уравнений регрессии имеют знак "плюс". Уменьшение значений влияющих факторов  $X_1$  и  $X_2$  (длина здания в плане и толщина теплоизоляционного слоя из ППУ) ведет к уменьшению параметров оптимизации  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ , а в данном случае задача как раз и состоит в их минимизации.

Процент влияния факторов на трудоемкость, продолжительность и сметную стоимость работ приведен в табл.3.

Таблица 3 - Степень влияния факторов на значения параметров оптимизации

Вариант	Показатели	Влияние факторов на параметры оптимизации, %	
		Толщина теплоизоляционного слоя, мм ( $X_1$ )	Протяженность здания в плане, м ( $X_2$ )

Вариант I (для производства работ с лесов)	Трудоемкость	20,8	79,2
	Продолжительность	20,9	79,1
	Сметная стоимость	46,0	54,0
Вариант II (для производства работ с люлек)	Трудоемкость	23,7	76,3
	Продолжительность	22,7	77,3
	Сметная стоимость	46,9	53,1

Модели были составлены для двух технологических схем: при производстве с инвентарных трубчатых лесов и с навесных люлек. В работе получены результаты расчетов трудоемкости, продолжительности, стоимости по каждой технологической схеме производства работ. Для наглядности и удобства применения на практике были построены графики, дающие возможность определять любые промежуточные значения переменных величин.

Далее в работе была проведена производственная проверка результатов исследований. Проверка проводилась на 5-этажном жилом доме расположенном в г. Ростове-на-Дону.

Для проверки достоверности результатов проведенных исследований и определения надежности разработанной методики оценки технологических схем производства работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций жилых зданий напылением ППУ были составлены технологические карты по двум вариантам технологических схем производства работ ТС №1 с навесных люлек и ТС №2 с инвентарных лесов.

Производственная проверка результатов проведенных исследований показала наличие отклонений от расчетных показателей в пределах 2% , что и подтвердило репрезентативность полученных результатов, надежность разработанной методики оценки технологических схем производства работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций жилых зданий напылением ППУ

По результатам анализа организационно-технологических показателей было установлено, что выполнение комплекса работ по утеплению стеновых ограждающих конструкций напыляемым ППУ на данном объекте необходимо выполнять с инвентарных трубчатых лесов. Выбор ТС № 2 обусловлен снижением стоимости работ на 2%, трудоемкости 18%, продолжительности на 19%.

Финансирование ремонтных работ проводилось в рамках региональной адресной программы по капитальному ремонту многоквартирных домов, финансируемых с участием средств государственной корпорации – фонда содействия реформированию ЖКХ: 95% за счет средств Фонда содействия реформированию ЖКХ, 5% - за счет жильцов. Сравнительный анализ потребления тепловой энергии жилым зданием за отопительный 2012 г. по отношению к 2011 г. показал, что потребление снизилось на 37,5% , стоимость платы за отопление на 1 м2 на 39,1% .

Период окупаемости данного мероприятия, при 5% финансировании и условии платы за отопление по неизменной ставке, составил – 9мес. Учитывая тот факт, что деятельность Фонда в 2012г. прекратилась и работы должны осуществляться полностью за счет собственников, период окупаемости составляет 27 мес.