

УДК 62.69

Комплексная методика расчёта эффектов энергосервисного контракта
для образовательных бюджетных учреждений

Гужов С.В.

The complex technique of calculation of the effects of energy service
contract for municipal educational institutions

Guzhov S.V.

Внедрение такого механизма государственно-частного партнёрства, как энергосервисные контракты, сталкивается в России с рядом сложностей. В статье рассмотрены проблемы связанные с верификацией технологического эффекта, экономического эффекта. Показаны индикаторы социальных эффектов. Дано описание существующих методик верификации технологического эффекта, описана разработанная методика. Показано сравнение описанных методик. Показано преимущество разработанной отечественной методики верификации данных на примере технико-экономических расчётов для существующего объекта.

Ключевые слова: энергосбережение, методика верификации данных, социальный эффект, функция состояния качества жизни, экономический эффект, дисконтирование, технологический эффект, погрешность, корректировка к стандартным условиям, точность, доверительный интервал.

Гужов Сергей Вадимович, к.т.н., старший преподаватель, ведущий инженер отдела энергоменеджмента НИУ «МЭИ», Россия, 111250, Москва, , Красноказарменная улица, дом 14, GuzhovSV@yandex.ru, (965) 294-9111

Guzhov Sergey Vadimovich, candidate of technical Sciences, senior lecturer, senior main engineer of the Department of energy management, the national research UNIVERSITY "MPEI", Russia, 111250, Moscow , Krasnokazarmennaya street, the house 14, GuzhovSV@yandex.ru, (965) 294-9111

Энергосбережение в бюджетном секторе – одна из приоритетных задач для Российской Федерации. основообразующим законом данной сферы является 261-ФЗ «Об энергосбережении...», для субъекта РФ – г.Москвы - используется Закон г. Москвы от 05.07.2006 N 35 "Об энергосбережении в городе Москве". Каждый орган, в т.ч. исполнительной власти субъекта РФ, в рамках Гос. Задания реализует «Подпрограммы энергосбережения...». Основным механизмом менеджмента вовлечения частных организаций является договор на оказание энергосервисных услуг (энергосервисный контракт).

В реализации энергосервисного контракта (ЭСК) выделяют стороны:

1. Инициатор - орган государственной власти, имеющий право распределять бюджетные ассигнования;

2. Заказчик - орган исполнительной власти;
3. Исполнитель - организация, осуществляющая ЭСК;
4. Инвестор - банк, оказывающий Исполнителю услуги по обеспечению доп. объёмом денежных средств;
5. Потребитель - группы людей, пользующиеся достигнутыми улучшениями в процессе выполнения своих непосредственных обязанностей.
6. Эксперт – независимая организация, выполняющая функцию привлеченного специалиста для решения споров о соблюдении условий энергосервисного контракта, объёмов выплат и пр.

В рамках бюджетных организаций Пользователями могут являться, например, обучающиеся и их родители. Представители перечисленных заинтересованных сторон имеют разные индикаторы отношения к результатам ЭСК. Проведённый анализ и опросы показали следующие приоритетные для обучаемых и их родителей аспекты инноваций и нововведений в образовательных учреждениях (в порядке убывания важности):

1. Степень здоровье сбережения улучшений (влияние на слух, зрение, осанку, обоняние и осязание, гармоничное развитие личности, адаптированность для возраста и т.п.);
2. Степень безопасности улучшений (травматическая безопасность, вандалостойкость, применение экологически и физиологически безопасных материалов, пожаробезопасность и т.п.);
3. Степень экологичности улучшений (безопасность утилизации и длительной эксплуатации и т.п.);
4. Степень энергетической эффективности улучшений (насколько новое оборудование потребляет ресурсов меньше, чем предыдущее);
5. Экономические показатели (снижение нагрузки на бюджет ГРБС);
6. Соответствие социальной политике города (решения не должны приводить к уменьшению рабочих мест, снижению ЗП, к ухудшению условий работы и т.п.);
7. Повышение качества жизни населения и средней заработной платы специалистов затронутых производств;
8. Улучшение условий быта и труда затронутых групп населения;
9. Снижение криминогенности на территории затронутых объектов;
10. Повышение социальной стабильности;
11. Степень удобства и комфорта деятельности монтирующей и эксплуатирующей организаций;
12. Необратимость изменений основных фондов организации, (возможность восстановления состояния фондов до исходного уровня).

I Социальная эффективность и методика расчёта соответствующих индикаторов, актуальных для Потребителя, обладают комплексностью, ярко выраженной социальной направленностью, малой корреляцией с экономическими показателями проекта. При обработке большого объёма первичных данных используется математический аппарат, позволяющий учитывать степень размытости и неопределенности исходной информации, из

теории нечетких множеств [1], [2], [3], [4], [5], [6]. Выражается метод функцией состояния качества жизни: В оценке социального эффекта инновационных процессов используется метод векторной оптимизации оценки качества жизни по периодам вхождения новшеств в оборот через отслеживание и измерение изменения значения функции состояния качества жизни [7, Глава 2, п. 7]:

$$K_{1..n} = f_1(x_1 \dots x_m) = f_n(x_1^{(n-1)} + \Delta x_1^{(n)} \dots x_m^{(n-1)} + \Delta x_m^{(n)}), \text{ где} \quad (1)$$

$K_{1..n}$ - показатель уровня качества жизни по функциям $1 \dots n$;

f_1, f_2, f_n - функции качества жизни, последовательно включаемых в оборот инновационных процессов;

$x_1 \dots x_m$ - показатели векторов (социальных результатов), отражающие показатели качества жизни по функциям ($i \dots n$);

$\Delta x_{1..m}$ - величина приращения векторов по функциям $1 \dots n$.

II Экономическая эффективность инвестиционных мероприятий, организованных в рамках энергосервисного контракта для сторон 1-4, оцениваются на основе существующих российских и мировых методик, проработанных в середине-конце XX-го века.

В настоящее время существует несколько методов оценки экономической эффективности проекта с учётом изменения стоимости денежных средств, которыми пользуются в Европе и США [8], [9].

Чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий.

В условиях монополии рынка энергосберегающих мероприятий и энергосервисных услуг, развитие инфраструктуры бюджетных организаций возможно обеспечить за счет согласования интересов Потребителей и Заказчиков и Исполнителей энергосберегающих услуг. В литературе [10] предлагается в качестве критерия экономической оценки эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий можно принять интегральный эффект [11], [12] (чистый дисконтированный доход за расчетный период), который определяется по выражению:

$$\mathcal{E}_{инт} = \sum_{t=0}^T \frac{(R_t - Z_t)}{(1 + E_t)^t}, \text{ где} \quad (2)$$

T – горизонт расчёта;

t – номер шага расчёта;

R_t – результаты (принимаются сэкономленные затраты), достигаемые на t -ом шаге расчёта;

Z_t – затраты, связанные с реализацией энергосберегающих мероприятий на t -ом шаге расчёта;

E_t – норма дисконта на t -ом шаге расчёта.

Расчет текущей стоимости ежегодной экономии - PV [11]:

$$PV_{AS} = \sum_{t=1}^{T_0} PV_t = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{AS_t}{(1 + r)^t}, \text{ где} \quad (3)$$

PV_{AS} - текущая стоимость годовых сбережений

T_0 - общее кол-во лет в анализе. Принимаем для анализа $T_0=5$ лет.

AS_t - годовая экономия в год t .

Расчет текущей стоимости инвестиций [11]:

Инвестиции последнего года – это затраты на вывод из эксплуатации (если есть) минус остаточная стоимость оборудования.

$$PV_I = \sum_{t=1}^{T_0} PV_t = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{\text{инвестиции}_t}{(1+r)^t}, \text{ где} \quad (4)$$

PV_I - текущая стоимость инвестиций

I_t - инвестиции в год t

Расчет чистой текущей стоимости (чистого дисконтированного дохода) - NPV [11] чистый дисконтированный доход (ЧДД), чистая приведенная (или чистая современная) стоимость, интегральный эффект, Net Present Value (NPV) [10]:

$$NPV = PV_{AS} - PV_I, \text{ где} \quad (5)$$

Если $NPV > 0$, то проект – рентабелен (экономически целесообразен).

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \text{ где} \quad (6)$$

B – доходы;

C – затраты;

i – процентная ставка;

t – период.

Расчет нормы прибыли (индекс доходности) (SIR) [10]:

$$SIR = \frac{PV_{AS}}{PV_I} \quad (7)$$

SIR показывает относительную целесообразность проекта, выраженную в процентах. Если $SIR > 1.0$, то проект принесет больше денег, чем на него потрачено.

Расчет внутренней нормы прибыли (внутренней нормы доходности) (ВНД) [11], Internal Rate of Return (IRR). Смысл IRR состоит в определении максимальной ставки платы за привлеченные источники финансирования, при которой проект остается безубыточным. IRR – это гипотетическая процентная ставка, при которой $SIR = 1.0$ или $NPV = 0$. Если $IRR \geq$ процентной ставки в анализе, то инвестиции оправданы (экономически целесообразны).

В случае заключения ЭСК основная задача состоит в выборе лучшего энергосберегающего мероприятия из нескольких предложений. Решение об инвестировании проекта должно приниматься с учетом знания всех критериев и интересов всех участников инвестиционного проекта. Анализ методов социальной, технической, экономической оценки эффективности инвестиций и их влияние на отбор проектов показан в Таблице 1 [7], [4], [5], [6].

Таблица 1.

Анализ методов оценки эффективности инвестиций в условиях рынка

Число проектов	Ограничения по инвестициям	Критерии отбора
----------------	----------------------------	-----------------

Один	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
Несколько	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
	Есть	$SIR > 1$, ранжирование по степени снижения SIR

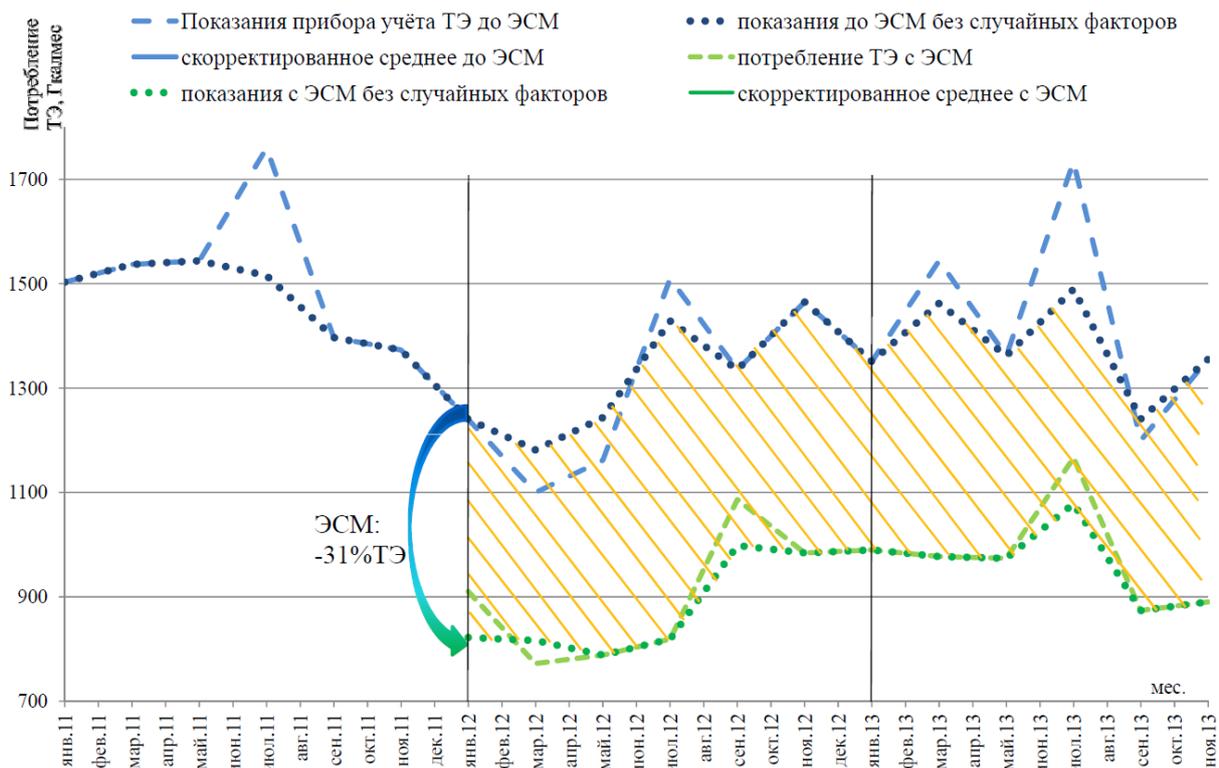
Рассчитав указанные показатели для нескольких взаимоисключающих ЭСМ, Заказчик с разрешения Инициатора выбирает наиболее выгодный проект. В дальнейшем используется «Комплексная методика расчёта индексов потребительского менеджмента в сопоставимых условиях», разработанная в НИУ «МЭИ».

III Технологическая эффективность от внедрения энергосберегающих мероприятий рассчитывается в настоящее время практически индивидуально, в ручном режиме. Реализация настоящего расчёта происходит с использованием методик определения сопоставимых условий [17], [18], разработанная для российских условий. Подобные нормативные документы разработаны также и для определения экономического эффекта в странах Европы [19].

Расчёт с целью актуализации объемов потребления каждого вида энергетического ресурса в натуральном и финансовом выражении относительно момента до реализации Исполнителем определенного ЭСКо перечня энергосберегающих мероприятий (ЭСМ), направленных на повышение энергетической эффективности, называется определением базового уровня.

Описываемая в документах оценка предусматривает определение технического эффекта при снижении потребления энергоресурса от начального уровня, определённого до внедрения ЭСМ, до уровня энергопотребления после установки энергосберегающего оборудования (рис. 1). В качестве объекта в примере взято здание бассейна общей площадью 2 тыс.кв.м. ЭСМ – комплекс мероприятий по подготовки горячей воды (ГВС), рециркуляции низкопотенциального тепла влажных вентиляционных выбросов из пом. чаши бассейна, установке устройств автоматического отключения горячей и холодной (ХВС) по времени в душевых и иных мероприятий, оптимизирующих расход тепловой энергии (ТЭ). Рассматриваемое здание бассейна до модернизации считалось достаточно энергоэффективным. Однако предварительная оценка технологического потенциала энергосбережения показала возможность снижения затрат ТЭ на 31%. Практика подтвердила оцененное значение.

Рисунок 1.
Простейший способ определения экономии от ЭСМ.



Описываемая в российских документах последовательность определения технического эффекта достаточно проста:

1. Определить ежемесячное потребление энергоресурса (на рис. 1 – потребление ТЭ) до и после реализации энергосберегающих мероприятий (штриховые линии);
2. Для обоих случаев устранить случайные факторы и привести потребление ТЭ к базовому уровню момента до ЭСМ (пунктирные графики);
3. Площадь между графиками, рассчитанными в сопоставимых условиях, (оранжевая штриховка) есть технологический эффект от ЭСМ;
4. Пересчёт технологического эффекта для каждого месяца с учётом тарифов на ТЭ позволит рассчитать ежемесячный объём платежей в пользу ЭСК.

Такой подход имеет вполне определённые преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести такие факторы как:

- относительная простота и малое время расчёта;
- небольшое количество исходных данных для расчёта в сопоставимых условиях;

К недостаткам:

- методика не может быть использован для «абстрактного» здания, поскольку требует множества дополнительной информации по инженерным системам и их изменениям;

- методика не учитывает такие разовые случайные расходы энергоресурса, как утечки, аварии, влажная генеральная уборка, остановку здания на плановый ремонт, ежегодная полная замена воды в чаше бассейна по СанПин и пр.
- методика не учитывает погрешность приборов учёта;
- необходимо не только качественно, но и количественно знать объёмы дополнительных затрат ТЭ, текущих изменений, ремонтов, графиков использования ТЭ;
- методика не учитывает фактов плановых отключений ГВС и ХВС и связанное с ними существенное месячное изменение потребления ТЭ;
- методика не использует экономические критерии. Например, для расчёта дисконтированного срока окупаемости необходимо использовать дополнительные формулы.

Приведённый способ наиболее удобен для краткосрочных и технологически несложно оцениваемых ЭСМ, реализуемых в малых и средних зданиях. В случае длительного расчёта или модернизации большой и сложной инженерной системы велика вероятность возникновения значительной ошибки, что приведёт к недопустимой для сторон договора погрешности при осуществлении финансовых расчётов.

С целью нивелирования перечисленных недостатков случаев необходимо предварительно произвести отсев показаний, несущих в себе заранее известные нетиповые случаи. Одновременно с этим возникает вопрос о минимально необходимом числе экспериментов на действующем здании в условиях современного рынка энергосберегающих услуг.

В случае тестовых испытаний длительностью в 2 недели, выявляются 10 измерений, позволяющие рассчитывать данные с уровнем достоверности 95%.

Результатом приведённого анализа является выявленный диапазон показаний приборов учёта энергоресурсов, который подлежит исследованию для выявления базовой линии. При определении базовой линии практически для любого вида потребляемых зданием энергетических и водных ресурсов необходимо опираться на диапазон количества снятых показаний приборов учёта от 5 до 18. Очевидно, что даже в наиболее благоприятном случае расчёта, 18 измерений недостаточно для определения базовой линии с точностью хотя бы $\pm 10\%$. Что означает и колебания суммы платежа в пользу ЭСК в аналогичных пределах, что недопустимо для Исполнителя энергосервисного контракта.

Необходимо отметить, что погрешностью уже обладают даже данные, сняты по показаниям прибора учёта энергоресурса [20]. Даная погрешность

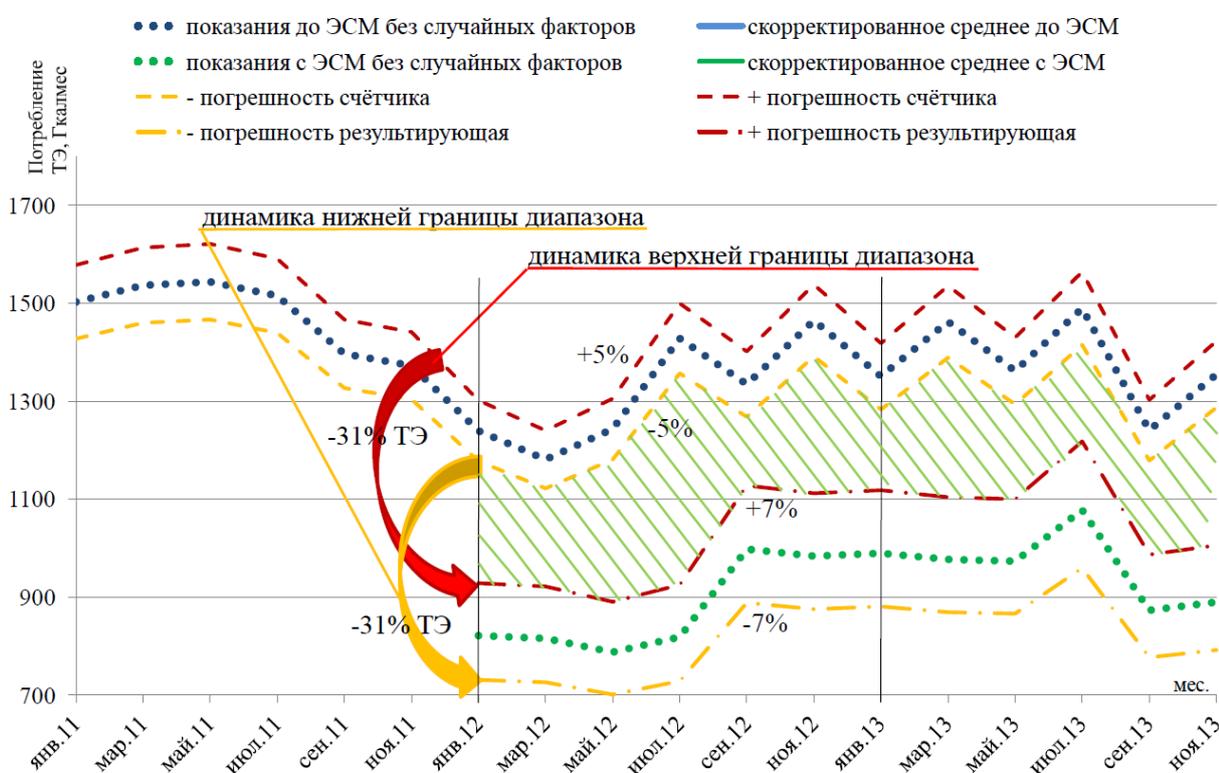
обуславливается классом точности счётчика. Класс точности прибора учёта тепловой энергии, используемый в рассматриваемом здании, составляет 5%, т.е. погрешность при работе в паспортных условиях счётчик не превышает значение $\pm 5\%$. В погрешность первичных данных также вносит вклад: точность в периодичности снятия показаний, показатели качества энергоносителя, непредвиденные ситуации и сбои в подаче энергоносителя и пр. Основываясь на снятых показаниях и оцененных погрешностях, с определённой долей достоверности можно говорить о диапазоне первичных значений (рис. 2, штриховые линии), математическим ожиданием данного диапазона будет искомым график снятых показаний счётчика (рис. 2, синяя пунктирная линия).

Общая методология [18] при определении базового уровня включает:

- «стандартную корректировку к фиксированным условиям», учитывающую известные, «плановые» дестабилизирующие расчёт данные;
- «нестандартную корректировку к фиксированным условиям», учитывающую случайные, экстренные, непрогнозируемые факторы. А также факторы, участие которых в расчёте было не учтено.

Рисунок 2.

Определение экономии от ЭСМ с учётом погрешностей.



Аналогичный механизм используется и при определении диапазоне значений ресурсопотребления после внедрения ЭСМ (рис. 2, штрихпунктирные

линии). Очевидно, что случайных факторов во второй части расчёта будет больше. Диапазон значений, рассчитанный с той же достоверностью, что и в первой части расчёта, будет больше.

Общая формула нормализованной экономии [18, стр. 21]:

$$\begin{aligned} & \text{Нормализованная экономия} = \\ & = (\text{базовое потребление энергетических ресурсов} \pm \text{Стандартная} \\ & \text{корректировка к фиксированным условиям} \pm \text{Нестандартная корректировка к} \\ & \text{фиксированным условиям}) - (\text{потребление энергетических ресурсов за} \\ & \text{отчетный период} \pm \\ & \pm \text{Стандартная корректировка к фиксированным условиям} \pm \\ & \pm \text{Нестандартная корректировка к фиксированным условиям}). \end{aligned}$$

Очевидно, что приведённая формула наиболее полно позволяет учесть возможные дестабилизирующие расчёт факторы. Вместе с тем, использование уточнённой методики требует применение математического аппарата, основанного на законах распределения вероятностей непрерывных случайных величин. Сложность такого подхода состоит в том, что при малых выборках (до 30 измерений) стандартное и наиболее удобное предположение о замене выборки на нормальное распределение приводит к неоправданному сужению доверительного интервала. Например, при малых выборках доверительный интервал в случае использования функции Лапласа будет уже на 44%, чем результат, рассчитанный по распределению Стьюдента [20, стр. 218].

Точность прогнозной модели, созданной на основе «Комплексная методика расчёта индексов потребительского менеджмента в сопоставимых условиях», составляет $\pm 7\%$. Поскольку погрешность прибора учёта тепловой энергии составляет $\pm 5\%$, и достигнутая при расчёте погрешность складывается из погрешности математической модели и погрешности исходных данных, равных погрешности прибора учёта, можно говорить о точности математической модели не превышающей для рассматриваемого примера пределов $\pm 2\%$. Такой уровень точности соответствует не только хорошим инженерным расчётам, но и вполне пригоден для осуществления финансовых калькуляций.

Для примера рассмотрим зависимость объёмов платежа по энергосервисному контракту как функцию от достигаемой точности расчёта (табл. 2).

Таблица 2.

Функция величины экономического эффекта от точности расчёта.

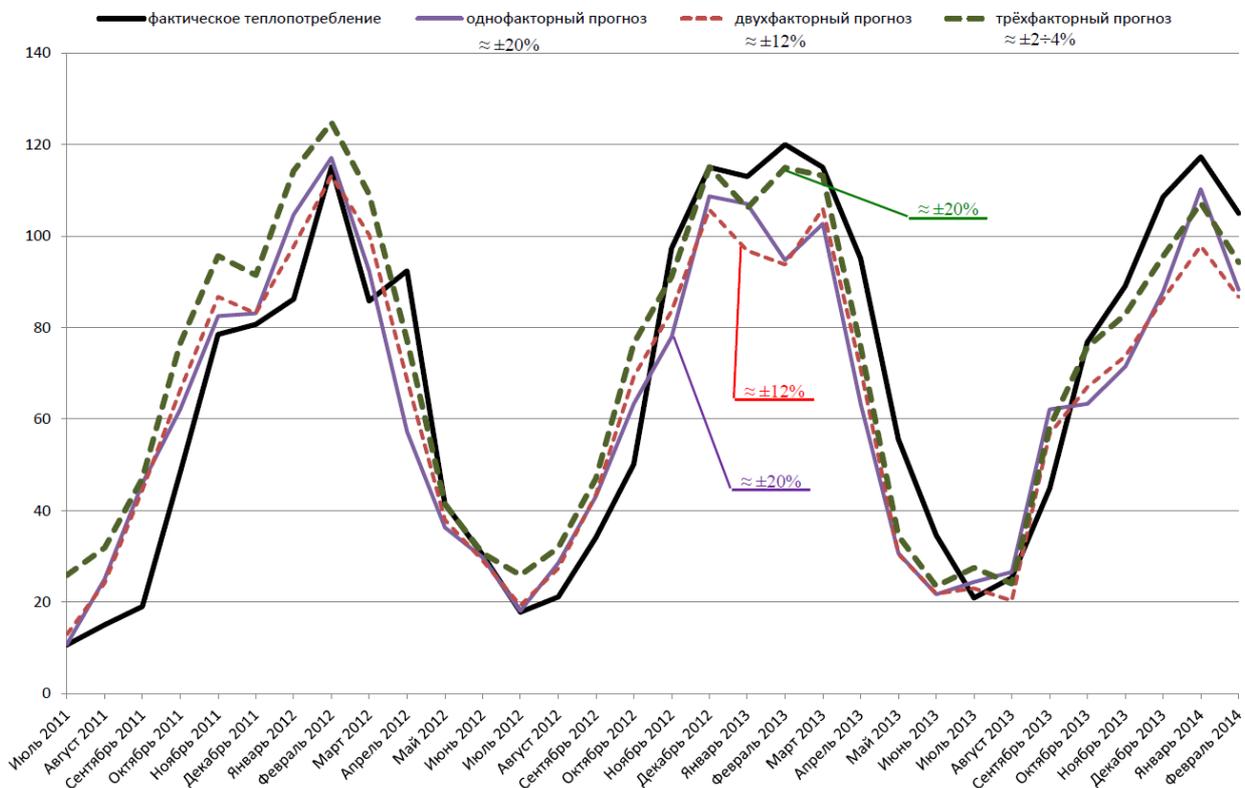
№	Наименование методики	Достига	Погрешно	Погрешно
		емая в расчёте	сть в натуральн	сть в финансовы

		ТОЧНОСТЬ, %	ЫХ показателя х, Гкал/мес.	Х показателя х [22], тыс.руб./мес.
1.	Методика, использующая индуктивный метод описания здания и его инженерных систем [17]	$\approx \pm 20\%$	$\approx \pm 25$	$\approx \pm 40$
2.	Методика, использующая дедуктивно-индуктивный метод описания работы инженерной системы с учётом стандартных и нестандартных корректировок к режимам работы [19]	$\approx \pm 12\%$	$\approx \pm 15$	$\approx \pm 23,5$
3.	«Комплексная методика расчёта индексов потребительского менеджмента в сопоставимых условиях»,	$\approx \pm 2 \div 4\%$	$\approx \pm 2,5 \div 5,0$	$\approx \pm 4 \div 8$

Аналогичную информацию можно показать графически (рис. 3).

Рисунок 3.

Точности расчётных моделей для теплотребления здания бассейна.



Учитывая факт показанной величины экономии (31%), ни первая, ни вторая методики, основанные на математических аппаратах индуктивного описания инженерных систем здания, не подходят для определения технологического и экономического эффекта ЭСМ в силу их существенной погрешности ($\pm 20\%$ и $\pm 12\%$ соответственно). Точность данных методик возможно повысить путём увеличения детализации и глубины проработки моделей, что связано с существенным увеличением трудозатрат. Для выполнения данной задачи также потребуется существенное число дополнительной информации о здании и измерений, что часто не возможно на практике. Напротив третья «Комплексная методика расчёта индексов потребительского менеджмента в сопоставимых условиях», опираясь на стандартные исходные данные обладает существенным преимуществом в точности. Финансовое выражение диапазона неопределённости экономического эффекта, а значит и рисков энергосервисной компании, невелико не только в относительном, но и в экономическом выражении.

«Комплексная методика расчёта индексов потребительского менеджмента в сопоставимых условиях» является предпочтительной для использования энергосервисными компаниями.

Показанная методика может быть также использована в качестве инструмента при решении споров Исполнителя и Заказчика энергосервисного контракта об определении уточненного объёма достигнутого технологического эффекта от энергосберегающего мероприятия и определения объёмов ежемесячных отчислений в счёт погашения затрат на реализацию энергосервисного контракта.

Литература:

1. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. – СПб, Типография «Сезам», 2002. – 181 с.
2. Недосекин А.О. Управление продажами нового товара с использованием нечетко-множественных описаний// Управление продажами. – 2004, №3. с.с. 16 - 25.
3. Недосекин А.О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах//Аудит и финансовый анализ. – М.: 2003. – 160 стр.
4. Недосекин А.О., Овсянко А.В. Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях //2000. – На сайте: <http://www.vmgroupp.sp.ru/>
5. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов// На сайте: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_040703.doc, 2003
6. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility // Fuzzy Sets and Systems. - 1978. - Vol.1, №1.
7. Грачёва Наталья Викторовна. Методология управления развитием инновационной деятельности в промышленности в условиях модернизируемой экономики. АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. Санкт–Петербург – 2012;

- 8 Мелентьев А. А. Очерки истории отечественной энергетики.– М. Наука, 1987. — 277 с.
- 9 Dubash, N.K. Power politics: equity and environment in electricity reform / http://www.wri.org/wri/governance/powerpolitics_toc.html
- 10 Шкрет А.Ф., Методические особенности оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий. Материалы Четвертой Российской научно-технической конференции “Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности”, Ульяновск, 24-25 апреля 2003 г. ОЭП СНЦ РАН.
- 11 Ларри Гуд, Ваган Бабаджанян Материалы презентации: 10 шагов для определения осуществимости проектов по энергоэффективности/Основы методологии экономического анализа. Учебный курс проекта SEMISE, 2011.
- 12 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. М. 1994.
- 13 ПЛ АВОК-7–2005 Положение об экономическом стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции
- 14 Шумпетер Й. Теория экономического развития. - М.: Прогресс, 1982.-457с.;
- 15 Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учеб.пособие.-М.: Дело, 2006.- 600с.
- 16 А. А. Михалевич. Энергоэффективность экономики и энергетическая безопасность. Материалы Международной научно- практической конференции : Энергоэффективные технологии. Мн., 2010.260 - Leon Freris, David Infield Renewable energy in power systems, John Wiley&Sons Ltd, 2008.
17. Методика расчёта значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях. Утверждена приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 07 июня 2010 г. № 273.
18. Методика определения сопоставимых условий при расчете энергоэффективности, ГБУ «Энергетика», 2010 год.
19. Международный протокол измерения и верификации эффективности. Концепция и опции для расчета объемов экономии энергетических ресурсов и воды. Том 1. Организация по оценке эффективности. EVO 10000 – 1:2010 (RU). 201 г.
20. Гужов С.В. Какие счётчики электроэнергии нам нужны? // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт №1/2011. Стр. 15-20
21. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. Пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. – 12-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 479 с.: ил.
22. Тарифы ОАО «МОЭК» на продаж тепловой энергии. <http://oaomoek.ru/ru/potrebiteliam/tarify-moek/70-potrebiteliam/1144-tarify-2014.html>