

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

С.В. Гужов

**Методы определения и способы подтверждения
энергосберегающего эффекта при передаче и использова-
нии тепловой и электрической энергии**

учебно-методическое пособие

Москва
Издательство МЭИ
2015

УДК 621.3
Г 936

Утверждено учебным управлением МЭИ
Подготовлено на каф. ТМПУ НИУ «МЭИ»

Рецензенты: зав. кафедрой Тепломассообменных процессов и установок,
докт. техн. наук, проф. А.Б.Гаряев,
зав. кафедрой Управления и информатики, докт. техн. наук, доцент. А.В. Бобряков

Гужов С.В.

Г 936 Методы определения и способы подтверждения энергосберегающего эффекта при передаче и использовании электрической и тепловой энергии / С.В. Гужов. — М.: Издательство МЭИ, 2015. — 112 с.

ISBN 978-5-7046-1576-7

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов технических университетов, обучающихся по программам подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника», «Теплоэнергетика и теплотехника» и подготовке аспирантов по специальности «Электротехнические комплексы и системы».

Представлены подходы к формированию обоснования совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области создания и эксплуатации электротехнических и теплотехнических комплексов и систем.

Представлены основные положения, структура, содержание и области применения энергосервисных договоров в Российской Федерации как механизма сбережения энергоресурсов. Рассмотрены альтернативные виды государственно-частного партнерства, приведены результаты их сравнения, методика оценки социальной эффективности внедрения энергосберегающих технологий.

Представлена систематизированная технико-экономическая оценка достигаемого энергосберегающего эффекта с учетом сопоставимых условий.

Также может быть использована для руководителей и главных инженеров бюджетных организаций, стремящихся внедрить и рассчитать достигнутый эффект от энергосберегающих мероприятий.

УДК 621.3

ISBN 978-5-7046-1576-7

© Национальный исследовательский
университет «МЭИ», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.	4
Глава 1. Энергосервисный договор и области его применения	5
1.1. Энергосервисный договор и его виды	5
1.2. Социальная эффективность внедрения энергосберегающих технологий	14
Глава 2. Оценка экономической эффективности энергосберегающих проектов на основе энергосервисного договора	21
Глава 3. Доступные и экономически целесообразные энергосберегающие мероприятия	44
3.1. Индикаторы эффективности энергосберегающих мероприятий.....	44
3.2. Энергосберегающие мероприятия в системе силового электрооборудования здания.....	45
3.3. Энергосберегающие мероприятия в системе электроосвещения здания	57
3.4. Энергосберегающие мероприятия в системе теплоснабжения здания.....	65
3.5. Энергосберегающие мероприятия в системе водоснабжения и канализации здания	74
3.6. Энергосберегающие мероприятия, связанные с изменениями в ограждающих конструкциях здания.....	75
Глава 4. Обоснование эффективности энергосберегающих проектов в сопоставимых условиях с учетом факторов риска и неопределенности	84
Список литературы	104

ВВЕДЕНИЕ

Управление деятельностью предприятия — комплексная многофакторная задача, требующая индивидуального подхода и тщательного обоснования каждого решения. Основные грани управленческой деятельности для любого предприятия следующие: управление персоналом, работа с потребителями, финансовая и операционная деятельности. При достижении правильно подобранного баланса каждого из факторов, организация обретает устойчивость развития, низкие издержки, высокую прибыль. Одним из факторов, влияющих на прибыль, является энергоемкость создаваемой продукции и оказываемых услуг. В случае завышенного потребления энергоресурсов в организации стоимость продукции и услуг будут менее конкурентоспособными в своем сегменте рынка. Поэтому руководитель любой организации стремится к целесообразному снижению энергоемкости либо самостоятельно, либо опираясь на рекомендации ISO 50001 — Международного регламентирующего стандарта «Системы энергосбережения», либо привлекая специалистов. Целесообразность внедрения одного или группы энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) оценивается как в техническом, так и в экономическом аспектах.

Наиболее целесообразно внедрять энергосберегающие мероприятия в изношенных зданиях, а также в зданиях с высокими удельными расходами потребляемых энергоносителей. Перспективными для серийного внедрения энергосберегающих мероприятий представляются здания бюджетных организаций, строящихся по типовым проектам.

Развитый рынок технологий для систем электро-, тепло-, водоснабжения предлагает множество решений, заявляемых производителями в качестве энергосберегающих. Для руководителя бюджетной организации выбор наиболее целесообразной к внедрению технологии — сложная задача. Ее решение в числе прочего требует систематизации имеющейся информации по энергосберегающим технологиям, понимания индикаторов их энергоэффективности. Техническая и экономическая оценка ежемесячно достигаемого энергосберегающего эффекта также достаточно важная и сложная задача.

Особую сложность представляет расчет энергосберегающего эффекта в сопоставимых условиях, т.е. с учетом факторов, влияющих на объемы потребляемых энергоресурсов и одновременно зависящих от неконтролируемых человеком условий. Без подобного расчета становится невозможным выявить какая экономия энергоресурсов была достигнута за счет внедрения энергосберегающего мероприятия, а какая — за счет сторонних, природных или, например, случайных факторов. Примером неконтролируемых факторов может служить температура наружного воздуха, от которой зависит теплопотребление здания, или эпидемия гриппа, снижающая электропотребление здания из-за отсутствия некоторых сотрудников.

Глава 1

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЙ ДОГОВОР И ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Энергосервисный договор и его виды

С начала XX в. качественно изменилось положение человечества в мире: хозяйственная деятельность общества по своей величине стала силой планетарного масштаба, сравнимой с глобальными вещественно-энергетическими процессами. К началу XXI в. человечество создало искусственную среду обитания, которая в десятки и сотни раз продуктивнее естественной среды.

По прогнозам сопредседателя «Института мировых идей» А.В. Чикунова, сделанным 31.10.2012 г. на Московском международном форуме инновационного развития «Открытые инновации», в будущем человечество ожидает три кризиса: пищевой, транспортный, энергетический [1]. В целях предотвращения энергетического кризиса правительства стран осуществляют ряд мероприятий технического, организационного, законодательного характеров. В Российской Федерации разработан и внедрен в Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2], где даны основные направления энергосбережения в России, необходимые к реализации на ближайшую и среднесрочную перспективу. Начиная с 2009 г. также принято свыше 70 нормативно-правовых актов, которые регулируют отношения в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В ходе реализуемых мероприятий, принятых в рамках госпрограммы, в 2011 г. удалось добиться снижения энергоемкости ВВП на 2 %, в 2012 — 3,2 %, в 2013 — на 5 % (по сравнению с 2010 г.) [3].

Цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на период до 2050 г., приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей, описаны в «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2030 года».

Взаимодействие человека и природы, общества и среды его обитания в результате бурного роста промышленного производства с многоотходными технологиями, достигает планетарных форм и размеров.

Все чаще звучит точка зрения о глобальной угрозе самому существованию человечества вследствие истощения природных ресурсов и опасного для жизни человека загрязнения окружающей среды его обитания. Именно этими противоречиями во взаимоотношениях общества и природы определяется существо эколого-, ресурсо-, энергосберегающих проблем.

Проблема адаптации моделей поведения человека к постоянному изменению биосферы и техносферы крупных городов требует не просто изучения различных аспектов воздействия человека на среду обитания — она требует создания системы знания, позволяющей учесть сложнейшее переплетение взаимовлияющих факторов, которое и определяет сложность возникающих задач. Труднейшие сами по себе — экономические, социальные, экологические, политические и другие проблемы — оказались связанными воедино с проблемой энерго-, ресурсо-, экологосберегающей модернизации инфраструктуры строений с достижением наибольшего физиологического и психологического комфорта всех целевых групп населения для данного здания. Стоит отметить незначительный объем работ, описывающих методологию оценки инновационных проектов по влиянию на качество жизни.

В аспекте внедрения энергосберегающих технологий наиболее сложными являются объекты, соединяющие в себе длительное пребывание разновозрастных групп населения — образовательные и медицинские организации. В зданиях таких организаций необходимо дополнительно учитывать социальный аспект вносимых изменений.

Каждая бюджетная организация нуждается в индивидуальной степени и глубине внедрения стандартов энергосбережения, отраженных в ISO 50001 «Системы энергоменеджмента». Процесс внедрения энергосберегающих технологий и модернизации инженерных сетей в целях повышения их энергетической эффективности является циклическим. Правильная его интерпретация — рассмотрение по «Реалистичной модели стратегического процесса» Джона-Скоулза (рис. 1.1), позволяющей описать внедрение как стандартный бизнес-процесс.

Актуален вопрос выбора механизма реализации договора на оказание энергосберегающих услуг. Законодательством РФ предоставлено несколько механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП): лизинг, концессионное соглашение, энергосервисный договор.

Лизинг — форма отношений, при которых энергосберегающее оборудование поставляется в долгосрочную, как правило операционную аренду с правом последующего выкупа. Особенности модели ГЧП на основе лизинга такие:



Рис. 1.1. Циклическая модель менеджмента энергосберегающих мероприятий



Рис. 1.2. Организационная модель ГЧП на основе лизинга

- 1) модель подразумевает большое количество участников (рис. 1.2), что означает увеличение накладных расходов и рисков срывов проекта;

- 2) усложнение договорной части. Необходимо дополнительное экспертное сопровождение независимой специализированной организации;
- 3) законодательная необходимость в страховой компании, дополнительные затраты на содержание которой приводят к увеличению срока окупаемости проекта;
- 4) лизингодателю необходимы предоставление государственных гарантий на выполнения проекта и условий возврата средств, получение которых представляет существенную сложность;
- 5) бюджетная организация обременена договором сублизинга для эксплуатации энергосберегающего оборудования, увеличивающего общий срок окупаемости проекта.

Модель лизинга хоть и может быть использована в ГЧП, но на практике к ней прибегают относительно редко.

Концессионное соглашение в ГЧП рекомендовано Федеральным Законом от 21.06.2005 г. № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях». Концессия — форма договора о передаче, осуществляемой на возмездной основе, на определенный срок в пользование комплекса исключительных прав, принадлежащих правообладателю. Объектом договора может быть передача прав, в том числе на эксплуатацию зданий бюджетных организаций либо оборудования инженерных коммуникаций. По сравнению с моделью лизинга, концессия может не использовать структуры лизингодателя, страховой компании, что снижает финансовое бремя всего проекта. Отрицательные особенности следующие:

- 1) концессионное соглашения заключается между органом государственного управления и исполнителем, что ослабляет роль руководителя бюджетной организации;
- 2) концессионное соглашение по энергосбережению в бюджетных организациях — это соглашение, по которому объекты бюджетной организации передаются концессионеру для строительства нового и/или модернизации существующего имущества на срок до 50 лет. Долгий срок реализации проекта существенно снижает его инвестиционную привлекательность.

Энергосервисный договор (ЭСД) предложен в законе 261-ФЗ [2]. ЭСД — форма инвестиционного договора, при котором внедрение энергосберегающих мероприятий осуществляется за счет инвестора без привлечения средств заказчика, а инвестиции возвращаются за

счет средств, полученных от достигнутой экономии энергетических ресурсов. Преимуществами энергосервисного договора на оказание услуг являются:

- 1) минимальная договорная нагрузка на бюджетную организацию;
- 2) все риски ложатся на исполнителя энергосервисного договора;
- 3) отсутствие необходимости предоставления государственной гарантии из дополнительного финансирования органа государственного управления;
- 4) эффективность может оцениваться независимой профессиональной организацией (рис. 1.3), что существенно снижает риски возникновения спорных ситуаций.

В рамках выполнения задачи по повышению энергетической эффективности бюджетных организаций с использованием ГЧП, наиболее привлекательным представляется использование механизма энергосервисного договора.

В договоре на оказание энергосберегающих услуг выделяют как минимум шесть сторон. Методики расчета технико-экономической эффективности энергосберегающих проектов для каждой из сторон различны.

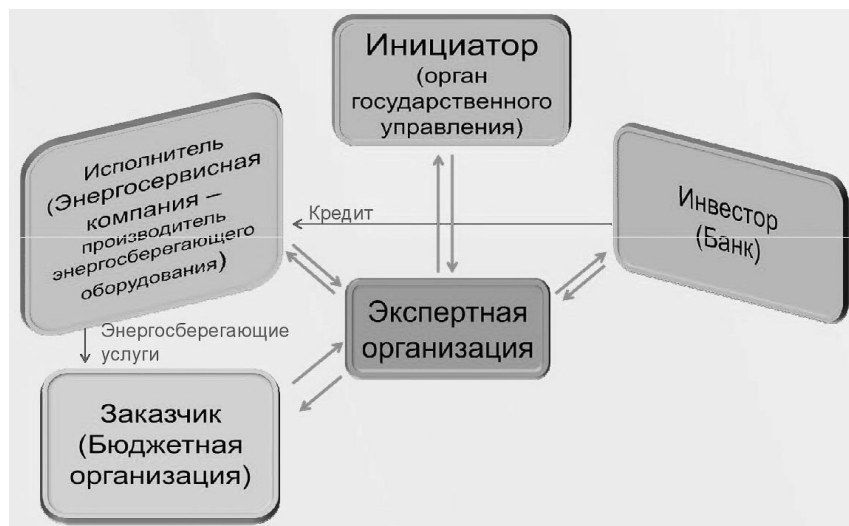


Рис. 1.3. Организационная модель ГЧП на основе энергосервиса

1. Инициатор — главный распорядитель бюджетных средств (ГРБС), т.е. орган государственной власти (государственный орган), орган управления государственным внебюджетным фондом, орган местного самоуправления, орган местной администрации, а также наиболее значимое учреждение науки, образования, культуры и здравоохранения, указанное в ведомственной структуре расходов бюджета, имеющие право распределять бюджетные ассигнования и лимиты бюджетных обязательств между подведомственными распорядителями и (или) получателями бюджетных средств [4, ст. 6].

Методика данных расчетов имеет устоявшийся общепринятый математический аппарат, исследование которого не ставится целью настоящей работы.

2. Заказчик — орган исполнительной власти, территориальные органы исполнительной власти и др.

В качестве индикаторов результативности проекта выступают экономические показатели, отображающие снижение затрат на потребляемые энергоресурсы, увеличение сроков эксплуатации модернизируемых инженерных систем, снижение ежегодных эксплуатационных расходов, снижение себестоимости основных и сопутствующих услуг.

3. Исполнитель — энергосервисная компания (ЭСКо), осуществляющая энергосберегающую деятельность в рамках договора на оказание энергосервисных услуг.

Индикаторами успешной реализации энергосервисного договора служат показатели, отображающие минимальные капитальные затраты на реализацию энергосберегающего мероприятия, минимальные ежегодные текущие затраты на сопровождение энергосберегающего мероприятия, минимальные сроки окупаемости, получение максимальной прибыли за срок действия энергосервисного договора.

4. Инвестор — как правило банк, оказывающий Исполнителю услуги по обеспечению исполнителя дополнительным объемом денежных средств, необходимых для качественной реализации исполнителем условий энергосервисного договора.

На начальном этапе оценки проекта анализируются индикаторы, отображающие надежность проекта и возможные риски, надежность энергосервисной организации, минимальный срок погашения инвестиций исполнителем, иногда — экологический ас-

пект проекта. Вопросы расчета актуальных для потребителя индикаторов обладают комплексностью, ярко выраженной социальной направленностью, малой корреляцией с экономическими показателями проекта. На последующих этапах показатели коммерческой эффективности проекта учитывают финансовые затраты на реализацию проекта и затраты на его сопровождения [5, п. 2, подп. 2.1].

5. Потребитель — группы людей, пользующиеся достигнутыми улучшениями в процессе выполнения своих непосредственных обязанностей. В рамках образовательных организаций пользователями могут быть, например, обучающиеся и их родители, для медицинских организаций — больные и посетители, для музеев — посетители и персонал.

Для потребителя результатов энергосервисного договора характерно полное отсутствие интереса к экономическим результатам проекта. Наибольшее внимание уделяется вопросам комфорта, сохранения здоровья, комплексного развития обучающегося в преобразованной среде образовательной организации и другим социально значимым вопросам.

6. Эксперт — организация, осуществляющая экспертную и (или) сопроводительную деятельность, необходимую иным сторонам на различных этапах реализации энергосберегающих проектов. Эксперты, как правило, пользуются собственными уникальными методиками, либо используют программные продукты дружественных производителей энергосберегающей продукции.

Перечисленные стороны, представители разных групп заинтересованных сторон, по разному могут оценивать свои потребности, эффекты от внедрения энергосберегающих технологий, риски.

Вопросы функционально-организационного развития экономики организаций, а также укрепления экономической безопасности рынка собственности с привлечением механизма государственно-частного партнерства рассматриваются в работах: Жилиной О.А. [6], Фомина Г.Б. [7], Якубова Т.В. [8], Чумачкова Д.В. [9], Терехина В.А. [10], Емельянова Ю.С. [11], Новикова В.С. [12] и др.

Вопросы технико-экономического анализа и оценки экономической эффективности проектов ГЧП рассматриваются в работах: Трачука С.С. [13], Рябущенко О.А. [14], Каданя А.Я. (экономические основы ГЧП) [15], Бердниковой Н.А. [16], Пыльновой Е.В. [17] и др. Вопросы концепции и механизмов развития управления заинтересованными сторонами в процессе модернизации инженерных служб

образовательных комплексов и мезосистем: Хамбичев Б.Б. [18], Селезнев П.Л. [19], Шевчук Е.В. [20], Зданевич У.А. [21], Кондратьев Э.В. [22], Шаймиева Э.Ш. [23], Куц В.И. [24], Круглов В.Н. [25], Жигайло В.В. [26], Леонова Ж.К. [27], Шулешко А.Н. [28].

Финансовая сторона ЭСД может быть условно разделена на две части. В первой части — ЭСКо закупает полный комплект энергосберегающего оборудования, а также осуществляет полный комплекс строительно-монтажных и пуско-наладочных мероприятий со всеми неотделимыми улучшениями. Заказчик на этом этапе вправе не осуществлять никаких инвестиционных и монтажных действий. На втором этапе — эксплуатации установленного оборудования, бюджетная организация обязана перечислять денежные средства энергосервисной компании в размере, пропорциональном достигнутому энергосберегающему эффекту в сопоставимых условиях. В случае недостижения энергосберегающего эффекта, никаких перечислений в пользу исполнителя не осуществляется. Данные риски ЭСКо несет полностью на себе. Дополнительные риски ЭСКо такие:

- 1) неверное определение базового уровня;
- 2) неверная оценка технического эффекта энергосберегающего мероприятия;
- 3) недостаточное качество технического обслуживания энергосберегающего оборудования на всем сроке энергосервисного договора;
- 4) неверная оценка бухгалтерией экономического эффекта энергосберегающего мероприятия;
- 5) несоблюдение образовательной организацией режимов и условий эксплуатации энергосберегающего оборудования;
- 6) финансово-экономические риски энергосервисной компании:
 - а) непреднамеренное занижение стоимости проекта, скрытые затраты;
 - б) нестабильность ставки кредита банка;
 - в) несоблюдение заказчиком платежного графика;
 - г) штрафы за несоблюдение условий перед образовательной организацией;
 - д) малая прогнозируемость тарифов на виды энергоресурсов, подлежащих к экономии на объекте заказчика;
 - е) риски дополнительных затрат при неплановом ремонте энергосберегающего оборудования на протяжении всего срока энергосервисного договора, выход иных сопоставимых условий за прогнозные пределы.

Для снижения части рисков необходимо точно определить предполагаемый энергосберегающий эффект от модернизации оборудования заказчика. Анализ объемов потребления энергоресурсов невозможен без статистических данных. Поэтому предварительным требованием началу работ является наличие работоспособных приборов учета. Введение регулярного аудита позволяет ТОП-менеджерам получать актуальные отчеты о состоянии инженерных коммуникаций, а также рекомендации по повышению их энергетической эффективности.

Исходя из сказанного становится ясно, что энергосервисные компании перед внедрением современных технологий должны быть абсолютно уверены в достижимости требуемого энергосберегающего эффекта, его измеримости и стабильности. В противном случае проект неминуемо будет убыточным. Проведенный анализ [29], [30], [31] показал, что основные стимулы к внедрению энергосберегающих мероприятий следующие: сокращение эксплуатационных затрат и повышение удовлетворенности потребителей результатами улучшений. К ЭСМ, способным создать такие проекты, могут быть отнесены либо технологии с низкой капиталоемкостью с установкой дополнительного оборудования, либо технологии средней капиталоемкости с заменой старого оборудования на более новое, либо проекты с высокой капиталоемкостью, связанные со строительством и монтажом объектов инженерной инфраструктуры.

Для достижения максимальной экономической эффективности важно в начале проекта выполнить не только корректный технико-экономический анализ нескольких вариантов решений, но и анализ социальной эффективности [32]. Тогда комплексная эффективность будет характеризоваться системой индикаторов и показателей, отражающих задачи и результаты всех заинтересованных сторон участников ЭСД. Методика расчета должна учитывать существенную разноплановость показателей каждого из участника проекта, представляющих собой и качественные, и количественные оценки успешности проекта [32, подп. 1.3].

Несмотря на показанные сложности для заказчика и исполнителя, энергосервисные договоры используются на всей территории РФ. По результатам за 2011—2013 гг. республика Якутия стала лидером по количеству и стоимости энергосервисных договоров, заключенных с государственными и муниципальными заказчиками. По информации РБК.Research «Российский рынок энергосервиса — 2014» на начало

2014 г. десятью ЭСКо в Якутии заключено 133 энергосервисных договора, охватывающих 196 учреждений дошкольных и общеобразовательных учреждений и др., а также 189 объектов жилищного фонда в 16 муниципальных образованиях. В 2011 г. стоимость заключенных ЭСД в Якутии составила 53 % от общей стоимости договоров, заключенных в соответствии с требованиями Закона ФЗ-94 «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», в 2012 г. — 38,5 %, в 2013 г. — 46,6 % [33].

Исходя из этого можно сделать вывод о применимости механизма энергосервисного договора для реализации энергосберегающих проектов в бюджетных организациях. Наряду с прочими сложностями выделяется задача точного и достоверного расчета получаемых эффектов для потребителя, заказчика и исполнителя энергосервисного договора.

1.2. Социальная эффективность внедрения энергосберегающих технологий

На предварительной стадии анализа энергосберегающих проектов учитывается полезность энергосберегающих проектов для государства [34, приложение 6, п. 6.3.3]. На данном этапе в инвестиционных программах еще не конкретизируются результаты ни в производственной, ни в научно-технической сфере, а содержится только предварительная информация. Анализ может осуществляться, например, в две стадии.

- I. Структуризация приоритетных направлений, выполняемая как системный анализ проблемы их реализации, выявление ее составляющих и оценка возможности решения возникающих задач в рамках имеющихся и доступных средств. Методы реализации этой стадии являются экспертно-аналитическими и включают построение дерева целей, дерева проблем, анализ достижимости задач за счет реализации и др.
- II. Формирование предварительных программ реализации проекта в целом или его укрупненных составляющих с опорой на программно-целевые методы.

Одновременно должна оцениваться верхняя граница возможных затрат, которая впоследствии будет служить основанием для следующих этапов работ.

Систематизации методов анализа эффективности проектов посвящено значительное количество работ, составляющих основу теорий экономического развития мировых и отечественных организаций. В России распространена методика оценки общественной и экономической эффективности инвестиционного проекта [35], [36], [5] (рис. 1.4), в которой вопросы оценки экономической эффективности проекта обосновываются в ТЭО второго этапа с учетом всех индивидуальных особенностей каждого проекта. При этом инструменты оценки социальной и экономической эффективности проекта на первом этапе разработаны слабо.

Оценку удовлетворения потребностей заказчика от энергосберегающих мероприятий удобно осуществлять методами общей теории организации производства. Например, принцип сопряженности [37] состоит в прогнозировании и обеспечении непрерывной работы за счет использования комплексной системы индикаторов деятельности организации.



Рис. 1.4. Структурная схема оценки эффективности инвестиционного проекта

Упомянутые подходы развиты в работах Афанасьева В.А. [38] (кожевенно-обувная промышленность); Афанасьевой А.И. [39] (легкая промышленность); Бездудного Ф.Ф. [40] (комплексная эффективность производства); Иващенко Н.С. [41] (комплексная оценка развития текстильного производства); Павлова А.П. [42] (развитие системного подхода к организации производства, методы процессного и проектного управления производством); Васильева А.Н. [43] (обоснование и анализ эффективности нововведений); Зерновой Л.Е. [44] (оценка эффективности нововведений и инвестиций); Брагиной З.В. [45]; Куркина А.А. [46], Ващенко В.К. [47] (вопросы стратегических аспектов управления и развития); Шавкина В.И. [48] (функционально-стоимостной анализ в разработке конкурентоспособной продукции) и др.

В литературе [34] рекомендуется использовать качественные критерии отбора инвестиционных проектов, условно подразделяющиеся по их комплексной полезности на следующие группы.

1. Целевые критерии [34, п. 6.3.4.5], состав которых определяется, например, STEPLE анализом, либо по набору критериев [49, с. 64—66]:

- научный эффект — эффект, связанный с получением значимых результатов в какой-либо из областей народно-технического хозяйства, обладающий признаками новизны и практической применимости;
- технический эффект — эффект, связанный с разработкой, изготовлением и применением новых видов техники и (или) технологических решений, обладающих признаками новизны и практической применимости;
- социальный эффект — эффект или их группа, связанный с увеличением удовлетворением непродовольственных потребностей населения в услугах и материальных благах;
- экономический эффект — эффект, связанный с повышением абсолютных и относительных к базовому году финансовых показателей функционирования модернизируемой системы;
- политический эффект — эффект, связанный с усилением позиции политической системы в целом, либо ее территориальных подразделений;
- образовательный эффект — эффект, связанный с повышением образовательного уровня населения в целом или целевых групп населения за счет внедрения нововведения и его последующего распространения;

- экологический эффект — эффект, связанный со снижением как общего числа, так индивидуального эффекта от неблагоприятных естественно-природных и антропогенных воздействий на окружающий социум и природную среду [50];
- информационный эффект — эффект, связанный с получением новых знаний, уменьшающих неопределенность, предоставляющих достоверные данные, устраняющих информационный вакуум.

Эффективность проекта [5, п. 2, подп. 2.1] оценивается заказчиком в целях определения потенциальной привлекательности проекта для возможных участников и поисков источников финансирования. Она включает в себя общественную (социально-экономическую) эффективность проекта и коммерческую эффективность проекта. Показатели социальной эффективности первого этапа учитывают социально — экономические последствия осуществления инвестиционных проектов для общества в целом, результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты. «Внешние» эффекты учитываются в количественной форме при наличии соответствующих нормативных и методических материалов. В отдельных случаях, когда эти эффекты весьма существенны, при отсутствии указанных документов допускается использование оценок независимых квалифицированных экспертов.

2. Внешние и экологические критерии [34, п. 6.3.4.6], включающие:
 - правовую обеспеченность проекта, его непротиворечивость действующему законодательству;
 - возможное влияние перспективного законодательства на проект;
 - возможную реакцию общественного мнения на осуществление проекта;
 - воздействие на снижение вредных выбросов и улучшение производственных процессов;
 - воздействие проекта на уровень занятости затронутых групп населения.
3. Критерии исполнителя проекта [34, п. 6.3.4.7], включающие:
 - навыки управления и опыт предпринимательской деятельности, качество руководящего персонала, его компетентность и связи;
 - стратегию в области маркетинга,
 - данные об объеме операций на внешнем рынке;
 - данные о финансовой состоятельности, стабильности финансовой истории;

- достигнутые результаты деятельности, и их тенденция;
 - данные о потенциале роста;
 - показатели диверсификации.
4. Научно-технические критерии [34, п. 6.3.4.8], включающие данные:
- о перспективности используемых научно-технических решений;
 - патентной чистоте изделий и патентоспособности используемых технических решений;
 - перспективности применения полученных результатов в будущих разработках;
 - положительном воздействии на другие проекты, представляющие государственный интерес.
5. Коммерческие критерии [34, п. 6.3.4.9], включающие данные:
- о размере инвестиций, стартовых затратах на осуществление проекта;
 - потенциальном годовом размере прибыли;
 - ожидаемой норме чистой дисконтированной прибыли;
 - значении внутренней нормы дохода, удовлетворяющей инвестора;
 - соответствии проекта критериям экономической эффективности капитальных вложений;
 - сроке окупаемости и сальдо реальных денежных потоков;
 - стабильности поступления доходов от проекта;
 - возможности использования налоговых льгот;
 - оценке периода удержания продукта на рынке, вероятном объеме продаж по годам;
 - необходимости привлечения заемного капитала (третьих лиц или банковского) и его доли в инвестициях;
 - финансовом риске, связанном с осуществлением проекта.
6. Производственные критерии [34, п. 6.3.4.10], включающие данные:
- о доступности сырья, материалов и необходимого дополнительного оборудования;
 - необходимости технологических нововведений для осуществления проекта;
 - наличии по численности и квалификации производственного персонала;
 - возможности использования отходов производства;

- потребности в дополнительных производственных мощностях, дополнительном оборудовании.
7. Рыночные критерии [34, п. 6.3.4.11], предусматривающие:
- соответствие проекта потребностям рынка;
 - оценку общей емкости рынка по отношению к предлагаемой и аналогичной продукции, услугам, технологии к моменту выхода предполагаемой продукции на рынок;
 - оценку вероятности коммерческого успеха;
 - эластичность цены на услуги по энергосбережению;
 - необходимость маркетинговых исследований и рекламы для продвижения предлагаемого продукта на рынок;
 - соответствие проекта уже существующим каналам сбыта;
 - оценку препятствий для проникновения на рынок;
 - защищенность от устаревания продукции;
 - оценку ожидаемого характера конкуренции и ее влияния на цену продукта.
8. Критерии региональных особенностей реализации проекта [34, п. 6.3.4.12].

На практике для анализа используют только часть индикаторов. Для оценки социального эффекта ЭСТ используется метод векторной оптимизации оценки качества жизни по периодам вхождения новшеств в оборот [51, гл. 2, п. 7]. Выражается метод функцией состояния качества жизни:

$$\begin{aligned}
 K_{1..n} &= f_1(x_1 \dots x_m) \rightarrow f_2(x_1 + \Delta x_1^{(2)} \dots x_m + \Delta x_m^{(2)}) \rightarrow \\
 &\rightarrow f_n(x_1^{(n-1)} + \Delta x_1^{(n)} \dots x_m^{(n-1)} + \Delta x_m^{(n)}),
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

где $K_{1..n}$ — 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 качество жизни по функциям $(1 \dots n)$; $\Delta x_1 \dots \Delta x_m$ — величина приращения векторов по функциям $1 \dots n$.

Оцененные по данной функции ЭСТ могут учитывать максимально возможное количество факторов и эффектов для каждой из подгрупп потребителей. Уточненный расчет показателей социальной эффективности на этапах детализации энергосберегающего проекта в бюджетной организации сопряжен с рядом специфических особенностей:

- 1) более широкий круг заинтересованных сторон бизнес проекта;
- 2) многокритериальность оценки эффективности;
- 3) использование в едином цикле как количественных, так и качественных индикаторов эффективности проекта;
- 4) необходимость унификации индикаторов и математического аппарата в целях использования методики для нескольких технологических классов мероприятий [52];
- 5) неравномерность потребления отдельных энергоресурсов организацией в связи с недостаточно удовлетворительной для заказчика прогнозируемостью количества поступлений обучающихся на горизонте 3—5 лет, необходимость применения прогнозной модели расчета в сопоставимых условиях;
- 6) возможная не изученность процессов в новом оборудовании [53, с. 184] в связи с новизной используемой техники или технологии;
- 7) изменение стоимости денежных средств на протяжении срока проекта.

Учет всех этих пунктов, с одной стороны существенно усложняет расчет, с другой — позволяет более точно проводить оценку эффективности инновационных проектов для каждой организации.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- 1) повышение энергетической эффективности бюджетной организации через внедрение энергосберегающих мероприятий актуально в силу наличия существенного потенциала энергосбережения;
- 2) в силу явной недостаточности средств местного, регионального и федерального бюджетов для массового внедрения энергосберегающих мероприятий необходимо использовать капитал, привлеченный через механизмы государственно-частного партнерства;
- 3) наиболее удобным механизмом ГЧП по внедрению энергосберегающих технологий является энергосервисный договор;
- 4) оценка результатов реализации энергосберегающих мероприятий должна включать как расчет технико-экономических, так и социальный показателей;
- 5) сбалансированные по системе «техника — экономика — общество» энергосберегающие проекты, подкрепленные механизмом инвестирования энергосервисных договоров, позволяют не только улучшить удельные характеристики энергопотребления зданий бюджетных организаций, но и повысить комфорт внутри них.

Глава 2

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОСЕРВИСНОГО ДОГОВОРА

Эффективность инвестиционного проекта оценивается в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал от начала энергосберегающего проекта до его окончания либо расторжения договора. Начало расчетного периода, как правило, принимается на дату начала расчета эффективности инвестиционного проекта, например, дату начала вложения средств в предпроектные (разработка ТЭО, бизнес-плана и др.) проектно-изыскательские либо строительно-монтажные работы.

Проект, как и любая операция, связанная с получением доходов и/или осуществлением расходов, порождает денежные потоки (потоки реальных денег). Денежный поток инвестиционного проекта — это зависимость от времени денежных поступлений и платежей при реализации порождающего его проекта, определяемая для всего расчетного периода. Денежный поток $\Phi(t)$ для каждого этапа принято разделять на частичные потоки:

- а) для денежного потока от инвестиционной деятельности $\Phi_{\text{И}}(t)$:
 - к оттокам относятся капитальные вложения, в том числе затраты на пусконаладочные работы, ликвидационные затраты в конце проекта, затраты на увеличение оборотного капитала и средства, вложенные в дополнительные фонды;
 - к притокам — продажа активов (возможно, условная) в течение и по окончании проекта, поступления за счет уменьшения оборотного капитала;
- б) для денежного потока от операционной деятельности $\Phi_{\text{О}}(t)$:
 - к притокам относятся выручка от реализации, прочие доходы включая доходы от экономии энергоресурсов при наличии энергосберегающего эффекта, а также поступления от средств, вложенных в дополнительные фонды;
 - к оттокам — производственные издержки, налоги и др.

Существуют также денежные потоки от финансовой деятельности, которые учитываются, как правило, только на этапе оценки эффективности участия в проекте. Соответствующая информация разраба-

тывается и приводится в проектных материалах в увязке с разработкой схемы финансирования проекта.

Денежные потоки могут выражаться в текущих (без учета инфляции), прогнозных или дефлированных ценах в зависимости от того, в каких ценах выражаются на каждом шаге их притоки и оттоки. Поскольку энергосервисный договор на протяжении его срока исполнения есть источник денежных потоков для исполнителя, то расчет этих потоков всегда ведется с учетом инфляции.

Вопросу оценки экономической эффективности инвестиционных проектов по внедрению инноваций посвящено значительное количество трудов. Индикаторы эффективности могут опираться как на конечные результаты реализации инноваций [54], что актуально для пользователей результатами проектов, так и рассчитываться в зависимости от жизненного цикла инновационного проекта [55], [56], что наиболее актуально для заказчика.

Неформальные процедуры отбора и оценки инвестиционных проектов, используемые банками РФ [34, прил. 6, п. 6.2], рекомендуют опираться на следующие показатели при принятии приоритетов на инвестирование энергосберегающих мероприятий:

- общественная значимость проекта;
- влияние на имидж инвестора;
- соответствие целям и задачам инвестора;
- соответствие финансовым возможностям инвестора;
- соответствие организационным возможностям инвестора;
- рыночный потенциал создаваемого продукта;
- период окупаемости проекта;
- прибыль;
- уровень риска;
- экологичность и безопасность проекта;
- соответствие законодательству.

Допускается использовать в качестве критерия некоторую свертку показателей по этим приоритетам. Далее приведены некоторые примеры финансирования энергосберегающих проектов банками РФ и иных стран с указанием типичных индикаторов.

Для инвестора расчет основывается на распределении инвестиций в инновационном проекте по этапам его внедрения. Такой подход имеет ряд сложностей в реализации. Каждая отрасль специфична в технике внедрения новаций, что требует разработки специализированных моделей оценки эффективности инновационных проектов.

Для многих отраслей широко используется «Методика расчета показателей и применения критериев эффективности инвестиционных проектов», основанная на методологических положениях UNIDO [57]. Существуют отдельные методические рекомендации в транспортном хозяйстве [58], строительстве [59]. Для нефтехимического комплекса используются правила, разработанные как ОАО «Газпром» [60], так и ОАО «ЛУКОЙЛ» [61]. Например, существуют такие требования.

Выдержки из требований ОАО «Промсвязьбанк» [62, с. 24]. Типы проектов, соответствующих требованиям RUSEFF:

- замена или модернизация энергоемкого промышленного оборудования;
- замена или восстановление котлов, улучшение теплоизоляции, установка регенеративных горелок и др.;
- переход от электрического отопления к отоплению от сгорания топлива;
- установка более эффективных ходильных установок/чиллеров;
- внедрение энергосберегающих мероприятий в промышленных/офисных зданиях.

Требования к проектам в рамках RUSEFF:

- минимальный объем энергосбережения в результате реализации этих проектов должен быть не ниже 10 %;
- сокращение расходов компании на энергоносители в результате реализации мероприятий;
- объем несвязанных выгод, не связанных с энергетикой, не должен быть принят во внимание при оценке проекта.

Выдержки из требований Банка «Центр-инвест» [62, с. 24]: всего реализовано 220 проектов, что позволило сократить выбросы CO₂ в атмосферу на 66,9 тыс. т/г. (эквивалент выбросов 39 тыс. легковых автомобилей).

Выдержки из требований ОАО «ВБРР» к инвестиционным проектам в сфере энергетики и энергоэффективности для целевой аудитории:

- крупные энергоемкие производства;
 - государственные и муниципальные предприятия в области ЖКХ (тепловые и электрические сети, водоканал и др.);
- а) в случае, если банк является источником финансирования:
- 1) в энергетике, включая ЖКХ:
 - максимальный объем кредита на одно юридическое лицо — 1,1 млрд руб.;

- срок окупаемости не более 5 лет (простой) и 7 лет (дисконтированный);
 - внутренняя норма доходности (IRR) — не менее 20 %;
- 2) в проектах энергоэффективности:
- максимальный объем кредита на одно юридическое лицо — 1,1 млрд руб.;
 - энергосберегающий эффект не менее 20 %;
 - срок окупаемости не более 5 лет (простой) и 7 лет (дисконтированный);
 - внутренняя норма доходности (IRR) — не менее 20 %;
- б) в случае, если банк является инвестором проекта:
- 1) в энергетике, включая ЖКХ:
- максимальный объем кредита на одно юридическое лицо не ограничен;
 - срок окупаемости не более 10 лет (простой) и 12 лет (дисконтированный);
 - внутренняя норма доходности (IRR) — не менее 20 %;
 - участие банка в проектной компании не менее 50 % + 1 акция;
- 2) в проектах энергоэффективности (энергосервис):
- максимальный объем кредита на одно юридическое лицо не ограничен;
 - энергосберегающий эффект не менее 20 %;
 - срок окупаемости не более 5 лет (простой) и 7 лет (дисконтированный);
 - внутренняя норма доходности (IRR) — не менее 20 %;
 - участие банка в проектной компании не менее 50 % + 1 акция.

Выдержки из требований Нижегородского НБД-Банка, Внешэкономбанка, Россельхозбанка и ряда других банков [62, с. 25—27], имеющие основой кредитной деятельности исключительно показатели размера кредита, надежности его обоснования, срока возврата средств.

Следующая проблема заключается в нежелании банков участвовать в энергосберегающих проектах в связи с серьезными финансовыми рисками. Ключевыми становятся те требования, которые выдвигает банк, предоставляя кредит:

- ТЭО, проектно-сметная документация и четкий график платежей;
- безубыточная деятельность заемщика в последние 2—3 г.;
- банки, в основном, ориентируются на срок кредитования 1—3 г., в редких случаях до 5 лет;

- некоторые структуры готовы кредитовать только конечного получателя инвестиций (организацию, в интересах которой проводится энергосбережение).

Выдержки из требований ОАО «Сбербанк России», предъявляемые к энергосберегающим проектам [62, с. 26]:

- стабильная финансово-экономическая деятельность заказчика и исполнителя;
- финансовая состоятельность проекта, т.е. объем денежных средств, сэкономленных заказчиком в результате реализации проекта, должен превышать объем платежей по энергосервисному договору;
- возврат кредита исполнителем осуществляется преимущественно за счет средств, генерируемых проектом;
- заказчик и/или исполнитель готовы вложить собственные средства для реализации проекта в размере не менее 30 % от стоимости проекта;
- максимальный срок кредитования — до 7 лет.

В Китае [62, с. 30] компании, желающие получить кредит в рамках программы, должны обеспечить 30 % требуемых инвестиций за свой счет, а остальное в рамках кредитов. В связи с ухудшающейся экологической обстановкой в промышленных зонах Китая, основной упор помимо экономических показателей, делается на снижение выбросов CO₂.

В Таиланде [62, с. 30] основой принятия решений о кредитовании декларируется только прибыльность.

В Индии [62, с. 30] цели программы такие:

- привлечь дополнительные финансовые ресурсы для реализации проектов, направленных на повышение энергетической эффективности;
- получить техническое содействие по вопросам подготовки и реализации проектов энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработать новые финансовые инструменты SIDBI.

Часть организованного в Индии фонда предназначается для реализации энергоэффективных проектов в бюджетной сфере в рамках ЧПП.

Ключевыми требованиями для получения кредита является удельный эффект уменьшения выброса парниковых газов — 25 т CO₂-эквивалента на 22,5 тыс. дол. США инвестиций.

В Венгрии [48, с. 31] организациям, выдающим кредиты на реализацию энергосберегающих проектов, оказывают техническую помощь как кредитным организациям, так и разработчикам проектов.

Большинство методических рекомендаций по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосбережение сводятся к сравнению двух и более различных вариантов энергосберегающих мероприятий с последующим выбором наиболее эффективного варианта [32], [63]. Проекты сравниваются по общественной, технической и экономической эффективности. Наиболее распространенные упрощенные экономические методы основаны на использовании учетных оценок результатов инвестиционной и производственно-хозяйственной деятельности [59], [60], [61], [64]. При их использовании не рассматривается весь расчетный период, не учитывается изменение стоимости денег со временем, а выделяются наиболее характерные периоды времени.

Оценка вариантов энергосберегающих мероприятий на основе расчета критериев экономической эффективности инвестиций в общем виде могут быть подразделены на следующие этапы.

1. Определение существующих начальных условий.

Определение платежей за потребляемые энергоносители для существующего (неэнергоэффективного) оборудования [65]:

$$DK_{\text{ЭНЕРГИЯ}} = \sum_{i=1}^{T_0} \sum_{j=1}^{12} (П_{\text{П.У.}_i_j} C_{\text{ТАР}_i_j}), \quad (2.1)$$

где $DK_{\text{ЭНЕРГИЯ}}$ — расходы на ежемесячные оплаченные счета за энергоносители за период T_0 , руб. Источник — бухгалтерия заказчика;

T_0 — период, за который проводится анализ потребления энергетического ресурса, предполагаемого к энергосбережению. Как правило принимается $T_0 = 3$ —5 лет. Источник — проектная служба исполнителя;

$П_{\text{П.У.}_i_j}$ — ежемесячные показания приборов учета исследуемых энергоносителей за T_0 . Здесь i — номер года, j — номер месяца. Источник — техническая служба заказчика;

$C_{\text{ТАР}_i_j}$ — тарифные ставки для заказчика на исследуемые энергоносители за T_0 . Источник — поставщик энергоносителя.

Эксплуатационные затраты для поддержания существующего оборудования в работоспособном состоянии за период T_0 :

$$DK_{\text{ЭКСПЛ}} = \sum_{i=1}^{T_0} \sum_{j=1}^{12} (\Pi_{\text{П.У.}_i_j} C_{\text{ТАР}_i_j} + DK_{\text{ЭКСПЛ}_i_j} + DK_{\text{РАЗ}_i_j} + D\mathcal{E}_{\text{РАЗ}_i_j}), \quad (2.2)$$

где $DK_{\text{ЭКСПЛ}_i_j}$ — ежемесячные расходы на эксплуатационные и ремонтные работы за T_0 , руб. Источник — бухгалтерия заказчика;

$DK_{\text{РАЗ}_i_j}$ — иные ежемесячные разовые расходы по проекту, например, штрафы экологические санкции из-за эксплуатации старого оборудования за T_0 , руб. Источник — бухгалтерия заказчика;

$D\mathcal{E}_{\text{РАЗ}_i_j}$ — иные ежегодные разовые доходы по проекту, например, остаточная стоимость реализации старого оборудования за T_0 , руб. Источник — бухгалтерия заказчика.

2. Определение начальных инвестиций:

$$DK_{\text{НАЧАЛЬН.ЭСК}} = DK_{\text{ПРОЕКТ}} + DK_{\text{ОБОРУД}} + DK_{\text{РИСК.РАСХОДЫ}} + DK_{\text{НАЛОГ}} + DK_{\text{ИНЫЕ.РАСХОДЫ}}, \quad (2.3)$$

где $DK_{\text{ПРОЕКТ}}$ — капиталовложения на проектные работы, руб. Источник — проектная служба исполнителя [65];

$DK_{\text{ОБОРУД}}$ — капиталовложения на энергосберегающее оборудование и строительно-монтажные работы, руб. Источник — проектная служба исполнителя;

$DK_{\text{РИСК.РАСХОДЫ}}$ — затраты на непредвиденные расходы, руб. Источник — монтажная служба исполнителя;

$DK_{\text{НАЛОГ}}$ — затраты на налоги, руб. Источник — монтажная служба исполнителя;

$DK_{\text{ИНЫЕ.РАСХОДЫ}}$ — затраты на иные расходы, руб. Источник — бухгалтерия и монтажная служба исполнителя.

3. Определение инвестиций во время эксплуатации:

$$DK_{\text{ЭКСПЛ.ЭСК}} = DK_{\text{ЗАМЕНА}} + DK_{\text{РАСХОДН.МАТЕР.}} + DK_{\text{З.П.}}, \quad (2.4)$$

где $DK_{\text{ЗАМЕНА}}$ — капиталовложения на замену оборудования согласно календарного плана, руб. Источник — проектная служба исполнителя;

$DK_{\text{РАСХОДН.МАТЕР.}}$ — капиталовложения на расходные материалы и оборудование, руб. Источник — проектная служба исполнителя;

$DK_{\text{З.П.}}$ — затраты на зарплату обслуживающего персонала, руб. Источник — бухгалтерия и проектная служба исполнителя.

4. *Определение ежегодных новых затрат на энергоносители:*

$$DK_{\text{ЭНЕРГИЯ.ЭСК}} = \sum_{i=1}^{T_{\text{ЭСК}}} \sum_{j=1}^{12} (P_{\text{П.У.ЭСК}_i_j} C_{\text{ТАР.ЭСК}_i_j} T_{\text{ЭКСПЛ.}}), \quad (2.5)$$

где $T_{\text{ЭСК}}$ — срок энергосервисного договора, лет. Источник — проектная служба исполнителя;

$P_{\text{П.У.ЭСК}_i_j}$ — ежемесячные прогнозные показания приборов учета исследуемых энергоносителей за период $T_{\text{ЭСК}}$. Источник — проектная служба исполнителя;

$C_{\text{ТАР.ЭСК}_i_j}$ — тариф на энергоноситель (прогнозный). Источник — поставщик энергоносителя;

$T_{\text{ЭКСПЛ.}}$ — срок эксплуатации (принимается гарантийный) энергосберегающего оборудования, лет.

5. *Определение ежегодных затрат на эксплуатационные работы* не имеет смысла, поскольку в рамках энергосервисного договора оборудование, как правило, состоит на гарантии производителя. Поэтому «стоимость расходных материалов и оборудования» для исполнителя performance contract равна нулю.

6. *Ожидаемые потери от аварий и иных нештатных ситуаций* [5, п. 10.3], учитывающиеся в составе затрат при наличии соответствующей информации.

В денежных потоках от инвестиционной деятельности учитываются:

- вложения в основные средства на всех шагах расчетного периода;
- затраты, связанные с прекращением проекта (например, на восстановление окружающей среды);
- вложения в прирост оборотного капитала;
- доходы от реализации имущества и нематериальных активов при закрытии организации.

7. *Определение других ежегодных расходов или доходов:*

$$DK_{\text{ЭКСПЛ.ДОП. ЭСК}} = \sum_{i=1}^{T_0} \sum_{j=1}^{12} (DK_{\text{РАЗ.ЭСК}_{i-j}} + D\mathcal{E}_{\text{РАЗ.ЭСК}_{i-j}}), \quad (2.6)$$

где $DK_{\text{РАЗ.ЭСК}_{i-j}}$ — доходы из-за повышения производительности (прогнозное), руб. Источник — проектная служба исполнителя;

$D\mathcal{E}_{\text{РАЗ.ЭСК}_{i-j}}$ — доходы из-за уменьшения штрафных санкций (прогнозное), руб. Источник — проектная служба исполнителя.

8. Расчет экономической эффективности от эксплуатации

$$\Delta_{\text{ЭСК}} = DK_{\text{НАЧАЛЬН.ЭСК}} + DK_{\text{ЭКСПЛ.ЭСК}} - DK_{\text{ЭКСПЛ.ДОП. ЭСК}} - DK_{\text{ЭНЕРГИЯ.ЭСК}} \quad (2.7)$$

9. Оценка остаточной стоимости оборудования и материалов.

По условиям договора на оказание энергосервисных услуг для бюджетных организаций энергосберегающее оборудование совместно со всеми осуществленными отделимыми и неотделимыми улучшениями в конце срока договора переходят в собственность заказчика. Реализация исполнителем оборудования и материалов по остаточной стоимости невозможна, поэтому остаточная стоимость (рыночная стоимость в конце проекта) равна нулю.

10. Выбор ставки дисконтирования.

Ставка дисконтирования (коэффициент дисконтирования) — это процентная ставка, используемая для перерасчета будущих потоков доходов в единую величину текущей стоимости. Ставка дисконтирования применяется при расчете дисконтированной стоимости будущих денежных потоков.

Рассчитать ставку дисконтирования можно по формуле

$$r = r_b + r_s + r_0 + r_K + r_L, \quad (2.8)$$

где r_b — базовая ставка по эмитенту — ставка прогнозируемой доходности по валютным (долларовым) корпоративным облигациям данного эмитента (учитывает собой премию за кредитный риск);

r_s — премия за страховой риск для владельцев долевых инструментов (учитывает риск вложения средств в долевые инструменты, характерный для российского рынка акций по сравнению с облигационным рынком);

r_0 — премия за отраслевые риски (учитывает в себе волатильность денежных потоков, обусловленную отраслевой спецификой);

r_K — премия, связанная с риском некачественного корпоративного управления;

r_I — премия за риск неликвидности акций эмитента.

Также величину ставки дисконтирования можно принять равной показателю WACC (weighted average cost of capital):

$$WACC = \frac{E}{K} y + \frac{D}{K} b(1 - X_C);$$
$$K = D + E, \quad (2.9)$$

где E — всего собственного капитала;

K — всего инвестированного капитала;

y — требуемая или ожидаемая доходность от собственного капитала;

D — всего заемных средств;

b — требуемая или ожидаемая доходность от заемных средств;

X_C — ставка налога на прибыль для компании.

Наиболее сильное влияние на экономику проекта оказывает изменение стоимости денежных средств. Коэффициент дисконтирования при плановой экономике $r = 8 \%$, а в условиях рыночной рассчитывается в зависимости от сценарных условий [59]. Как правило, он принимается равным коэффициенту средневзвешенной стоимости капитала, который учитывает стоимость собственных и заемных средств. Заемные средства оцениваются с учетом инфляции, выплаты процентов по кредиту или дивидендов, в случае акционерного общества [59]. В случае, когда величина заемных средств составляет 60 %, а собственных — 40 %, величина WACC равна 0,15 (15 %).

В настоящее время существует несколько методов оценки экономической эффективности проекта с учетом изменения стоимости денежных средств, которыми пользуются в Европе и США.

11. *Длительность энергосервисного договора* на практике численно приравнивается к показателю «срок окупаемости капиталовложений с учетом дисконтирования», который представляет собой период времени, в течение которого сумма чистой прибыли покрывает инвестиции [56].

Определение показателя «простой срок окупаемости» (Pay-Back Period, *PBP*) без учета дисконтирования осуществляется по формуле

$$PBP = \frac{\text{Cost of Project}}{\text{Annual Cash Inflow}} = \frac{\sum DK}{DЭ}, \quad (2.10)$$

где PBP — бездисконтный срок возврата инвестиций, лет;

$\text{Cost of project} = \sum DK$ — суммарные по годам капитальные вложения и инвестиции в реализацию энергосберегающего мероприятия, руб.;

$\text{Annual Cash Inflow} = DЭ$ — ежегодная средняя экономия топливно-энергетических ресурсов, получаемая от реализации энергосберегающего мероприятия, руб./г.

Недостатки показателя PBP заключаются в том, что он не учитывает:

- 1) доходы, получаемые после выкупа инвестиций, следовательно, не дает информацию о рентабельности проекта;
- 2) воздействие временного фактора на стоимость денег;
- 3) реинвестиции.

В общем виде можно констатировать, что PBP может использоваться для энергосервисных проектов с быстрой окупаемостью. При значительных сроках окупаемости PBP является неточным.

В качестве показателя, учитывающего снижение стоимости денег с течением времени, используется дисконтированный срок окупаемости (Discounted Pay-Back Period, $DPBP$):

$DPBP = N$, при котором

$$\sum_{t=0}^N \frac{\Delta CF_t}{(1+r_t)^t} = 0, \quad (2.11)$$

где ΔCF — изменение относительно предыдущего года количества наличных средств, полученных в качестве годового дохода от энергосберегающего мероприятия; r_t — расчетная норма дисконта на периоде t , %.

Для принятия решения по реализации проекта учитывают дисконтированный срок окупаемости.

В случае, если уже известны показатели r и PBP , удобнее воспользоваться формулой [66]:

$$DPBP = \frac{-\ln(1 - r \cdot PBP)}{\ln(1 + r)}, \quad (2.12)$$

где норму дисконта рекомендуется принимать равной 10—12 % (0,10—0,12).

12. *Чистая прибыль* ($\Pi_{\text{ч}}$) — определяется по характерному году расчетного периода, когда достигнут проектный уровень производства, но еще продолжается возврат капитала [66]:

$$\Pi_{\text{ч}} = O_{\text{р}} - \text{И} - \text{Н}, \quad (2.13)$$

где $O_{\text{р}}$ — объем сэкономленных средств, без учета НДС, вычисленный с применением методики расчета в сопоставимых условиях относительно базового года, руб.; И — издержки, включая амортизацию и финансовые издержки, руб.; Н — налог на прибыль, руб.;

13. *Рентабельность инвестиций (R)* характеризует прибыль, полученную с рубля вложенного капитала [66]:

$$R_i = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{K} = \frac{O_{\text{р}} - \text{И}^1 - \text{Н}}{K} = \frac{\Pi_{\text{ч}} + \text{И}_{\text{АМ}}}{K_{\text{АКЦ}}}, \quad (2.14)$$

где И^1 — годовые эксплуатационные издержки без учета затрат на амортизацию финансовых издержек, руб.;

$\text{И}_{\text{АМ}}$ — годовые амортизационные отчисления, руб.;

K — суммарный размер инвестиций, руб.;

$K_{\text{АКЦ}}$ — акционерный капитал, руб.

Сравнивая расчетную величину рентабельности инвестиций с минимальным или средним уровнем доходности, который определяется процентом ставки по кредитам, облигациям, ценным бумагам или депозитам, можно сделать заключение о целесообразности данного проекта. Если это значение меньше среднего уровня доходности, то реализацию проекта следует признать нецелесообразной.

14. *Рентабельность продукции в расчете на год*, исчисленная по чистому доходу ($R_{\text{ПДЧ}_1}$) и чистой прибыли ($R_{\text{ПЧП}_1}$), полученной от реализации нововведения:

$$R_{\text{ПДЧ}_1} = \frac{D_{\text{ч}_1}}{R_{\text{П}_1}} \cdot 100; \quad (2.15)$$

$$R_{\text{ПЧП}_1} = \frac{\Pi_{\text{ч}_1}}{R_{\text{П}_1}} \cdot 100, \quad (2.16)$$

где $D_{\text{ч}_1}$ — чистый доход, созданный за счет реализации нововведения, в расчете на год, руб.;

$R_{\text{П}_1}$ — объем продаж, полученный от применения нововведения, в расчете на год, руб.;

$\Pi_{\text{ч}_1}$ — чистая прибыль, полученная соответственно от реализации нововведения, в расчете на год, руб.

15. Прирост рентабельности в расчете на год, исчисленной по чистому доходу ($\Delta R_{ПЧД}$) и чистой прибыли ($\Delta R_{ПЧП}$), нововведения:

$$\Delta R_{ПЧД} = R_{ПЧД_1} - R_{ПЧД_0}; \quad (2.17)$$

$$\Delta R_{ПЧП} = R_{ПЧП_1} - R_{ПЧП_0}, \quad (2.18)$$

где $R_{ПЧД_1}$ — рентабельность продукции, исчисленная по чистому доходу, полученные, в расчете на год, %;

$R_{ПЧП_1}$ — рентабельность продукции, исчисленная по чистой прибыли, полученные, в расчете на год, %;

$R_{ПЧД_0}$ — рентабельность продукции, исчисленная соответственно по чистому доходу, полученные от применения аналога или старого оборудования, в расчете на год, %;

$R_{ПЧП_0}$ — рентабельность продукции, исчисленная соответственно по чистой прибыли, полученные от применения аналога или старого оборудования, в расчете на год, %.

16. Рентабельность продукции за весь срок реализации инновации, исчисленная по чистому доходу ($R_{ПЧД_1}$) и чистой прибыли ($R_{ПЧП_1}$):

$$R_{ПЧД_1} = \frac{ДЧ_{\text{ОБЩ}}}{РП_{\text{ОБЩ}}} \cdot 100; \quad (2.19)$$

$$R_{ПЧП_1} = \frac{ПЧ_{\text{ОБЩ}}}{РП_{\text{ОБЩ}}} \cdot 100, \quad (2.20)$$

где $ДЧ_{\text{ОБЩ}}$ — общий чистый доход, полученные в расчете на год, руб.; $ПЧ_{\text{ОБЩ}}$ — общий объем чистой прибыли, полученной за весь срок применения нововведения, руб.; $РП_{\text{ОБЩ}}$ — общий объем реализации продукции, полученной за весь срок применения нововведения, руб.

17. Прирост рентабельности за весь срок применения нововведения, исчисленной по чистому доходу ($R_{ПЧД_1}$) и чистой прибыли ($R_{ПЧП_1}$):

$$P_{\text{пчд}^1} = \frac{D_{\text{ч}_{\text{ОБЩ}}}}{P_{\text{П}_{\text{ОБЩ}}}} \cdot 100 - \frac{D_{\text{ч}_{0\text{ОБЩ}}}}{P_{\text{П}_{\text{ОБЩ}}}} \cdot 100 \quad (2.21)$$

$$P_{\text{пчп}^1} = \frac{P_{\text{ч}_{\text{ОБЩ}}}}{P_{\text{П}_{\text{ОБЩ}}}} \cdot 100 - \frac{P_{\text{ч}_{0\text{ОБЩ}}}}{P_{\text{П}_{0\text{ОБЩ}}}} \cdot 100, \quad (2.22)$$

где $D_{\text{ч}_{\text{ОБЩ}}}$ — общий чистый доход, полученные за весь срок применения нововведения, руб.;

$D_{\text{ч}_{0\text{ОБЩ}}}$ — общий чистый доход, полученные за весь срок применения нововведения или старого оборудования, руб.;

$P_{\text{ч}_{\text{ОБЩ}}}$ — общий объем чистой прибыли, полученной за весь срок применения нововведения, руб.;

$P_{\text{ч}_{0\text{ОБЩ}}}$ — общий объем чистой прибыли, полученной за весь срок применения нововведения или старого оборудования, руб.;

$P_{\text{П}_{\text{ОБЩ}}}$ — общий объем реализации услуг при внедрении нововведения, руб.;

$P_{\text{П}_{0\text{ОБЩ}}}$ — общий объем реализации услуг при внедрении аналога или использования старого оборудования, руб.

$P_{\text{П}_{\text{ОБЩ}}}$ — общий объем реализации аналогичных услуг, полученный за весь срок применения нововведения, руб.

18. *Дисконтированный доход (ДД)* — превышение дохода над затратами нарастающим итогом за расчетный период $DPBP$ (с учетом дисконтирования):

$$ДД = \sum_{t=0}^T \frac{(D_t - Z_t - И_t)}{(1 + r_t)}, \quad (2.23)$$

где D_t — денежные поступления в t -м году, руб. (в случае энергосервисного договора — экономия по оплате энергоресурсов от реализации энергосберегающего мероприятия);

Z_t — эксплуатационные расходы по реализации энергосберегающего мероприятия и другие платежи (налоги, пошлины и др.) в t -м году, руб.;

T — период, в течение которого осуществляются инвестиции и эксплуатация оборудования, а также извлекается доход от реализации мероприятия, лет.

Если чистый дисконтированный доход ЧДД > 0 , то энергосберегающий проект экономически целесообразен;

I_t — издержки, связанные с реализацией энергосберегающего мероприятия, руб.

19. Текущая стоимость ежегодной экономии (PV) [65]:

$$PV_{AS} = \sum_{t=1}^{DPBP} \frac{AS_t}{(1+r_t)^t}, \quad (2.24)$$

где PV_{AS} — текущая стоимость годовых сбережений, руб.; AS_t — годовая экономия в год t , руб.

20. Чистый доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий (Дч, Net Value, NV) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период:

$$NV = \sum_{t=1}^{DPBP} \Phi_t, \quad (2.25)$$

где суммирование денежных потоков Φ_t распространяется на все шаги расчетного периода.

21. Прирост чистого дохода, созданного за счет реализации нововведения, по сравнению с энергетически неэффективным оборудованием ($\Delta Дч$), в расчете на год [65]:

$$\Delta Дч = Дч_1 - Дч_0, \quad (2.26)$$

где $Дч_1$ — чистый доход, созданный за счет реализации нововведения, в расчете на год, руб.;

$Дч_0$ — чистый доход, созданный за счет применения энергетически неэффективного оборудования, в расчете на год, руб.

22. Чистый дисконтированный доход (ЧДД, чистая приведенная (или чистая текущая) стоимость, интегральный эффект, Net Present Value, NPV) — накопленный дисконтированный эффект за расчетный период [65]: определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами [34, подп. 2.8].

Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то размер ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле

$$\Xi_{\text{ин}} = \sum_{t=1}^{DPBP} \frac{(R_t - 3_t)}{(1 + r_t)^t}, \quad (2.27)$$

где R_t — результаты (в том числе сэкономленные затраты), достигнутые на t -м году реализации энергосервисного договора, руб.;

3_t — затраты, связанные с реализацией энергосберегающих мероприятий на t -м году реализации энергосервисного договора, руб.;

$\Xi_t = (R_t - 3_t)$ — эффект, достигаемый на t -м шаге.

Для современных организаций, в том числе бюджетных, показатель NPV удобно рассчитывать исходя из показателя операционной прибыли — $EBIT$ (Earnings Before Interest and Taxes) [65]: финансовый результат от энергосберегающих мероприятий до уплаты налога на прибыль и процентов по заемным средствам. Изменение операционной прибыли:

$$\Delta EBIT = \Delta TRm - \Delta TFC, \quad (2.28)$$

где ΔTRm — изменение маржинальной прибыли; ΔTFC — изменение постоянных затрат.

Изменение итогового денежного потока ΔCF (CashFlow):

$$\Delta CF = \Delta EBIT + \Delta A - \Delta H_{\text{ИПР}} - \Delta \text{Стоимость} OC, \quad (2.29)$$

где ΔA — изменение стоимости активов, руб.; $\Delta H_{\text{ИПР}}$ — изменение стоимости продукции, руб.; $\Delta \text{Стоимость} OC$ — изменение стоимости основных средств, руб.

Расчет изменения итогового годового денежного потока необходимо для анализа проекта. Рассчитав ΔCF для каждого года проекта, можно получить тенденцию погодового изменения ΔCF , а также рассчитать изменение итогового дохода нарастающим итогом за весь срок жизни проекта [65]:

Теперь, имея все необходимые рассчитанные данные, рассчитаем:

$$\Delta NPV = \sum_{t=0}^{DPBP} \frac{\Delta CF_t}{(1 + r)^t}. \quad (2.30)$$

Также NPV можно рассчитать по формуле

$$NPV = D\Xi_{\text{Д}} - DK, \quad (2.31)$$

где $D\Xi_{\text{Д}}$ — полный дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий, руб.;

DK — инвестиции в проектирование повышенного уровня энергосбережения зданий, руб.

23. *Внешние эффекты в денежных потоках от операционной деятельности* учитываются дополнительно для ГРБС такие, как увеличение или уменьшение доходов сторонних затронутых групп населения, обусловленное последствиями реализации проекта, рост качества услуг, улучшение здоровья [5, п. 10.3].

24. *Срок окупаемости капитальных вложений* (T_{Π}), [65], исчисленный по чистому доходу, созданному за счет реализации нововведения:

$$T_{\Pi} = \frac{K_{\Pi}}{D_{\text{ч}\Pi} / T_{\Pi}}, \quad (2.32)$$

где K_{Π} — общая сумма капитальных вложений, направленных в сферу производства на реализацию нововведения, руб.;

$D_{\text{ч}\Pi}$ — общая сумма чистого дохода, полученного за срок реализации нововведения в сфере его производства, руб.;

T_{Π} — срок полезного использования нововведения в сфере его производства, лет.

Для энергосервисного договора, условие $T_{\Pi} \geq DPBP$ желательно как механизм наиболее эффективного способа обеспечения исполнителем работоспособности энергосберегающего оборудования.

25. *Рентабельность капитальных вложений, исчисленная по чистому доходу*, созданному за счет реализации нововведения в сфере его производства ($P_{\text{к}\Pi}$):

$$P_{\text{к}\Pi} = \frac{D_{\text{ч}\Pi}}{K_{\Pi}} \cdot 100, \quad (2.33)$$

26. *Полный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий.*

1. Полный дисконтированный доход за счет экономии энергоресурсов за весь период эксплуатации энергосберегающих мероприятий $DЭд$, руб.:

$$DЭд = \frac{DЭ(1 - (1 + r)^{-T_{\text{сл}}})}{r}, \quad (2.34)$$

где $T_{\text{СЛ}}$ — срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий, лет, определяется по нормативным показателям или по данным фирм-производителей.

2. Полный доход за счет экономии энергоресурсов за все время эксплуатации энергосберегающих мероприятий при наращении (капитализации) поступающих доходов $DЭ_{\text{НР}}$, руб.:

$$DЭ_{\text{НР}} = \frac{DЭ[(1+r)T_{\text{СК}} - 1]}{r}. \quad (2.35)$$

27. *Индекс прибыльности:*

$$\Pi_{\text{И}} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(D_t - 3_t)}{(1+r)^t}}{I_0 + \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r_{\text{ВН}})^t}}, \quad (2.36)$$

где $r_{\text{ВН}}$ — внутренняя ставка дисконтирования, %.

Индекс прибыльности тесно связан с чистым дисконтированным доходом: если ЧДД доход > 0 , то $\Pi_{\text{И}} > 1$. Мероприятие считается экономически эффективным, если $\Pi_{\text{И}} > 1$. При необходимости выбора между несколькими проектами приоритетно энергосберегающее мероприятие с более высоким $\Pi_{\text{И}}$.

28. *Прирост прибыли за счет реализации нововведения ($\Delta\P$), в сравнении с аналогом в расчете на год [65]:*

$$\Delta\P = \Pi_1 - \Pi_0, \quad (2.37)$$

где Π_1 — прибыль, полученная, в расчете на год, соответственно от реализации инновации, руб.;

Π_0 — прибыль, полученная, в расчете на год, соответственно от применения аналога или старого оборудования, руб.

29. *Чистая прибыль, полученная от реализации нововведения ($\Pi_{\text{Ч}_1}$), в расчете на год [65]:*

$$\Pi_{\text{Ч}_1} = \Pi_1 - H_1, \quad (2.38)$$

где Π_1 — прибыль, полученная за счет реализации нововведения, в расчете на год, руб.;

H_1 — общая сумма налогов, уплаченных в бюджет и во внебюджетные фонды в части, относящейся к созданной на основе применения нововведения продукции, в расчете на год, руб.

30. Прирост чистой прибыли, полученной за весь срок реализации нововведения, в сравнении с аналогом ($\Delta\Pi_1$) в расчете на год [65]:

$$\Delta\Pi_1 = \Pi_{ч1} - \Pi_{ч0}, \quad (2.39)$$

где $\Pi_{ч0}$ — чистая прибыль, полученная, в расчете на год, соответственно от применения аналога или старого оборудования, руб.

31. Доля чистого дохода ($D_{дч1}$) в общей массе дохода, полученного за счет реализации нововведения, в расчете на год [065]:

$$D_{дч1} = \frac{D_{ч1}}{D_1} \cdot 100, \quad (2.40)$$

где $D_{ч1}$ — чистый доход, созданный за счет реализации нововведения, в расчете на год, руб.;

D_1 — доход, полученный за счет реализации нововведения, в расчете на год, руб.

32. Доля чистого дохода ($D_{дч1\text{ОБЩ}}$) в общей массе дохода, полученного за весь срок применения нововведения, [65]:

$$D_{дч1\text{ОБЩ}} = \frac{D_{ч1\text{ОБЩ}}}{D_{1\text{ОБЩ}}} \cdot 100, \quad (2.41)$$

где $D_{ч1\text{ОБЩ}}$ — общая масса чистого дохода, полученного за весь срок применения нововведения, руб.; $D_{1\text{ОБЩ}}$ — общая масса дохода, полученного за весь срок применения нововведения, руб.

33. Индекс доходности (ИД, норма прибыли, SIR) [65] представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений [34, подп. 2.8.]:

$$SIR = \frac{1}{K} \sum_{t=0}^{DPBP} \frac{R_t - Z_{t+}}{(1+r)^t} \quad (2.42)$$

Индекс доходности тесно связан с NPV . Он строится из тех же элементов и его значение связано со значением NPV : если NPV положительна, то $SIR > 1$ и наоборот. Если $SIR > 1$, проект эффективен, если $SIR < 1$ — неэффективен. Если $SIR > 1$, то проект принесет больше денег, чем на него потрачено.

34. *Внутренняя норма прибыли (IRR)* (внутренней нормы доходности, ВНД [65], Internal Rate of Return; внутренняя норма прибыли, рентабельности, возврата инвестиций — внутренняя норма прибыли, ставка сравнения, при которой сумма дисконтированных (приведенных) притоков денежных средств равна сумме дисконтированных оттоков.

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* больше и равен процентной ставки в анализе, то инвестиции оправданы (экономически целесообразны). Высокое значение *IRR* означает большую прибыль на вложенный рубль. При прочих равных условиях выбираются проекты с большей рентабельностью.

Отбор инвестиционных проектов является сложной проблемой при анализе вариантов энергосбережения. Анализ критериев эффективности для одного инвестиционного проекта показывает, что все критерии представляют разные версии концепции потока реальных денег и между ними наблюдаются определенные соотношения (табл. 2.1).

Т а б л и ц а 2.1

Соотношения экономических показателей проекта

Если	NPV	то	SIR	IRR
	> 0		> 1	$> r$
	< 0		< 1	$< r$
	$= 0$		$= 1$	$= r$

Эти соотношения критериев проверяют согласованность между критериями одного проекта, но не пригодны для выбора наилучшего проекта при сопоставлении альтернативных проектов.

Влияние на результат расчета критериев оказывает структура и распределение по времени привлекаемого капитала, структура потока реальных денег, длительность горизонта планирования, наличие/отсутствие ограничений по инвестициям.

Ни один из этих критериев сам по себе недостаточен при отборе наиболее экономичного проекта из числа сравниваемых проектов.

По взаимозависимости друг от друга энергосберегающие проекты можно разбить на три группы [65]:

- независимые проекты, каждый из которых может осуществляться отдельно без влияния и вне связи с другими;
- зависимые проекты, дополняющие друг друга, один не существует без другого;
- взаимоисключающие проекты, когда реализация одного предполагает отказ от другого.

В случае заключения энергосервисных договоров основная задача состоит в выборе лучшего энергосберегающего мероприятия из нескольких предложений. Поэтому в дальнейшем в работе особо рассматривается группа взаимоисключающих проектов.

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 2.2.

Т а б л и ц а 2.2

Анализ методов оценки эффективности инвестиций в условиях рынка

Количество проектов	Характер связи проектов	Ограничения по инвестициям	Критерии отбора
Один	Независимые	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
Несколько	Независимые	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
		Есть	$SIR > 1$, ранжирование по степени снижения SIR
	Зависимые	Нет	$NPV > 0$, с высоким NPV
		Есть	$SIR > 1$, с высоким NPV
	Взаимоисключающие	Нет	$NPV > 0, NPV$ максимальный

35. *Дисконтированный индекс рентабельности DPI (Discounted Profitability Index). DPI* показывает отношение чистого дисконтированного дохода за рассматриваемый период к дисконтированной сумме затрат на проект. Иными словами удельную величину чистой дисконтированной прибыли на единицу дисконтированных вложений

$$DPI = 1 + \frac{NPV}{\sum_{t=0}^{DPBP} \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (2.43)$$

где I_t — инвестиции в t -м году.

В случае, когда $DPI \geq 1$, проект является привлекательным: чем выше этот показатель, тем более привлекателен проект.

Для оценки эффективности инвестирования в технологическое переоснащение предприятий используется *показатель эффективности инвестирования в технологическое переоснащение предприятий* [67]:

$$\mathcal{E}_{\text{ит}} = \left(\left(T/T_6 \right)^{\alpha_T} \cdot \left(P/P_6 \right)^{\beta_T} \cdot \left(R/R_6 \right)^{\gamma_T} \right) / (\Delta I_T / K), \quad (2.44)$$

где T — функциональный уровень инвестируемой инновационной технологии предприятий;

T_6 — базовый функциональный уровень технологии предприятий;

P — производительность инвестируемой инновационной технологии предприятий;

P_6 — производительность базовой технологии предприятий;

R — рентабельность продукции, производимой по инновационной технологии;

R_6 — рентабельность продукции, производимой по базовой технологии;

$\Delta I_{\text{п}}$ — приращение инвестиций в разработку и освоение инновационных технологий;

K — величина капитала предприятий;

$\alpha_T, \beta_T, \gamma_T$ — нормированные весовые коэффициенты относительных оценок функционального уровня технологий, производительности технологий и рентабельности создаваемой с их помощью продукции, определяемые экспертным методом исходя из условия $\alpha_T + \beta_T + \gamma_T = 1$.

Если используется показатель эффективности инвестирования в технологическое переоснащение предприятий, то он оценивается через взвешенные относительные изменения уровня производительности и рентабельности продукции на фоне относительного приращения инвестиций в технологическое переоснащение.

Необходимо отметить, что на фоне достаточно хорошо адаптирующихся для бюджетной сферы моделей оценки экономических и социальных последствий от вхождения в энергосервисный договор, недостаточно проработан вопрос определения базового уровня потребления энергоносителей. Следствием упомянутой проблемы является сложность определения экономической эффективности от эксплуатации при сопровождении реальных энергосервисных договоров.

Приведенная модель оценки экономической целесообразности вхождения заказчика и исполнителя в энергосервисный договор является наиболее распространенной, доступной, но не единственной используемой для решения аналогичных задач. Приведенные показатели, начиная с п. 9, призваны позволить оценить проект в относительных единицах, что облегчает возможность сравнения и ранжирования нескольких энергосберегающих проектов для выбранного объекта.

На основе проведенного анализа можно сделать выводы.

1. Оценка экономической эффективности энергосервисных договоров имеет сложный характер и требует значительного объема точных исходных данных.
2. Составление универсального экономического обоснования эффективности энергосберегающих мероприятий для объекта существенно затруднено различающимися условиями предоставления инвестиций.

Существенные риски для инвестора заключены в точности расчета ежемесячного энергосберегающего эффекта, составляющего основу возвратных выплат в пользу инвестора.

Определение энергосберегающего эффекта с требуемой инвестором достоверностью потребует наличия точных сведений об используемой технологии, об объекте модернизации, а также использования достоверной методики определения энергосберегающего эффекта в сопоставимых условиях. Более подробно технологии рассмотрены в следующей главе.

Глава 3

ДОСТУПНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

3.1. Индикаторы эффективности энергосберегающих мероприятий

Инженерная инфраструктура зданий бюджетных учреждений — сложный комплекс инженерных систем, потребляющих электрическую и тепловую энергии, природный газ, холодную и горячую воду.

В общем виде все экономически целесообразные мероприятия по энергосбережению можно разделить на следующие категории капиталоёмкости [29, п. 2, с. 10]:

- 1) малозатратные (до 100 тыс. руб.). Как правило, экономический эффект от их реализации за первый год сопоставим с капитальными и эксплуатационными затратами на энергосберегающие мероприятия. Осуществление происходит в порядке текущей деятельности Заказчика на основе заключения прямых договоров, осуществления безконкурсных процедур;
- 2) средnezатратные (до 3 млн руб.). Обычно общий объем экономических затрат на их выполнение за первые 3—5 лет сопоставим с экономический эффектом от их реализации.
- 3) высокзатратные (свыше 3 млн руб.). Срок окупаемости обычно превышает 5 лет.

Мероприятия пп. 2, 3 осуществляются путем размещения заказа на открытых торговых площадках и применения стандартных конкурсных процедур.

Достижение экономии энергоресурсов может быть реализовано как результат внедрения одного или множества различных энергосберегающих мероприятий.

Предварительным этапом внедрения энергосберегающего мероприятия на любом объекте является обеспечение измерений потребляемых энергоресурсов, на экономию которых направлено само мероприятие, например, установка автоматической системы контроля и учета потребляемой объектом энергии (АСКУЭ). Само по себе это не есть энергосберегающее мероприятие, так как не приводит к повышению энергетической эффективности инженерных систем. АСКУЭ позволяет установить и зафиксировать факт снижения объемов по-

требления энергоресурсов, что служит необходимым условием для использования механизма энергосервисного договора. Кроме того, контроль потребления энергоносителей позволяет оптимизировать их расход и, зачастую, снизить объем их потребления за счет организационных мероприятий. Следует также отметить, что большой диапазон возможностей по оптимизации финансовых расходов открывает использование многоставочных тарифов [68].

С 01.01.2011 г. [2, ст. 13, п. 3] использование проборов учета потребляемых энергоресурсов является обязательным. Индикатор результатов проекта — экономия средств за счет исключения оплаты необоснованно предъявляемых объемов энергоресурсов поставщиками имеет потенциал не менее 3,3 % от объема оплаты энергоресурсов. Срок окупаемости около полугода. Капиталоемкость мероприятия, как правило, может быть отнесена к категории низкзатратных.

Реализация АСКУЭ в рамках энергосервисного договора на практике встречается редко.

3.2. Энергосберегающие мероприятия в системе силового электрооборудования здания

Устройство частотного регулирования привода (ЧРП) — это система управления частотой вращения асинхронных двигателей. Асинхронный двигатель в России является самым массовым. В целом в мире асинхронными электроприводами потребляется около половины всей потребляемой двигателями электрической энергии [69] (рис. 3.1), при этом свыше 90 % от ее потребления приходится на асинхронные двигатели мощностью от 1 до 100 кВт.

Основные недостатки асинхронных двигателей следующие:

- нет возможности регулировать скорость без применения специальных устройств;
- относительно низкий $\cos\varphi \approx 0,7—0,9$ при номинальной нагрузке;
- большой ток холостого хода $I_{XX} = (0,35—0,85) I_{НОМ}$;
- пусковые токи, равные 5—7 номинальным токам.

Повышение энергетической эффективности двигателей — одна из приоритетных задач для электротехники. Наиболее экономически эффективным способом решения этой задачи является применение частотно-регулируемого привода. Мероприятие позволяет экономить затраты электрической энергии на привод оборудования.



Рис. 3.1. Распределение асинхронных двигателей в наиболее распространенных механизмах

В Европе регламентом (ЕС) 641/2009 принята обязательная *ErP* директива для насосов с мокрым ротором. Принят показатель *EEI* — индекс энергетической эффективности электрических двигателей, и показатель *MEI* — минимальный индекс эффективности. Принята также стратегия ужесточения индексов со временем. Например, с 1 января 2012 г. насосы должны иметь такую минимальную эффективность:

- при оптимальной нагрузке $MEI \geq 0,1$;
- при частичной нагрузке $MEI \geq 0,1$;
- при перегрузке $MEI \geq 0,1$.

С 1 января 2013 г. для насосов установлена следующая минимальная эффективность:

- при оптимальной нагрузке $MEI \geq 0,4$;
- при частичной нагрузке $MEI \geq 0,4$;
- при перегрузке $MEI \geq 0,4$.

Стандартом введены *IE2*, *IE3* — классы энергетической эффективности двигателя в соответствии с *IEC 60034-30*, в соответствии с Регламентом (ЕС) 640/2009 от Комиссии ЕС. *IE4* — это прогрессивный класс КПД двигателя в соответствии с *IEC TS 60034-31*.

Применение двигателей с ЧРП целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха у вытяжных систем на 6—26 % и у приточных систем на 3—12 %, при этом срок окупаемости может составлять от 5 месяцев [70]. Внедрение систем частотного регулирования, например, в приводах электродвигателей городских насосных станциях водоснабжения дает экономию электроэнергии 40—70 %, на насосных станциях дополнительно по теплу 20 %, по воде 15—20 %; окупаемость составляет 3—18 мес. [70].

Применение ЧРП подъемного устройства (лебедки) лифта значительно повышает комфортность при движении кабины, обеспечивает бесшумность и высокую точность остановки, увеличивает долговечность механического оборудования за счет плавных переходных электротехнических процессов, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40—60 %.

Пусковые токи асинхронных двигателей с ЧРП в 1,5—1,8 раза меньше, чем у некомпенсированных аналогов. Компенсированный асинхронный двигатель имеет пусковой момент на 10—35 % больше, чем традиционный двигатель, а максимальный момент — на 10—20 % больше, что позволяет использовать существующий двигатель для расширенного диапазона нагрузок механического потребителя. Повышается производительность электрической машины за счет улучшения на 0,5—1,0 % показателя скольжения в номинальном режиме и повышения КПД — на 5—7 % для малой и средней мощности, на 0,5—1,5 % для двигателей большой мощности.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой электроэнергии. По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к среднесрочным (от 3 до 5 лет). Капиталоемкость мероприятия: зависит от конструкции, но, как правило, общая стоимость модернизации может быть отнесена к среднезатратной.

Примером использования может служить МУП «Волгоградское коммунальное хозяйство» — одно из крупнейших предприятий Волгограда, обеспечивающее централизованное теплоснабжение. По си-

стемам центрального теплоснабжения и горячего водоснабжения г. Волгограда распределяется 4,5 млн Гкал тепловой энергии. Протяженность эксплуатируемого трубопровода составляет 946,5 км в 2-х трубном исчислении. Предприятие насчитывает 3,5 тыс. специалистов, обслуживающих 124 котельных установленной мощностью 2457,48 Гкал/ч; 321 ЦТП, МТП и насосных станций. В 2014 году произведена модернизация семи ЦТП и насосных станций с установкой ЧРП. До установки ЧРП потребление электроэнергии в год этими ЦТП составляло 1 102,0 тыс. кВт·ч., после установки — 659 кВт·ч. Экономический эффект составил: в натуральных показателях 443 265 кВт·ч., в денежном эквиваленте — около 2,35 млн руб.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно и экономически целесообразно.

Применение установок компенсации реактивной мощности (КРМ) служит одним из способов использования видов электроустановочного оборудования, снижающим значения полной потребляемой мощности. В зависимости от природы реактивной мощности компенсация может быть как индуктивного характера (индуктивный реактор), так и емкостного (батареи конденсаторов).

Установка КРМ позволяет:

- разгрузить от реактивного тока распределительные сети (распределительные устройства, кабельные и воздушные линии), трансформаторы и генераторы;
- снизить потери мощности и падение напряжения в элементах систем электроснабжения;
- сократить расходы на электроэнергию;
- ограничить влияние высших гармоник и сетевых помех;
- уменьшить асимметрию фаз (косвенно).

Наиболее распространенными генераторами реактивной мощности в зданиях жилого, общественного и производственного назначения являются электродвигатели. Например, электрический привод лифтов и вентиляционной нагрузки имеют $\cos\varphi \approx 0,65$ [71]. Установка КРМ целесообразно для любых потребителей, в узлах питания нагрузки которых имеют $\cos\varphi < 0,90$.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой электроэнергии. По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к краткосрочным (до 3 лет) для единичного прибора.

Капиталоемкость мероприятия зависит от количества установленных приборов. Окупаемость среднесрочная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможна и экономически целесообразно.

Использование блоков нормализации показателей качества электрической энергии (ПКЭ) — достаточно сложных устройств, использующих в основе своей работы измерение и управление ПКЭ с помощью управляемых схем полупроводникового исполнения. Устройства в зависимости от исполнения позволяют:

- разгрузить от реактивного тока распределительные сети (распределительные устройства, кабельные и воздушные линии), трансформаторы и генераторы;
- повысить эффективность процессов передачи и использования электроэнергии;
- снизить потери мощности и падение напряжения в элементах систем электроснабжения;
- ограничить влияние высших гармоник и сетевых помех;
- уменьшить асимметрию фаз;
- нивелировать увеличение гармонических составляющих токов и напряжений вследствие параллельного и последовательного резонансов;
- повысить $\cos\varphi$;
- сократить завышение требуемой мощности электрических установок;
- замедлить ускоренное старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока его службы;
- сократить вероятность межвитковых коротких замыканий в электрических машинах и вероятность пробоя изоляции в проводниках;
- снизить скорость старения конденсаторных батарей и иных элементов сети;
- сократить случаи ложного срабатывания релейной защиты, автоматических выключателей и УЗО.

Современные блоки нормализации показателей качества электрической энергии имеют в своем составе схемы на управляемых полупроводниках и могут контролировать, и вносить коррективы в большинство показателей качества электрической энергии [72]. Так снижение частоты питающей сети на 1 % приводит к увеличению потерь в сетях на 2 %. Увеличение фона гармоник тока в сети свыше допустимого приводят к увеличению потребления электрической энергии в среднем на 7—15 % для потребителей с потреблением тока не выше

16А [73]. Снижение напряжения (до -10% $U_{\text{НОМ}}$) для всех технологических установок приводит к снижению производительности, а при значительном снижении (свыше -10% $U_{\text{НОМ}}$) — к браку продукции. Например, при снижении напряжения на 7% у печи сопротивления для обжига заготовок из цветного металла мощностью 675 кВт продолжительность цикла увеличивается на 3—5 ч, при снижении напряжения на 10% обжиг становится невозможным. Понижение напряжения для люминесцентных ИС на 1% приводит к снижению светового потока на $3,6\%$ [74, с. 271], на 10% — к погасанию [74, с. 274]. При завышении напряжения на 10% потребляемая мощность для ЛЛ увеличивается на 20% , для ДРЛ — на 24% ; срок службы при этом для ЛН снижается на $92,2\%$, для газоразрядных — на 27% .

Источниками гармонических составляющих тока являются мощные потребители с резкопеременным графиком нагрузки, мощная вентильная нагрузка, производственные линии, оснащенные преобразователями электрической энергии. Гармоники тока генерируют также группы источников света, объединенные в большие осветительные установки. Современные КЛЛ, ДРЛ, ДНаТ, плазменные ИС, серпные лампы и др. работают исключительно на специально разработанных устройствах ЭПРА. Светодиодный светильник для своей работы использует специальные блоки питания, работа которых, как правило, основана на использовании метода широтно-импульсной модуляции (рис. 3.2) [75].

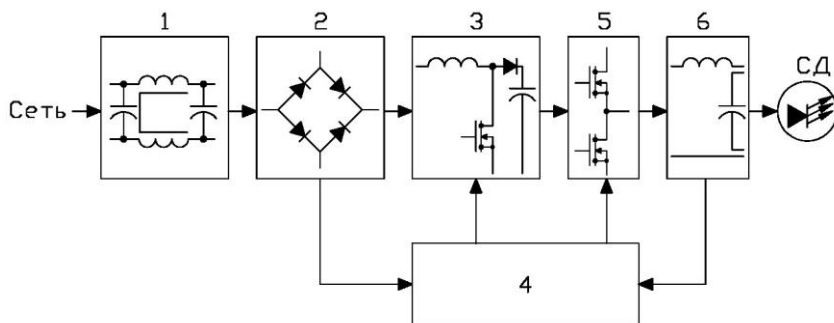


Рис. 3.2. Принципиальная схема дистанционно не управляемого СДС

1 — накопитель электромагнитной энергии, фильтр; 2 — выпрямитель; 3 — корректор формы потребляемого от электрической сети тока; 4 — блок управления; 5 — усилитель мощности; 6 — выходной каскад

Изменение напряжения на зажимах асинхронного двигателя на 1 % относительно номинала приводит к изменению в ту же сторону потребляемой активной мощности на 0,05—0,35 %, а реактивной — на 0,8—3,2 % [74, с. 272], что приводит к изменению момента на валу. Провалы напряжения до 15 % могут привести к выходу из строя конденсаторов, вентильных выпрямительных агрегатов, несанкционированному отпаданию контактов магнитных пускателей [74, с. 274].

Несимметрия фазных напряжений и повышенный фон гармонических составляющих тока приводят к перегреву обмоток электрических машин, ускоренному старению изоляции, перегоранию электрических схем, снижению срока службы элементов сети. Например, при коэффициенте несимметрии напряжения 4 % срок службы двигателя, эксплуатирующегося при полной загрузке снижается вдвое [74, с. 276].

Индикаторами результатов проекта являются снижение объемов потребляемой электроэнергии и снижение фона гармонических составляющих тока в питающей сети.

Срок окупаемости мероприятия может быть отнесен к долгосрочным (свыше 5 лет). Капиталоемкость мероприятия существенно зависит от объемов регулируемой нагрузки на объекте. Например, единичная стоимость блока с функциями нормализации фона гармонических составляющих тока и симметрирующим устройством мощностью до 300 кВ·А в расценках 2013 г. не превышает 500 тыс. руб. В среднем и крупном масштабе может быть оценена, как высоко затратная.

Установка устройств КРМ для перечисленных случаев позволяет снизить объем потребленной электроэнергии. Реализация мероприятия с использованием энергосервисного договора экономически целесообразна, но малопривлекательна из-за большого срока окупаемости.

Примером ЭСД с применением КРМ может быть проект Московского энергетического института. В оборудованный двумя вводами электрической энергии бассейн НИУ «МЭИ» с потреблением 289 712 кВт·ч/год (рис. 3.3) предложены два оптимизатора Normel ESSV-I 3.200-330-02», рассчитанного на номинальную полную мощность 220 кВ·А, ток 330 А.

Характеристики оптимизаторов:

- автоматическое поддержание уровней напряжения на нагрузке каждой из трех фаз в пределах нормально допустимых значений ($220 \text{ В} \pm 5 \%$, в соответствии с ГОСТ 13109—97). При изменении напряжения во входной питающей сети в пределах предельно допустимых значений ($220 \text{ В} \pm 10 \%$);

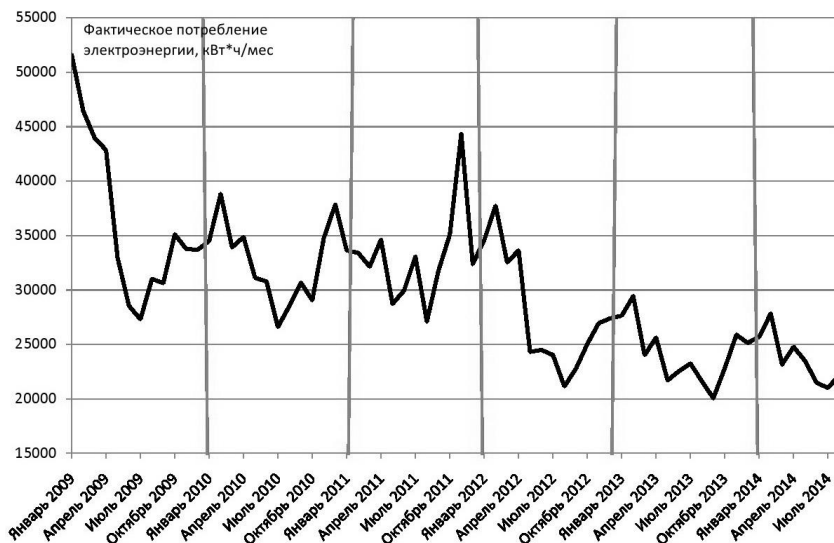


Рис. 3.3. Потребление бассейном НИУ «МЭИ» электрической энергии

- работа при нормальном напряжении в питающей сети 380/220 В;
- работа при нормальной частоте 50 Гц в пределах максимально допустимого значения в соответствии с ГОСТом 13109—97;
- рабочий диапазон входных фазных напряжений от 170 до 260 В;
- индикация текущего состояния устройства, значений измеряемых параметров (напряжения и тока на нагрузке, активной и реактивной мощности), а также управление режимами через встроенную панель оператора;
- программирование с панели оператора произвольных диапазонов нормализации напряжения в зависимости от характера нагрузки в целях достижения максимального эффекта экономии или создания наиболее благоприятных условий для работы оборудования;
- реализация режима «Тестирование эффективности», запускаемого с панели оператора, для получения текущих значений процента экономии при текущей нагрузке и текущих значениях питающего напряжения;
- обеспечение режима архивирования измеряемой информации для последующей записи на флэш-диск или передачи в компьютер, системы АСКУЭ и системы дистанционного мониторинга;

- ведение журналов событий, связанных с аварийными ситуациями или несанкционированным вмешательством в работу устройства и его просмотр с панели оператора или с подключенного компьютера;
- КПД устройства не ниже 99 % (собственное потребление не выше 1 %) при номинальной нагрузке;
- работа при максимальном токе нагрузки в каждой фазе до 300 А;
- диапазон рабочих температур от +5 до +40 °С;
- относительная влажность для работы при температуре воздуха 25 °С, не более 90 %;
- атмосферное давление для нормального функционирования 100 ± 4 кПа;
- вид климатического исполнения по ГОСТ 15150—69 не ниже УХЛ4;
- степень защиты оболочкой по ГОСТ 14254—69 — от IP-20 до IP-30;
- габаритные размеры не более — 800×800×400 мм при мощности 150 кВт·А;
- вес не более 2 кг на 1 кВт·А мощности.

Оборудование соответствует требованиям безопасности по ГОСТам 12.2.007.0, 12.2.007.11 и 12.1.030.

Ожидаемый энергосберегающий эффект составит 9,4 % от объема электроэнергии, потребленной в базовом 2013 г. Срок окупаемости проекта — 5 лет.

Комбинат питания НИУ «МЭИ» при установке трех оптимизаторов мощностью 220 кВт·А по оценке снизят электропотребление на 8,5 %. Срок окупаемости проекта оценивается в 4,5 г.

Современные устройства КРМ, например, производимые ООО «Энергия Оптимум», имеют также дополнительный функционал:

- выполнение функций прибора некоммерческого учета потребляемой энергии, в том числе, учета сэкономленной электроэнергии;
- режим «Тестирование эффективности», запускаемого пользователем непосредственно на устройстве получения текущих значений процента экономии;
- измерение и индикация пофазных значений тока, напряжения и cosφ на нагрузке. Внутреннее вычисление и индикация мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности;

- установка с панели оператора произвольных диапазонов нормализации напряжения в зависимости от характера создания наиболее благоприятных условий работы оборудования;
- частичная компенсация высокочастотных и импульсных помех за счет использования пассивного фильтра;
- частичная компенсация реактивной мощности;
- интеграция с АСУ верхнего уровня или SCADA по протоколу MODBUS через промышленные интерфейсы (RS-232, RS-485), Ethernet, канал GSM;
- обеспечение режима архивирования измеряемой информации для последующей передачи в компьютер, системы АСКУЭ и системы дистанционного мониторинга;
- ведение журналов событий, связанных с аварийными ситуациями или несанкционированным вмешательством в работу устройства и его просмотр с панели оператора.

Есть и другие примеры (проекты) применения оптимизаторов показателей качества электрической энергии, например, такие.

- ООО «Лобненский Водоканал» г. Лобня Московской обл., где установлены два оптимизатора по 420 кВ·А и два по 270 кВ·А. Достигнутая экономия составила 3—5 %. Дополнительный эффект заключается в защите дорогостоящего оборудования и снижении эксплуатационных затрат.
- ООО «СервисПлит» г. Вологда используя 4 КРМ по 90 кВ·А достигает 9 % экономии электроэнергии.
- Офис ООО «ПЭК» в г. Владимир, установив один оптимизатор мощностью 90 кВ·А, достигает экономии в 1 %.
- Учреждение, подведомственное Департаменту физической культуры и спорта г. Москвы, при двух установленных КРМ 90 кВ·А существенно повысил качество электрической энергии через устранение скачков напряжения. Достигнутый эффект — снижение эксплуатационных затрат.
- Установка в ООО «Альянс-Композит» г. Яхромы Московской обл. двух КРМ по 165 кВ·А, и одного мощностью 55 кВ·А в Никольском храме, расположенном в с. Домодедово Домодедовского р-на, Московской обл. позволило существенно снизить количество случаев провалов напряжения на нагрузке. Достигнутый эффект — снижение текущих затрат на перегоревшее оборудование.

- ЗАО «Рольф Эстейт» г. Москва использует пять оптимизаторов с паспортной мощностью 270 кВ·А каждый и один 220 кВ·А. Достигнутая экономия электроэнергии составляет 8,2—9 %. Ожидаемый срок окупаемости — 1,6 г.
- ГБОУ лицей № 1502 при МЭИ, используя один оптимизатор 270 кВ·А получает экономию электроэнергии в 11,5 %.
- ООО «Химпол», принадлежащий КГ «Комус», г. Реутов Московской обл., после установки трех КРМ мощностью 55 кВ·А, 85 кВ·А и 165 кВ·А, снизил электропотребление на 10,5 %.
- ООО «Фирма АЭРОФЬЮЭЛЗ УФА» г. Уфа после установки одного КРМ мощностью 55 кВ·А показала 10%-ю прямую экономию электроэнергии.

Модернизация электротермического оборудования. Около 15 % всей электрической энергии потребляется в разнообразных электронагревателях от самых мощных, до электрообогрева жилых помещений. На отдельных предприятиях металлургической промышленности электротермические установки потребляют до 80 % энергии. Наиболее распространенными являются *электрические печи сопротивления* (ЭПС), с нагревом за счет выделения тепловой энергии в сопротивлении при протекании через него электрического тока.

Сбережение электроэнергии в таких печах осуществляется за счет:

- выравнивания нагрузки в режимах плавки. Чем больше неравномерность загрузки тем большую мощность потребляет печь;
- эксплуатации печи в постоянной температуре (не давать остывать). Наибольшая экономия достигается при постоянном использовании печи;
- снижения потерь тепловой энергии через утепление внешнего контура агрегата. Суммарные потери со стен, днища и свода составляют до в пределах 12—15 %;
- снижения потерь тепловой энергии через излучение. Даже окраска кожуха печи алюминиевой краской снижает потери тепловой энергии на 2—3 %;
- соблюдение паспортных требований для печи ПКЭ.

Вторые по распространенности — *дуговые печи*. Плавка происходит за счет энергии электрических разрядов, поступающих из электродов в подготовленный для плавки материал. Мощность одной печи может достигать 100 МВт. Особенности печи являются крайне неравномерный график потребления мощности при плавке и генерация

в сеть высших гармонических составляющих тока. К энергосберегающим мероприятиям относятся все мероприятия для ЭПС, а также:

- правильный выбор электрического режима работы печи: ступеней напряжения трансформатора и тока дуги. Желательна установка быстродействующей автоматики;
- оптимальная укладка шихты в загрузочную корзину, подбор шихты по составу и размерам;
- использование тепла уходящих газов для предварительного подогрева поступающего воздуха. С печными газами уходит 15—17 % тепловой энергии в режиме закачки кислорода и 2—4 % — без такового режима;
- повышение коэффициента мощности и ПКЭ через использование конденсаторных батарей, реакторов, фильтров высших гармонических составляющих тока и напряжения;
- эксплуатация печи с закрытыми смотровыми дверцами (в противном случае потери 2,5—3,0 %);
- использование тепла охлаждающей воды (потери 3—7 %);
- снижение потерь в электрических элементах печи (потери 8—10 %).

Индукционные печи — основаны на выделении тепла при взаимодействии переменного электромагнитного поля с проводящими электрический ток материалами. Печи обладают высокой скоростью нагрева и подразделяются на установки промышленной частоты (50 Гц), средней частоты (50—10 000 Гц) и высокой частоты (свыше 10 кГц). Нагрев происходит за счет изменения частоты питающего напряжения, поэтому такие печи всегда оснащены преобразователями частоты, сильно греющимися во время работы. Для согласования напряжения преобразователя с требуемым напряжением индуктора используются специальные трансформаторы, также обладающие потерями холостого хода и потерями от рабочего тока. Поэтому к упомянутым ранее энергосберегающим мероприятиям относится также использование современных преобразователей частоты с минимальными тепловыделениями.

Использование электрических нагревателей для отопления помещений, подогрева тротуаров, нагрева воды и др. — крайне неэнергоэффективное мероприятие. Во всех возможных случаях следует использовать дополнительный подогрев от вентиляционных выбросов и др. Для повышения энергоэффективности можно использовать газовые нагреватели. При отоплении промышленных помещений и поме-

щений с высокими потолками (свыше 5 м) также рекомендуется использовать электрические инфракрасные обогреватели.

Реализация комплекса энергосберегающих мероприятий для модернизации электротермического оборудования на основе энергосервисного договора технологически возможна, но малопривлекательна экономически в силу сложности и индивидуальности применяемых решений. На момент середины 2014 г. не известны случаи серийной модернизации электропечей с использованием энергосервисного договора. Вместе с тем, относительно небольшие расчетные сроки окупаемости (до 5 лет), позволяют говорить о развитии данного направления энергосервисных договоров в будущем.

Приведенный перечень энергосберегающих мероприятий не является исчерпывающим для электрических сетей. Однако именно перечисленные мероприятия можно реализовывать через энергосервисные договоры. К мероприятиям, реализация которых за счет частного капитала маловероятна, но технологически целесообразна можно отнести, например, такие:

- оптимизацию нагрузки низковольтных трансформаторов (до 10 % снижения потерь) [70];
- использование солнечных фотоэлектрических преобразователей;
- использование накопителей электрической энергии;
- разгрузку пиковых нагрузок при использовании многоставочного тарифа на электроэнергию за счет использования ночного льготного тарифа.

Мероприятие, по сути, не являясь энергосберегающим мероприятием, так как потребляемый объем электроэнергии в сумме неизменен, позволяет снизить стоимость потребленной электрической энергии до 40 %.

3.3. Энергосберегающие мероприятия в системе электроосвещения здания

На электрическое освещение расходуется около 10—12 % производящейся в мире электрической энергии. На промышленных предприятиях на электрическое освещение потребляется в среднем 10 % потребляемой электроэнергии. На предприятиях машиностроения — до 7 %, в текстильной промышленности — до 30 %, на предприятиях легкой и пищевой промышленности — до 10 %. Энергосбережение в осветительных сетях актуально и необходимо.

Т а б л и ц а 3.1

Источники света и их средняя световая отдача

Источник света	Световая отдача ИС, лм/Вт
ЛН	10—15
IRC-галогенные ИС	18—35
Люминесцентные источники света (ЛЛ)	70—90
Компактные люминесцентные источники света (КЛЛ)	70—80
Светодиодные светильники (СДС)	60—120
Дуговые ртутные ИС высокого давления (ДРЛ)	100—120
Дуговые натриевые ИС высокого давления (ДНаТ)	120—150

Применение энергоэффективных источников света. Энергоэффективными принято считать источники света (ИС) с меньшим, по сравнению с лампами накаливания (ЛН), потреблением электрической энергии [71]. К ним относятся люминесцентные, галогеновые и светодиодные ИС (табл. 3.1, табл. 3.2) [75], [76, с. 189].

Одним из направлений развития галогенных ламп являются IRC-галогенные лампы. Сокращение IRC обозначает наличие покрытия, пропускающего видимый свет, и задерживающего инфракрасное (тепловое) излучение, отражая его назад, к спирали. За счет этого уменьшаются потери тепла и, как следствие, увеличивается эффективность лампы. Ультрафиолетовое излучение галогенных ИС уменьшено, что сводит риск выцветания объектов освещения к нулю.

Следует помнить, что применение источников света ограничивается санитарными нормами для различных помещений. На момент середины 2014 г. не рекомендуется применять СДС в учебных классах, аудиториях и др. По техническим причинам не рекомендуется применять стандартные ЛЛ в помещениях с пониженным температурным режимом.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой электроэнергии, снижение затрат на эксплуатацию системы освещения.

По сроку окупаемости замена ИС на более энергоэффективные обычно может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5 лет). При этом замена ЛН на максимально энергоэффективные ЛЛ снижает потребление в 5 раз, светодиодных светильников — в 8 раз; окупаемость 9—15 мес [70]. При замене люминесцентных источников света на светодиодные с одновременным использованием системы датчиков, срок окупаемости может оцениваться в диапазоне от 5 до 9 лет.

Т а б л и ц а 3.2

**Усредненные значения по снижению потребляемой электрической энергии
при замене источников света**

Мероприятие	Экономия электрической энергии, %
Переход: от ЛН на IRC-галогенные ИС	54—65
ЛН на ЛЛ	40—54
ЛН-100—00 на ЛЛ типа ЛБ-40—80	≈40
ЛЛ типа ЛБ-40 или ЛБ-80 на ЛТБЦ-36 или ЛТБЦ-36	≈13
от ЛН на КЛЛ	70—75
от ЛН на СДС	80—90
от ЛН на ДРЛ	41—47
ЛН-100—1000 на ДРЛ-250—1000 (понижение на 1 зрительную ступень)	≈47
ЛН-100—1000 на ДРЛ-250—1000 (понижение на 2 зрительных ступени)	≈40
ЛН-100—300 на ДРЛ-80—125 (понижение на 1 зрительную ступень)	≈23
ЛН-100—300 на ДРЛ-80—125 (понижение на 2 зрительных ступени)	≈5
ЛН на ДНаТ	57—71
ЛН-100—1000 на ДНаТ-250—400	≈70
ЛН-100—1000 на ДНаТ-25—400	≈57
ЛН-100—1000 на ДНаТ-50—100	≈62
ЛН-100—500 на ДНаТ-50—100	≈46
ЛН-100—1000 на ДРИ-250—1000 (понижение на 1 зрительную ступень)	≈66
ЛН-100—1000 на ДРИ-250—1000 (понижение на 2 зрительных ступени)	≈50
ЛН-100—500 на ДРИ-125—175 (понижение на 1 зрительную ступень)	≈54
ЛН-100—500 на ДРИ-125—175 (понижение на 2 зрительных ступени)	≈36
ДРЛ-250—1000 на ДРИ-250—1000	≈32
ДРЛ-250 на ДРИ 125 или ДРИ-175	≈12
ДРЛ-80 или ДРЛ-125 на ДРИ-125 или ДРИ-175	≈29
ДРЛ-250 или ДРЛ-400 на ЛЛ типа ЛЮ-40 или ЛБ-36	≈7
ДРЛ-250—1000 на ДНаТ-250—400	≈43
ДРЛ-80 или ДРЛ-125 на ДНаТ-50 или ДНаТ-100	≈38
ДРЛ-250 на ДНаТ-100	≈50
от ламп ДРЛ на лампы ДНаТ	38—50
Улучшение стабильности характеристик ИС	≈50
Снижение коэффициента запаса осветительной установки	20—30

Капиталоемкость мероприятия существенно зависит от объемов осветительной нагрузки на объекте. В среднем и крупном масштабе может быть оценена, как высокочрезвычайно затратная.

Реализация комплекса энергосберегающих мероприятий для внутреннего освещения зданий на основе энергосервисного договора технологически возможна, но малопривлекательна экономически в силу долгого срока окупаемости. Тем не менее, имеются успешные проекты, как завершенные, так и находящиеся в стадии окупаемости.

Отдельно необходимо отметить энергосервисные договоры на модернизацию уличного освещения. В силу относительной простоты контроля работоспособности установки, верификации эффекта в сопоставимых условиях и расчета экономической эффективности, энергосервис в уличном освещении в настоящее время является наиболее отработанным и используемым типом заключаемых договоров.

Например, в г. Кингисеппе Ленинградской обл. в начале 2014 г. был заключен энергосервисный договор на модернизацию 1730 световых точек уличного освещения. Цена энергосервисного договора составила 44 510, 086 тыс. руб. За период действия энергосервисного договора экономия электроэнергии составит около 9 640 тыс. кВт·ч [77].

Другим примером ЭСД может служить проект в наружном освещении г. Клинцы, где было установлено 3500 светильников. Объем инвестиций составил 20 млн руб. Экономический эффект — 8,5 млн руб./г. Расчетный процент экономии электроэнергии составил 42 % от базового уровня. Ожидаемый срок договора 5 лет.

Еще один пример — проект модернизации уличного освещения в г. Вельске Архангельской обл. [62, с. 20]. Проект предусматривает замену 1200 ртутных ламп на энергосберегающие натриевые светильники в г. Вельске, а также использование комплексной системы автоматического управления уличным освещением и модернизацию трансформаторных подстанций. Инвестиционные затраты составили 3,8 млн руб. Льготный кредит на условиях банка НЭФКО — 3,4 млн руб. Достижимый экономический эффект оценен в 871 тыс. руб./г., срок окупаемости — 4,4 г., технологический эффект — 261 тыс. кВт·ч/г., сокращение выброса парниковых газов — примерно 200 т CO₂-экв./г.

Замена электромагнитной пускорегулирующей аппаратуры (ЭмПРА) на электрическую пускорегулирующую аппаратуру (ЭПРА) для люминесцентных источников света актуальна в силу наличия потерь

мощности в дросселях ЭмПРА и позволяет повысить светоотдачу комплекта на 14—55 % [77, с. 189].

ЛН не нуждается в дополнительных преобразователях электрической энергии, а чтобы зажечь ЛЛ, необходимо прогреть ее электроды, подать на них высоковольтный импульс, после чего поддерживать на них рабочее напряжение, достаточное для поддержания тлеющего разряда. В середине XX в. ЛЛ для работы оснащались ЭмПРА, состоящей из дросселя и стартера. В состав дросселя входит трансформатор, который дополнительно потребляет электрическую энергию. Для устранения данного недостатка во второй половине XX в. широко стала применяться ЭПРА, работающая на основе управляемых схемных решений.

Таким образом, для ЛЛ основное энергосберегающее мероприятие состоит в замене светильников с ЭмПРА на аналоги с ЭПРА. Основное преимущество дросселя ЭмПРА — его относительная дешевизна, но он имеет следующие недостатки:

- значительное время запуска (до 3 с);
- значительное потребление электроэнергии (до 15 % от потребления ламп);
- дроссель издает гул, интенсивность которого растет с течением времени;
- большие масса и габариты;
- запуск лампы проблематичен при низких температурах окружающей среды;
- мигание осветительного прибора с частотой питающей сети, что негативно отражается на зрении и ограничивает сферу применения.

За рубежом дроссели для люминесцентных ламп по уровню потерь делятся на три класса: класс *D* — «нормальные потери» (для ламп мощностью 18 Вт — до 30 %, 36 Вт — 25 %, 58 Вт — 20 %); класс *C* — «пониженные потери» (соответственно 25, 20 и 15 %); класс *B* — «особо низкие потери» (20, 15 и 12 %). В целях экономии электроэнергии и защиты окружающей среды решением Международной экономической комиссии Европейского Союза с декабря 2001 г. производство дросселей класса *D* было прекращено во всех странах Европейского Союза, а с конца 2005 г. — прекращено производство и дросселей класса *C*. В отечественном ГОСТ 19 680 нет деления дросселей на классы по уровню потерь мощности. Опыт показывает, что

большинство дросселей отечественного производства относится к классу *D*. Электронные балласты более дорогие по сравнению с электромагнитным ПРА устройствами, однако начальные затраты компенсируются их высокой экономичностью, которая характеризуется:

- уменьшенным на 5—12 % энергопотреблением (при сохранении светового потока) за счет повышения светоотдачи лампы на повышенной частоте и более высокого КПД;
- увеличенным на 50 % сроком службы ламп благодаря щадящему режиму работы и пуска;
- снижением эксплуатационных расходов за счет сокращения числа заменяемых ламп и отсутствия необходимости замены стартеров;
- дополнительным энергосбережением до 80 % при работе в системах управления светом;
- стабилизация мощности и светового потока ламп при колебаниях напряжения питающей сети от 110 до 254 В.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой электроэнергии. Срок окупаемости мероприятия может быть отнесено к среднесрочным (от 3 до 5 лет). Капиталоемкость мероприятия существенно зависит от объемов осветительной нагрузки на объекте. В среднем и крупном масштабе может быть оценена, как средне затратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически целесообразна, но экономически малопривлекательна в силу значительного объема работ и относительно небольшого экономического эффекта.

Автоматизация систем электрического освещения позволяет обеспечивать автоматическое управление (включение/выключение, диммирование, дистанционное управление по времени и др.) светильников группами или рядами по мере изменения естественной освещенности помещений, а также осуществлять рациональное перераспределение, секционирование, зонирование и пр. Для достижения наибольшей энергетической эффективности (табл. 3.3) рекомендуется использование автоматического управления освещением с помощью фотоэлектрических датчиков, диммеров, таймеров, датчиков движения, освещенности и др., включающих группы светильников в зависимости от изменения естественной освещенности [76, с. 190].

Мероприятия по энергосбережению в осветительных сетях

Мероприятие	Экономия электрической энергии, %
Использование локализованного освещения в зависимости от доли вспомогательной площади помещения	до 40
Использование комбинированной системы освещения в зависимости от сложности зрительных задач	15—50
Применение интеллектуальных цифровых схем управления в энергоэкономичном варианте (современные ИС, ОП, ПРА) в зависимости от времени эксплуатации в течение суток	40—70

Индикаторы для принятия решения о внедрении систем автоматизации электроосвещения существенно зависят от человеческого фактора (индивидуальное восприятие освещенности рабочей поверхности), от ориентации светопрозрачных конструкций по сторонам света и поэтому не могут быть спрогнозированы с достаточной точностью. Преимущественно рекомендуется установка датчиков движения (рис. 3.4) в тех помещениях, где человек находится непродолжительное время (коридоры, лестницы, кладовые комнаты и др.).

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой электроэнергии, снижение затрат на эксплуатацию системы освещения.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к среднесрочным (от 3 до 5 лет).

Следует помнить, что в светильниках с регулятором яркости не могут применяться КЛЛ и большинство ЛЛ.

Капиталоемкость мероприятия существенно зависит от объемов осветительной нагрузки на объекте. В среднем и крупном масштабе может быть оценена, как средне затратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически целесообразна и экономически привлекательна.

Устройство светопроводящих труб типа «solartube» и световых зенитных фонарей позволяет экономить до в пределах 30—70 % [78] электрической энергии, расходуемой на искусственное освещение, за счет использования естественного солнечного света.

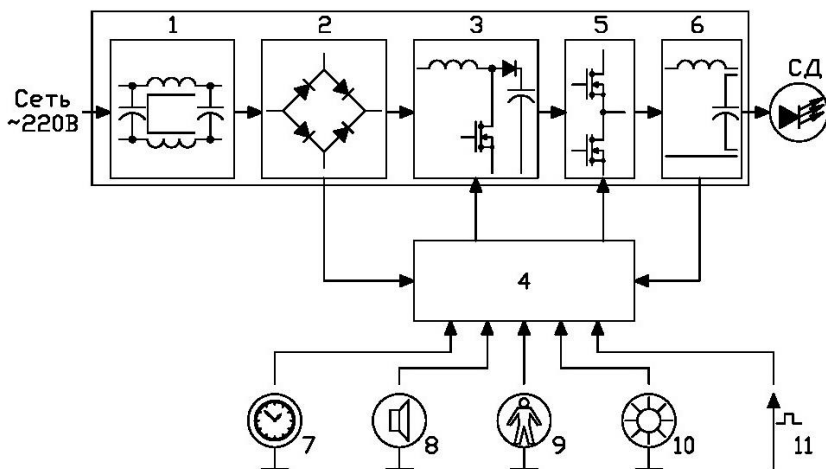


Рис. 3.4. Принципиальная схема управляемого от внешних датчиков СДС:

1 — накопитель электромагнитной энергии, фильтр; 2 — выпрямитель; 3 — корректор формы потребляемого от электрической сети тока; 4 — блок управления; 5 — усилитель мощности; 6 — выходной каскад; 7 — реле времени; 8 — датчик звука; 9 — датчик присутствия; 10 — датчик освещенности; 11 — элемент принятия сигналов извне по различным каналам (сухой контакт)

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к среднесрочным (от 3 до 5 лет в зависимости от исходного состояния ограждающих конструкций здания). Капиталоемкость мероприятия зависит от конструкции, но как правило, может быть отнесена к среднетратной.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически целесообразна и экономически привлекательна. Сложность состоит в необходимости внесения изменений в проект здания, что несет на себе дополнительные затраты. В настоящее время мероприятие внедряется в основном на этапе строительства либо капитального ремонта здания.

Примером эффективности может служить проект комплексной модернизации здания — офиса строительной компании *DPR Construction* в г. Феникс, штат Аризона, США. В офисе открытой планировки установлены высокоэффективные компактные люминесцентные лампы и датчики освещенности. Во всех остальных помещениях смонтированы датчики присутствия. Все светильники вне поме-

щений оборудованы светодиодными лампами. В совокупности с максимальным использованием дневного света и мотивацией персонала на выполнение плана по энергопотреблению эти проектные решения позволяют сократить фактическое потребление энергии системой искусственного освещения на 23 % относительно расчетных показателей [79, с. 19—23].

3.4. Энергосберегающие мероприятия в системе теплоснабжения здания

Установка узлов механического регулирования температуры теплоносителя в системах отопления резко снижает затраты на тепло, окупаемость затрат на установку узла учета в течение 2—6 мес, установка узлов регулирования подачи теплоносителя в тепловых пунктах снижает расход тепла на 20—30 % [70].

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой тепловой энергии на отопление здания. Срок окупаемости мероприятия колеблется в пределах от 1 до 3 лет, мероприятие может быть отнесено к краткосрочным.

Капиталоемкость мероприятия для одного прибора — до 400 тыс. руб. по данным на середину 2014 г.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно и экономически целесообразно.

Установка автоматизированных узлов учета и регулирования (АУУ) температуры теплоносителя в системе отопления или индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) позволяет автоматизировать управление теплопотребляющими системами здания. Традиционный элеваторный узел не имеет средств для регулирования расхода и температуры теплоносителя, что приводит к значительному перерасходу тепловой энергии особенно в демисезонный период.

Кроме возможностей автоматического регулирования, ИТП позволяет разделить по теплоносителю теплопотребляющие системы и тепловую сеть благодаря применению пластинчатых теплообменников.

Недостатком ИТП по сравнению с элеваторным узлом является его зависимость от электропитания.

Реконструкция ЦТП и ИТП проводится с применением энергоэффективного оборудования, систем автоматического регулирования потребления тепловой энергии, при этом внедряется комплексная обработка воды, переходят с открытой на закрытую циркуляционную систему ГВС.

Экономия тепловой энергии за счет ликвидации «перетоков» составляет 15—20 % и иногда достигает до 40 %. Вместе с мероприятием обычно также реализуют:

- *введение пониженного температурного графика* в ночное время и выходные дни. В помещениях зданий общественного и производственного назначения, когда они не используются и в нерабочее время, допускается снижение температуры воздуха до уровня 12 °С, при условии восстановления нормируемой температуры к началу использования помещения через повышение температуры теплоносителя выше требуемой по графику в течение 2—3 ч до начала использования помещения. Мероприятие позволяет суммарно экономить 10—15 % по отношению к прежнему теплопотреблению здания. Внедрение индивидуальных графиков отопления снижает расход до 20 % в производственных помещениях, до 40 % в административных [70]. Снижение температуры в жилых домах в ночное время позволяет сэкономить 2—3 % по отношению к теплоснабжению здания [71, п. 5];
- *регулирование расходов и температур* теплоносителя в зависимости от текущего уровня потребностей позволяет экономить значительную (от 15 до 20 %) долю тепловой энергии;
- *сочетание общедомового и постоянного регулирования* позволяет достичь экономии в 22—25 %;
- *удаление отложений со стенок тепловых приборов* позволяет восстановить теплопередачу отопительных приборов и снизить гидродинамическое сопротивление водного тракта. Образование накипи и отложений внутри приборов отопления толщиной 1 мм снижают теплоотдачу на 15 %. Наличие отложение 2—4 мм на теплопередающих поверхностях водогрейного котла приводит к снижению его КПД на 4—7 %. Удаление отложений со стенок теплообменников позволяет снизить перерасход топлива на 30 % и более [80, прил. 2, п. 2.5];
- *применение индивидуальных приборов* автоматической балансировки распределительных систем отопления. Экономия тепловой энергии за счет локального регулирования температуры достигает 5—15 % от общего потребления, $T_{OK} = 3,0$ г.;
- *установка теплоотражателя за отопительным прибором*. Передача теплоты от радиаторов к воздуху и интерьеру помещений осуществляется двумя путями: конвекцией и инфракрасным излучением. Чугунные секционные радиаторы

отдают около 80 % тепла излучением и 20 % конвекцией; алюминиевые — около 60 % тепла излучением и 40 % конвекцией; стальные панельные радиаторы с конвективным оребрением и конвекционные радиаторы передают от 20 до 40 % тепла излучением и 60—80 % конвекцией [76, с. 320]. Часть инфракрасного излучения радиатора направлена к стене, вследствие чего стена за радиатором нагревается до более высоких температур; повышаются теплопотери через стены. Установка теплоотражателя — фольгированного материала с низкой теплопроводностью на поверхность стены за радиатором, позволяет снизить потери тепловой энергии на 2—3 %. При установке теплоотражающего экрана за радиатором, располагающемся в нише стены, теплосберегающий эффект достигает 7—10 %;

- *балансирование отопительной нагрузки* позволяет исправить неотрегулированную отопительную нагрузку, приводящую к повышению температуры в здании или отдельных помещениях. Мероприятие имеет потенциал экономии тепловой отопительной энергии от 10 до 50 %;
- *восстановление тепловой изоляции на трубопроводах*, запорной и регулирующей арматуре позволяет снизить потери тепловой энергии в здании на 7—9 %. Восстановление термоизоляции труб тепловых сетей здания в неотапливаемых подвалах, чердаках и подобных помещениях имеют потенциал экономии тепловой отопительной энергии до 3 %. Срок окупаемости оценивается около 1,3 г.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой тепловой энергии, снижение затрат на отопление здания.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5, и даже свыше 8 лет), хотя имеются примеры коротких сроков: 4,0 г. Капиталоемкость мероприятия: средnezатратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно и экономически целесообразно.

Примером успешного внедрения АУУ в рамках ЭСД может быть проект установки независимых тепловых пунктов в 25 % зданиях г. Уфы в 2006 г. [62, с. 17]. Техническая поддержка и финансовый аудит обеспечены были банком ЕБРР в размере 0,5 млн евро. Осуществлен предварительный 10-летний займ в 360 млн руб. под гарантию г. Уфы. Энергосберегающий эффект: 8—10 % тепловой энергии горячей во-

ды; 20—30 % электрической энергии; 15 % химически обработанной воды, используемой в теплосетях.

Есть и другие примеры реализации договоров с элементами ЭСД в системах теплоснабжения, например, такие.

1. *Проект модернизации 16 котельных ОАО «Теплоэнерго» г. Нижний Новгород.* Суммарная установленная мощность котельных агрегатов 200 Гкал/ч. Проводились следующие работы: полная замена котлоагрегатов и горелочных устройств на современные высокоэкономичные и надежные модели (котлы BUDERUS 68 т шт., горелки CIB UNIGAS 68 шт.); замена насосного оборудования с установкой экономичных насосных агрегатов с частотно-регулируемыми приводами (DAB); установка современного теплообменного оборудования, а также надежного вспомогательного оборудования, включая химводоподготовку; замена автоматики безопасности, регулирования и управления, систем связи и сигнализации на оборудование на современной элементной базе; обеспечение коммерческими и техническими узлами учета всех энергоресурсов и теплоносителя.

Проведенная модернизация гарантирует бесперебойное снабжение теплом и горячей водой более 70 тыс. нижегородцам. Отремонтированные котельные обслуживают 55 социальных объектов и 600 многоквартирных домов, а также имеют потенциал для присоединения к ним новых потребителей.

Предполагается увеличение мощности на 10 %, снижение удельного потребления электроэнергии на 8 %, снижение удельного потребления газа на 11 %. Объем инвестиций от банка ООО «ГПБ-Энергоэффект» составил 1,1 млрд руб. Инвестиционная фаза составила 10 мес. Срок договора — 7 лет. Экономический эффект — 300 млн руб./г.

2. *Проект реконструкции двух котельных МУП «Теплосеть» г. Домodedово Московской обл.* включает в себя 50 котельных (44 газовых котельных, 2 угольных и 4 электрокотельных), 27 ЦТП (центральных тепловых пунктов) и свыше 200 км тепловых сетей. Установленная мощность всех теплоисточников МУП «Теплосеть» составляет 392,6 Гкал/ч. Суммарная установленная мощность котельных 41 Гкал/ч. Договор предусматривает реконструкцию двух котельных города: 1974 и 1980 гг. постройки. В рамках проекта планируется установить современные эффективные газовые котлы с увеличением суммарной установленной мощности с 41 до 105 Гкал/ч, что позволит повысить качество и надежность теплоснабжения суще-

ствующих потребителей, а также обеспечить теплом новую строящуюся городскую инфраструктуру — жилые и административные здания, социальные объекты. Предполагается увеличение мощности на 154 %. Инвестиционная фаза — 11 мес. Количество установленных котлов

6 шт. Предварительный объем инвестиций — 0,6 млрд руб. Срок договора 7 лет. Планируемое снижение удельного потребления электроэнергии составит 25 %. Снижение удельного потребления газа — 13 %. Экономический эффект составит 180 млн руб./г.

3. *Проект по строительству 10 новых котельных и 1 ТЭЦ на газу г. Таганрог* [62, с. 17]. Одновременно в рамках проекта осуществлена модернизация трех центральных тепловых подстанций и замены 7 км теплосетей. Условия финансирования проекта банком УБРР (эквивалент 10 млн евро): 133 млн руб. — вклад в уставной капитал в 2007 г. (покупка доли акций 25 % + 1); дополнительный 10-летний кредит 221 млн руб. в 2008 г. Энергосберегающий эффект составил: 10 % топлива, 20 % электричества, значительная экономия воды, средний КПД котлов повышен на 20 %. Экономические показатели проекта: IRR 14 % Дополнительный эффект: уменьшаются расходы на персонал. Как следствие — ухудшение социальной политики. Данное решение отмечено как не оптимальное в социальном аспекте, но эффективное в технико-экономическом.

4. *Проект реконструкции отопительных систем 32 школ и дошкольных учреждений в г. Котлас Архангельской обл.* [62, с. 20]. В составе проекта входила установка новых тепловых пунктов, автоматических регуляторов температуры и запорной арматуры, автоматическое понижение температуры в выходные дни и замену 900 м труб теплоснабжения. Инвестиционные затраты — 10,3 млн руб. Достижимый эффект: экономический эффект — 2,5 млн руб./г., срок окупаемости — 4 года, экономия природного газа — 440 т/г., теплопроизводительность — 39 720 Гкал/год, сокращение выбросов парниковых газов — 1100 т CO₂-экв./г.

5. *Проект реконструкции котлов и теплообменников* а также оснащение утепленными окнами и современными светильниками с ЛЛ и ЭПРА [62, с. 20]. средней школы № 1 г. Новодвинска, Достижимый эффект: ежегодная экономия на отопление и электричестве около 3 млн руб.; срок окупаемости — 2 г.; энергопотребление сократилось в школе более чем на 59 %, при этом выбросы углекислого газа уменьшилось на 218 т/г.

Применение тепловых насосов для утилизации низкопотенциального тепла вытяжного воздуха может применяться в сборных шахтах вытяжной вентиляции с механическим побуждением. Преимущество данного способа утилизации тепла состоит в возможности использования отобранной тепловой энергии не только для подогрева приточного воздуха, но и для других целей (например, для системы горячего водоснабжения, низкопотенциальной тепловой энергии грунта, канализационных вод и др.).

Недостатки технологии:

- постоянное потребление электроэнергии насосом;
- более высокая цена по сравнению с рекуператорами и регенераторами;
- потребность в квалифицированном обслуживающем персонале.

Экономия тепловой энергии при использовании тепловых насосов может составлять от 30 до 50 %. Затраты электрической энергии на подогрев воды или воздуха в тепловом насосе в несколько раз (обычно в 3—4) ниже чем затраты на непосредственный электроподогрев. [71, п. 2.1].

В пределах 80—95 % электрической энергии, потребляемой компрессором, преобразуется в тепловую энергию. Качественно спроектированная система утилизации тепла способна использовать 50—90 % этого тепла на нагрев воды для нужд горячего водоснабжения или воздуха на нужды вентиляции.

Использование для утилизации теплоты вентиляционных выбросов различных схем с теплообменными аппаратами позволяет снизить энергопотребление систем вентиляции на 40—70 % по сравнению с прямоточными системами (без утилизации теплоты вытяжного воздуха).

Применение тепловых насосов, смонтированных в земле, позволяет эксплуатировать поток радиогенного тепла, поступающего из земных недр мощностью 0,05—0,12 Вт/м². Грамотно подобранный, качественно собранный, правильно настроенный и эксплуатируемый тепловой насос снижает теплопотребление здания на 15—25 %.

Экономия тепловой отопительной энергии при использовании пластинчатых рекуператоров с теплообменником типа «воздух-воздух» может составлять от 30 до 60 % [71, п. 2.1] (зависит от конструкции рекуператора и условий его применения).

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой тепловой энергии, снижение затрат на отопление здания.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5, и даже свыше 8 лет). Капиталоемкость мероприятия: высоко затратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно, но экономически нецелесообразно из-за достаточно большого срока окупаемости.

В 2014 году на спортивной базе в г. Чехове Московской обл. была установлена АУУ совместно с тепловым насосом. В результате потребление тепловой энергии снизилось на 25—30 % [81].

Использование **солнечных энергоустановок и гелиоустановок** позволяет осуществлять предварительный нагрев водопроводной воды с использованием энергии солнечных лучей. Солнечная водонагревательная установка состоит из солнечного коллектора и теплообменника-аккумулятора. Через солнечный коллектор циркулирует теплоноситель (антифриз). Теплоноситель нагревается в солнечном коллекторе энергией солнца и отдает затем тепловую энергию воде через теплообменник, вмонтированный в бак-аккумулятор. В баке аккумулятора хранится горячая вода до момента ее использования, поэтому он должен иметь хорошую теплоизоляцию. В первом контуре, где расположен солнечный коллектор, может использоваться естественная или принудительная циркуляция теплоносителя. В бак-аккумулятор может устанавливаться электрический или какой-либо другой автоматический нагреватель-дублер. В случае понижения температуры в баке-аккумуляторе ниже установленной нагреватель-дублер автоматически включается и догревает воду до заданной температуры.

Город Москва находится на $55^{\circ}45'$ северной широты, количество часов солнечного сияния в году составляет: 1730, а требуемая для гелиоустановок освещенность соответствует условиям г. Москвы только в дневные часы летних месяцев. Установка солнечного коллектора помимо финансовых затрат на его приобретение и монтаж потребует внесения изменений в систему горячего водоснабжения учреждения, что во многих случаях затруднительно [71, п. 2.1].

Работа солнечных энергоустановок в г. Москве возможна с апреля по август. В остальные месяцы из-за малой высоты солнца над горизонтом, ослабления солнечного излучения атмосферой и малой продолжительности светового дня эффективность использования гелиоприемников сокращается в 4—5 раз. Работа солнечного коллектора с

размером сторон 1×2 м обеспечивает нагрев воды до температуры 60 °С при условии освещенности 800 Вт/м² [82, п. 1.4].

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой тепловой энергии, снижение затрат на отопление здания.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к крайне долгосрочным (свыше 10 лет). Капиталоемкость мероприятия: высоко затратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно, но экономически нецелесообразно из-за достаточно большого срока окупаемости.

Приведенный перечень энергосберегающих мероприятий не является исчерпывающим для систем теплоснабжения зданий и организаций. Однако именно перечисленные мероприятия наиболее часто реализовываются через энергосервисные договоры. К мероприятиям, реализация которых за счет частного капитала в ценовых условиях середины 2014 г. была маловероятна, но технологически целесообразна, можно отнести, например, такие.

- *Восстановление тепловой изоляции магистралей трубопроводов.* Ульяновский филиал ОАО «Волжская ТГК», входящая в КЭС-Холдинг, совместно с энергосервисной компанией «ЕЭС. Гарант» восстановив более 20 км изоляции на тепловых сетях г. Ульяновска, сократили потери тепловой энергии на 42 739 Гкал/г. Это позволило сэкономить около 153 млн руб. за весь срок договора. Проект предусматривает установку высококачественной тепловой изоляции на магистральных и квартальных тепловых сетях на трубопроводах диаметром 40 мм и 1000 мм [83].
- *Применение инфракрасных излучателей,* использующих принцип передачи тепловой энергии излучением непосредственно к нагреваемым поверхностям. При сохранении уровня комфорта мероприятие позволяет снизить на 2—3 °С расчетную температуру воздуха в отапливаемом помещении.
- *Принудительное перемещение теплого воздуха от потолка к полу,* позволяющее снизить значение температурного градиента в вертикальном разрезе помещений. Мероприятие сопровождается некоторым увеличением объемов потребляемой электроэнергии в силу использования маломощных вентиляторов.
- *Использование тепловых завес смесительного типа,* устанавливаемых в тамбурах и разбавляющих холодный поток уличного воздуха теплыми струями, повышая его температуру до требуемой.

- *Использование тепловых завес шиберующего типа*, формирующих струйное противодействие втеканию наружного холодного уличного воздуха в дверной проем. Прогнозируемая экономия тепловой энергии от установки воздушной тепловой завесы на часто используемых входах с одной дверью оценивают в 0,2 Гкал/г. На тамбуре с двумя дверьми, при установке между дверями показатель оценивают в 0,38 Гкал/г. [71, п. 5.3].
- *Технологически оправданная замена систем объемного нагрева на локальные ИК* — системы обогрева. Снижает затраты на обогрев помещений в 2—5 раз; окупаемость 9—18 мес [70].
- *Замена традиционных схем обогрева на подогрев полов* прокладкой пластиковых труб. Снижает издержки на отопление в 1,7 раза; окупаемость 1—2 г. [83].
- *Использование напольного аккумуляционного отопления / охлаждения в комплексе с аккумуляторами холода и климатическими балками* позволяет комплексно осуществить оснащение здания более эффективной системой климатизации. Подход позволяет полностью использовать все имеющееся оборудование, повысить эффективность системы. Показатели эффективности строго индивидуальные, напрямую зависят от назначения, наполнения, состава здания. По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (свыше 7 лет). Капиталоемкость мероприятия: высокозатратная.
- *Использование грунтовых вод мелкого залегания 20—70 м для систем прямого холодоснабжения* ($t_{\text{вод}} = 10\text{—}15\text{ }^{\circ}\text{C}$) позволяет снизить затраты на получение относительно дорогого холода в летний период на 7—15 %. Индикатор результатов проекта: снижение затрат на кондиционирование здания. По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (5—7 лет). Капиталоемкость мероприятия: высокозатратная.
- *Установка блочных миникотельных на удаленных объектах* позволяет снизить издержки от 2 до 6 раз, окупаемость 1—1,5 г. [70].
- *Установка электро-, теплогенераторов* на базе ПГУ, ГПС, ГТУ позволяет в 2—4 раза снизить издержки предприятия на приобретение электроэнергии, теплоснабжение; окупаемость при оптимальной нагрузке 2—3 г. [70].
- *Отбор тепла из промышленных стоков, канализации, технологических сред* (установка тепловых насосов, окупаемость 6—12 мес) [70].

3.5. Энергосберегающие мероприятия в системе водоснабжения и канализации здания

Замена устаревшего и неисправного сантехнического оборудования на водосберегающее позволяет существенно сократить платежи за воду за счет сокращения утечек воды через неисправные краны и количества воды, используемой в унитазах. Подобные замены всегда экономически оправданы.

Для экономичного использования горячей воды рекомендуется:

- *установить* более эффективную водозаборную арматуру, которая позволяет экономить 15—20 % горячей воды;
- *использовать нажимные краны в раковинах и сенсорные датчики в писсуарах*, снижающие расход воды в 4—6 раз [70];
- *установить аэраторы*, предназначенные для смешивания потока воды с воздухом. При использовании крана без аэратора расход воды может достигать 15 л/мин. Установка аэратора позволяет сократить расход воды до 6 л/мин. Статистика эксплуатации показывает снижение потребления холодной воды на 30—35 %, горячей — на 15—20 %. Срок окупаемости примерно в течение 7—8 мес [71];
- *установить автоматические сенсорные смесители*, служащие для автоматического включения и отключения подачи воды к мойкам и раковинам и для термостатического регулирования ее температуры.

Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой воды, снижение затрат на водоснабжение здания.

Срок окупаемости замены водопроводных кранов на краны с сенсорным включением — около полутора лет. Капиталоемкость мероприятия: низко либо средне затратная.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора технологически возможно, экономически целесообразно.

Примером эффективности может служить проект комплексной модернизации здания — офис строительной компании *DPR Construction* в г. Феникс, штат Аризона, США. В проекте установлено оборудование с низким расходом воды: писсуары без смыва водой; унитазы с двойным режимом слива воды; сенсорные смесители с расходом воды 0,06 л/с и автоматическим отключением через 10 с; душевые насадки с расходом воды 0,18 л/с; кухонные смесители с расходом воды 0,06 л/с. Применение такого оборудования, как показали

расчеты, дает возможность снизить водопотребление на 41 % относительно базового уровня [69, с. 19—23].

Приведенный перечень энергосберегающих мероприятий не является исчерпывающим для систем водоснабжения зданий и организаций. Однако именно перечисленные мероприятия наиболее часто реализовываются через энергосервисные договоры. К мероприятиям, реализация которых за счет частного капитала в ценовых условиях середины 2014 г. маловероятна, но технологически целесообразна можно отнести, например, такие.

- *Внедрение систем оборотного водоснабжения*, снижающее расход воды до 95 %, окупаемость до 1 г. [70];
- *Использование регуляторов давления*, позволяющее без дополнительных затрат электрической энергии регулировать давление воды в трубопроводах. Экономия в среднем составляет 12—17 %. Срок окупаемости — до 1 г. Капиталоемкость мероприятия: низкозатратная.
- *Использование моющих пылесосов* при влажной уборке, позволяющих существенно сократить затраты на воду. Срок окупаемости в течение полугода [71, слайд 8]. Капиталоемкость мероприятия: низкозатратная для одного устройства.
- *Аккумуляция ливнестоков для использования в качестве технической воды*. Мероприятие позволяет снизить объем воды, расходующийся на смыв унитазов, уборку технических помещений, полив прилегающей территории и др. Эффективность мероприятия существенно зависит от капиталовложений при изменении инженерной системы здания и затрат на техническое водоснабжение. Средняя экономия для зданий смешанного и офисного назначения составляет 5—10 %. Индикатор результатов проекта: снижение объемов потребляемой питьевой воды. Срок окупаемости — от 1 г. до 3 лет. Капиталоемкость мероприятия: среднезатратная.

3.6. Энергосберегающие мероприятия, связанные с изменениями в ограждающих конструкциях здания

Анализ тепловых балансов как жилых, так и промышленных зданий показал, что тепловые потери через ограждающие конструкции здания достигают 40 %. Такие потери — одни из самых больших для стран с развивающейся экономикой. Вопрос снижения потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции здания актуален для большинства зданий в России.

Классы энергетической эффективности зданий [84, п. 6, табл. 6.1]

Обозначение и наименование класса энергетической эффективности	Интервалы значений q_h^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут)	Отклонения расчетного (или измеренного) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного q_h^{reg} , %	Рекомендуемые действия в отношении организации, участвовавшие в проектировании и строительстве здания, а также предприятия-изготовители продукции, способствовавшие достижению эффекта
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
А. Очень высокий	< 35	< –51	Экономическое стимулирование
В. Высокий	36—65	–10—–50	Экономическое стимулирование
С. Нормальный	66—76	+5—–9	—
При эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
Д. Пониженный	77—90	+6—+25	Устранение дефектов/ штрафные санкции
При эксплуатации существующих зданий			
Е. Низкий	91÷126	+26—+75	Желательно реконструкция здания
Ф. Очень низкий	> 127	> +76	Необходима реконструкция здания в ближайшее время

Улучшение теплозащитных свойств теплового контура здания.

Низкое термическое сопротивление стен, кровли, оконных и дверных проемов позволяет реализовывать потенциал экономии тепловой отопительной энергии в 30—50 %.

Сводом Правил проектирования, эксплуатации и ремонта зданий установлены классы энергетической эффективности зданий (табл. 3.4).

Индикатором для принятия решения о необходимости улучшить теплозащитный контур здания [84, п. 5] служит расчетный удельный (на 1 м² отапливаемой площади здания или на 1 м³ отапливаемого объема) расход тепловой энергии на отопление проектируемого здания q_h^{des} , кДж/(м² · °С · сут). Показатель должен быть меньше или равен нормируемому значению q_h^{req} , кДж/(м² · °С · сут). Энергосбере-

гающее мероприятие определяется путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления до прогнозного удовлетворения условия [84, п. 4, подп. 4.4]:

$$q_h^{req} \geq q_h^{des}, \quad (3.1)$$

где q_h^{req} — нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление проектируемого здания, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, определяемый для различных типов жилых и общественных зданий: а) при подключении их к системам централизованного теплоснабжения [84, п. 4, табл. 4.6, а или 4.6, б], б) при подключении здания к системам децентрализованного теплоснабжения — умножением величины, определяемой, на коэффициент e , рассчитываемый по формуле [79, п. 4, подп. 4.5]:

$$e = e_{dec} / e_o^{des}. \quad (3.2)$$

Здесь e_{dec} — расчетный коэффициент энергетической эффективности систем отопления и децентрализованного теплоснабжения; e_o^{des} — расчетный коэффициент энергетической эффективности систем отопления и централизованного теплоснабжения; q_h^{des} — расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление проектируемого здания, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$;

Расчетный коэффициент энергетической эффективности систем отопления и централизованного теплоснабжения здания e_o^{des} определяется по формуле [84, п. 4, подп. 5.1]

$$e_o^{des} = (\eta_1 \varepsilon_1) (\eta_2 \varepsilon_2) (\eta_3 \varepsilon_3) (\eta_4 \varepsilon_4), \quad (3.3)$$

где η_1 — расчетный коэффициент теплопотерь в системах отопления здания;

ε_1 — расчетный коэффициент эффективности регулирования в системах отопления зданий;

η_2 — расчетный коэффициент теплопотерь распределительных сетей и оборудования тепловых (центральных и индивидуальных) и распределительных пунктов;

ε_2 — расчетный коэффициент эффективности регулирования оборудования тепловых (центральных и индивидуальных) и распределительных пунктов;

η_3 — расчетный коэффициент теплопотерь магистральных тепловых сетей и оборудования системы теплоснабжения от источника теплоснабжения до теплового или распределительного пункта;

ε_3 — расчетный коэффициент эффективности регулирования оборудования системы теплоснабжения от источника теплоснабжения до теплового или распределительного пункта;

η_4 — расчетный коэффициент теплопотерь оборудования источника теплоснабжения;

ε_4 — расчетный коэффициент эффективности регулирования оборудования источника теплоснабжения.

Расчетный коэффициент энергетической эффективности систем отопления и децентрализованного (поквартирной, индивидуальной и автономной системы) теплоснабжения здания ε_{dec} определяется по формуле [84, п. 4, подп. 5.2]

$$\varepsilon_{dec} = (\eta_1 \varepsilon_1)(\eta_4 \varepsilon_4). \quad (3.4)$$

Значения коэффициентов для определения величины ε_{dec} следует принимать с учетом требований работы [85] и по осредненным за отопительный период данным проекта.

При отсутствии данных о системах теплоснабжения принимают:

$e_o^{des} = 0,5$ — при подключении здания к существующей системе централизованного теплоснабжения;

$e^{des} = 0,85$ — при подключении здания к автономной крышной или модульной котельной на газе;

$e^{des} = 0,35$ — при стационарном электроотоплении;

$e^{des} = 1$ — при подключении к тепловым насосам с электроприводом;

$e^{des} = 0,65$ — при подключении здания к прочим системам теплоснабжения.

Индикаторы результатов проекта: достижение комфортной температуры внутри помещения, снижение потерь тепловой энергии зданием, экономия средств на оплату тепловой энергии. Также при снижении теплопотребления зданием, как следствие, уменьшаются загрязняющие окружающую среду такие выбросы газотурбинных двигателей котельных:

- окись углерода (CO) в 2—3 раза;
- окись азота (NO) в 1,2 раза;
- углеводороды (CH) в 1,3—1,9 раза и др.

С утеплением ограждающих конструкций здания обычно устанавливаются дополнительные ветрозащитные пленки, применяющиеся для уменьшения инфильтрационной составляющей тепловых потерь и

для предотвращения эмиссии волокон теплоизоляции. Кроме этого, ветровлагозащитная пленка защищает стену и слой утеплителя от осадков (ветрозащитная пленка не обеспечивает такой защиты). Применение ветровлагозащитных пленок оправдано в случаях:

- использования теплоизоляционных материалов, подверженных эмиссии волокон (как правило, это минераловатные плиты с малой длиной волокон или с малым количеством связующего);
- малого сопротивления воздухопроницанию материалов наружной стены (пустотелый кирпич, пенобетон, газосиликат и др.).

Недостатком ветровлагозащитных пленок является горючесть материала (группа Г2) для некапиталоемких образцов.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к среднесрочным (от 3 до 5 лет в зависимости от исходного состояния ограждающих конструкций здания).

Капиталоемкость мероприятия зависит от площади стен здания, но, как правило, может быть отнесена к среднезатратной.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора возможно, но имеет малую инвестиционную привлекательность из-за значительного срока окупаемости.

Устройство на уличных входах тамбуров, двойных шлюзов, тепловых отсеков, устройств типа «антисквозняк» применяется для снижения объемов инфильтрации холодного воздуха через входные двери с большим потоком людей. Тамбур может быть как наружным, так и внутренним. Размещение тамбура (внутри или снаружи) выбирается исходя из наличия свободного пространства у входа в здание. Рекомендуется применять двери и ворота с первым наиболее эффективным классом сопротивления теплопередаче.

Индикатором для принятия решения о внедрении служит прогнозируемая экономия тепловой энергии от устройства тамбура на часто используемом входе, которая должна быть не менее 0,5 Гкал/г.

Мероприятие реализуется совместно:

- с термоизоляцией мостиков холода в конструкциях здания (окупаемость 1—2 мес) [70];
- герметизацией таких сложных элементов здания, как окна, двери, швы, подвалы, выходы вентиляции, иных инженерных коммуникаций и т.д. (снижает потребление тепла на 10—15 %, окупаемость 2—4 мес) [70];
- применением автоматических дверных доводчиков, приспособленных к эксплуатации при низких температурах.

Индикатор результатов проекта: достижение комфортной температуры внутри помещения, снижение потерь тепловой энергии зданием, экономия средств на оплату тепловой энергии.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5 лет), так как эффект мероприятия в масштабах здания незначителен и трудно идентифицируем.

Капиталоемкость мероприятия, как правило, может быть отнесена к низко затратной.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора возможно, но имеет малую инвестиционную привлекательность из-за значительного срока окупаемости и сложности в определении энергосберегающего эффекта.

Снижение объемов инфильтрации воздуха и теплопотерь через неплотности светопрозрачных конструкций достигается при установке новых окон и светопрозрачных дверей блоками с энергоэффективными стеклопакетами.

Площадь светопрозрачных конструкций различных зданий варьируется в широких пределах. В большинстве случаев она составляет от 15 до 25 % площади фасадов. Потери тепловой энергии через неплотности оконных блоков могут достигать 30 % суммарных тепловых потерь здания.

Установка энергоэффективных стеклопакетов приводит к повышению уровня теплозащиты окон и экономии тепловой энергии на подогрев инфильтрующегося через окна холодного воздуха, ввиду снижения воздухопроницаемости.

Экономия тепловой энергии осуществляется благодаря герметичности стеклопакетов, теплоотражающим покрытиям стекол и заполнению межстекольного пространства инертными газами.

По результатам экспериментальных исследований стеклопакетов (лаб. Г.Г. Фаренюка, НИИСК, г. Киев) сопротивление теплопередаче (R -фактор) может колебаться от $0,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для конфигураций стеклопакетов типа 4М1-16-4М1, до $1,93 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для конфигураций стеклопакетов тип 4И-Хе10-4М1-Хе10-4И (табл. 3.5), где

- М1 — листовое стекло без покрытия (цифра перед обозначением — толщина стекла);
- К — стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием;
- И — стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием;
- Аг — заполнение камеры аргоном (цифра после обозначения — толщина газовой прослойки);

Т а б л и ц а 3.5

R-фактор для различных конфигураций стеклопакетов

Количество камер	Варианты остекления	Газовый состав, %				Сопротивление теплопередаче, (R-фактор), $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
		Воздух	Криптон	Аргон	Ксенон	
1	4М1-16-4М1	100	—	—	—	0,32
2	4И-Хе10-4М1-Хе10-4И	—	—	—	100	1,93

- Кг — заполнение камеры криптоном;
 - Хе — заполнение камеры ксеноном;
- в случае заполнения газовой смесью — после обозначения газа указан процент его в смеси).

Пример расшифровки обозначения стеклопакета: 4И-Хе10-4М1-Хе10-4И — со стороны улицы стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием толщиной 4 мм, ксеноновая прослойка толщиной 10 мм, стекло листовое без покрытия толщиной 4 мм, ксеноновая прослойка толщиной 10 мм, стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием толщиной 4 мм.

Мероприятие обычно применяется совместно:

- с очисткой окон (позволяет снизить затраты на освещение на 30—40 %);
- покраской стен помещений светлой краской (позволяет снизить затраты на освещение на 10 %) [70];
- использованием напыления/пленки, отражающей инфракрасные лучи (снижает лучистые потери через окна до 50 %, обеспечивает повышение комфортности как в зимний, так и в летний период);
- применением окон с микропроветриванием, которое служит для ограничения инфильтрации в пределах санитарной нормы воздухообмена, повышения комфортности пребывания в помещении, снижения среднего уровня CO_2 . Микропроветривание не рекомендуется для зданий, оборудованных механической приточной вентиляцией.

Индикатором для принятия решения о внедрении является низкое значение сопротивления теплопередаче существующих светопрозрачных конструкций (R-фактор).

Индикатор результатов проекта: достижение комфортной температуры внутри помещения, снижение потерь тепловой энергии зданием, экономия средств на оплату тепловой энергии.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (свыше 5 лет, но в зависимости от исходного состояния ограждающих конструкций здания) и по оценкам может достигать 22,5 лет.

Капиталоемкость мероприятия зависит от площади стен здания, но, как правило, может быть отнесена к высоко затратной.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора возможно, но имеет малую инвестиционную привлекательность из-за значительного срока окупаемости.

Устройство термомпфирующих пространств (атриумов) и световых колодцев с ориентацией их на юг помимо решения множества архитектурных и социально-прикладных задач позволяет создать уловитель солнечной тепловой энергии и накопитель тепловой энергии, производимой внутри здания. Воздух с улицы поступает в южный атриум здания. Предварительно подогретый за счет тепла лучистой энергии солнца и догретый в вентиляционной системе здания, приточный воздух направляется из южной части здания в северную, например, вдоль офисных помещений в результате гравитационного напора и механического подпора из солнечного коллектора. Подготовленный воздух с температурой чуть ниже температуры помещений поступает в офисы из вентиляционных отверстий. Одновременное объединение термомпфирующих пространств в северной части здания позволяет снижать интенсивность выхолаживания неосвещенной части здания. В зимнее время года воздух из северного атриума может также использоваться, например, для вентиляции парковки или подсобных помещений. Возможно использование технологии рекуперации низкопотенциального тепла удаляемого воздуха.

Сплошное наружное остекление технически выгодно для местностей с большим количеством солнечных дней в году.

Индикатором для принятия решения о запуске проекта является предполагаемый результат повышения энергоэффективности здания до 60 %.

Индикаторы результатов проекта: достижение комфортной температуры внутри помещения, снижение потерь тепловой энергии зданием, экономия средств на оплату тепловой энергии.

По сроку окупаемости мероприятие может быть отнесено к долгосрочным (существенно свыше 5 лет в зависимости от исходного состояния ограждающих конструкций здания).

Капиталоемкость мероприятия, как правило, может быть отнесена к высокозатратной.

Реализация мероприятия на основе энергосервисного договора возможно, но имеет малую инвестиционную привлекательность из-за значительного срока окупаемости.

Вывод. При установлении эффективности деятельности энергосервисных компаний, в исследовании ставилась целью не полнота рассмотрения всех видов энергосберегающих мероприятий, а выявление их разнообразия, позволяющее наиболее полно представить необходимые для исследования индикаторы. Индикаторы для принятия решения о запуске проекта могут быть различны и касаться не только технической области, но также экологической и социальной сторон. Анализ показал актуальность следующих индикаторов принятия решения о запуске проекта:

- возможный максимальный технический потенциал экономии энергоресурсов;
- размер капиталовложений и объем эксплуатационных затрат, срок окупаемости вложений;
- процент возможной экономии ресурса относительно общего потребления данного ресурса объектом;
- экологическая безопасность, пожарная, биологическая и др.;
- повышение комфортных условий для пользователей за счет улучшенной инфраструктуры инженерных систем здания.

Выполненный анализ позволяет утверждать следующее:

- 1) для каждой из четырех (см. подразд. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) рассмотренных основных энергопотребляющих систем здания существует достаточно большое количество энергосберегающих мероприятий, существенно различающихся как по критерию «входные/выходные данные», так и по критерию «точность прогнозируемого значения энергосберегающего эффекта»;
- 2) в российской и в международной практике в настоящее время не разработан единый унифицированный подход, учитывающий все показатели каждой из существующих технологий;
- 3) определение точного энергосберегающего эффекта на примере определенного объекта даже для известной, изученной технологии есть сложная задача. Точность и достоверность результата существенно зависят от множества дополнительных факторов и условий, характерных только для исследуемого объекта. Особый вопрос — прогнозирование изменения индивидуальных фактов во времени.

Расчет энергосберегающего эффекта с учетом всех изменений в перспективе на несколько лет называется расчетом в сопоставимых условиях и рассмотрен более подробно в следующей главе.

Глава 4

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ В СОПОСТАВИМЫХ УСЛОВИЯХ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Начиная с момента постройки первого здания и до наших дней инженеры и специалисты эксплуатирующих служб решают вопросы повышения надежности, снижения эксплуатационных затрат, повышения срока эксплуатации инженерных систем. Начиная с момента принятия закона 261-ФЗ, все эти задачи могут быть решены в том числе с помощью реализации энергосервисного контракта. Договор на оказание энергосервисных услуг может включать как требование снижения потребления объема энергоресурсов за счет внедрения энергосберегающих технологий, так и условие эксплуатации установленного оборудования средствами и силами энергосервисной компании на всем протяжении срока действия ЭСД.

К середине 2014 г. в практике российского энергосервиса известны успешные проекты, реализованные на основе: использования автоматизированных узлов регулирования температуры теплоносителя в индивидуальных тепловых пунктах, устройств рекуперации низкопотенциального тепла, тепловых насосов, оптимизаторов показателей качества электрической энергии, внедрения энергоэффективных источников света в уличном и внутридомовом освещении, систем управления освещением, устройств автоматизации водораздачи в ручкомойниках, рассекателей потока воды и др. Некоторые проекты, относящиеся к категории низкозатратных быстрокупаемых (до 1 г.), уже завершены.

Практически по всем договорам прошли первые выплаты. Сумма платежа в пользу энергосервисной компании по условиям договора вычисляется, например, как размер ежемесячной экономии энергетического ресурса в денежном выражении, который должен обеспечиваться исполнителем в результате исполнения настоящего договора на энергосервис. Для быстрокупаемых проектов размер таких выплат рассчитывается достаточно легко. Для проектов со сроком окупаемости более 1 г. необходимо учитывать изменения объемов потребления энергоресурса зданием от года к году, а также такие факторы, как инфляция и ее изменчивость во времени, необходимость пла-

нового обслуживания, а значит и учета срока простоя энергосберегающего оборудования.

Расчет в целях актуализации объемов потребления каждого вида энергетического ресурса в натуральном и финансовом выражении относительно момента до реализации исполнителем определенного ЭСКо перечня энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности, называется **определением базового уровня** и производится с использованием методик определения сопоставимых условий [86], [87], [88], [89]. Подобные нормативные документы разработаны также и для определения экономического эффекта в странах Европы [90].

Показанная в документах оценка предусматривает определение технического эффекта при снижении потребления энергоресурса от начального уровня, определенного до внедрения ЭСМ, до уровня энергопотребления после установки энергосберегающего оборудования (рис. 4.1).

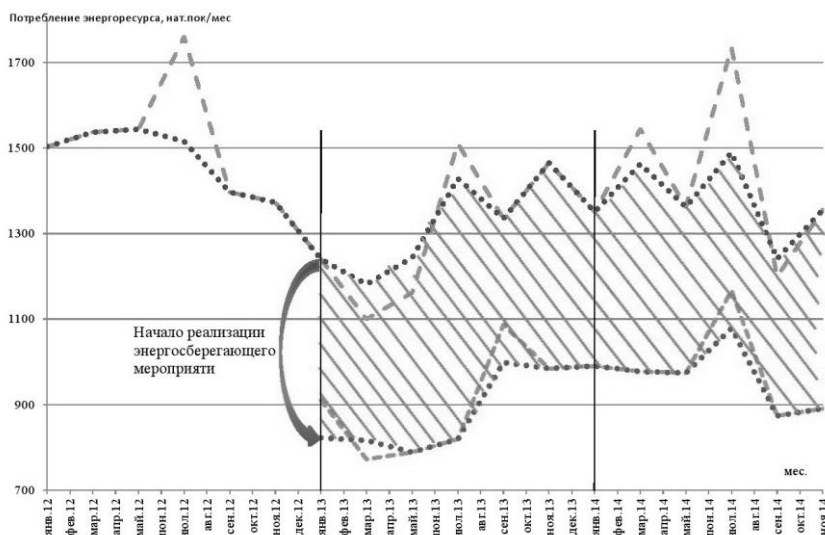


Рис. 4.1. Простейший способ определения экономии от ЭСМ:

— — — фактическое энергопотребление; • • • — энергопотребление, скорректированное на сопоставимые условия и случайные факторы; • • • — прогнозируемое энергопотребление, рассчитанное с учетом сопоставимых условий

Последовательность установления технического эффекта в соответствии с российскими документами достаточно проста и предписывает:

- 1) определить фактическое ежемесячное потребление до и после реализации энергосберегающих мероприятий (см. рис. 4.1 — штриховые линии);
- 2) устранить случайные факторы и привести объем потребления энергоресурса после реализации ЭСМ к базовому с учетом сопоставимых условий (темные пунктирные линии);
- 3) рассчитать прогнозное потребление энергоресурса для гипотетического случая функционирования здания без реализованных ЭСМ (светлая пунктирная линия). Площадь (заштрихованная) между графиками, п. 3 и п. 2 есть технического эффект, полученный от ЭСМ;
- 4) определить ежемесячный объем платежей в пользу ЭСКО путем пересчета технического эффекта для каждого месяца с учетом тарифа на потребляемый энергетический ресурс.

Такой подход имеет вполне определенные преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести:

- относительную простоту и малое время расчета;
- небольшое количество исходных данных для упрощенного расчета в сопоставимых условиях.

Основные недостатки:

- методика не может быть использована для необследованного здания, в силу необходимости значительного объема детализированной дополнительной информации по инженерным системам и их изменениям;
- в виду сложности получения информации, методика, как правило, не полностью учитывает разовые случайные расходы энергоресурсов;
- методика не учитывает погрешность прибора учета и ее дрейф во времени.

Приведенный способ наиболее удобен для краткосрочных и технологически несложно оцениваемых ЭСМ, реализуемых в малых и средних зданиях. В случае длительного периода ЭСД либо при модернизации большой и сложной инженерной системы велика вероятность возникновения значительной ошибки, что приведет к недопустимой для сторон договора погрешности при осуществлении финансовых взаиморасчетов.

В целях нивелирования перечисленных недостатков необходимо предварительно произвести «отсев» показаний, несущих в себе зара-

нее известные нетиповые режимы. Одновременно возникает вопрос о минимально необходимом количестве экспериментов на действующем здании для осуществления расчетов с необходимой точностью и надежностью.

Точность значений — характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. Надежность — свойство данных соответствовать заданной точности как для стандартных, так и для нестандартных ситуаций. Например, если из партии, в составе которой 50 деталей, выбрать одну деталь и измерить ее длину 100 раз, то точность результатов измерений будет велика, а надежность — мала, так как измеренная деталь может существенно отличаться от всей серии или вовсе быть бракованной.

Результатом приведенного анализа является сформированный массив показаний приборов учета энергоресурсов, который подлежит исследованию для выявления базовой линии.

В практике определения базовой линии расчета технологического эффекта от внедренного энергосберегающего мероприятия можно выделить три типовых случая, напрямую соотносящихся с типом исследуемого энергетического ресурса.

1. Сезонная зависимость (характерна для графиков потребления тепловой энергии). Выявление базовой линии при анализе графика энергопотребления, обладающего сезонной зависимостью, как правило, ограничен 3—5 годами. Причин тому несколько:

- увеличение износа автоматизированных узлов регулирования температуры теплоносителя в системе отопления (АУУ) или элеваторного узла, снижение чувствительности;
- ухудшение состояния и теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций здания;
- произошедшие за выбранные периоды изменения (установка новых окон, замена радиаторов батарей, промывка системы отопления, перенастройка автоматики АУУ, замена приборов учета на счетчики с более высоким классом точности и др.);
- возможное отсутствие или ненадежность имеющихся данных по показаниям приборов учета за истекшие периоды и др.

Установившийся отопительный режим для г. Москвы усредненно можно принять с ноября по апрель включительно (241—243 дня).

Таким образом, для системы отопления здания при определении базовой линии можно обрабатывать от 18 (для 3 лет) до 30 (для 5 лет) показаний месячного теплопотребления.

II. *Недельная зависимость* (характерна для графиков потребления электрической энергии, газа, водных ресурсов для зданий с графиками нагрузок, повторяющихся каждые 7 дней). Примером может служить электропотребление в вузе или школе, когда расписание занятий, а значит и длительность активного использования электрооборудования, повторяются еженедельно.

Для вычисления базовой линии проводятся предварительные испытания оборудования. Длительность тестовых испытаний составляет обычно 2 недели. При этом данные считаются условно усредненными и объединяются в одну статистическую линию. Базовая линия, полученная таким способом, не является верной. Для получения результатов с надежностью не менее 90 %, необходимо основываться не менее чем на 5 показаниях, что равносильно длительности испытания в 5 недель.

III. *Суточная зависимость* (характерна для осветительной нагрузки, например, в больницах и общежитиях, для уличного городского освещения и др.). Характерна для нагрузки, работающей ежедневно, усреднено в одном режиме за исключением выходных. Является наиболее простой и удобной для определения базовой линии зависимостью. В случае тестовых испытаний длительностью в 2 недели, выявляются 10 измерений, позволяющие рассчитывать данные с уровнем надежности 95 %.

Таким образом, при определении базовой линии можно рассчитывать на наличие минимального массива снятых показаний приборов учета от 5 до 18. Очевидно, что даже в наиболее благоприятном случае расчета — 18 измерений недостаточно для определения базовой линии с точностью хотя бы ± 10 %. Это подразумевает и колебания размера платежа в пользу ЭСД в тех же пределах, что неприемлемо для исполнителя энергосервисного договора.

Необходимо отметить, что погрешностью обладают уже даже сами показания прибора учета энергоресурса. Данная погрешность обусловливается классом точности счетчика. В погрешность первичных данных также вносит вклад: точность в периодичности снятия показаний, показатели качества энергоносителя, непредвиденные ситуации и сбои в подаче энергоносителя и др. Основываясь на снятых показаниях и оцененных погрешностях, с определенной долей надежности можно говорить об интервале первичных значений, математическим ожиданием данного интервала будет искомый график снятых показаний счетчика.

Отличие методологии, рекомендованной EVO [90], при определении базового уровня от рассмотренных ранее состоит:

- в «стандартной корректировке к фиксированным условиям», учитывающей известные, «плановые» дестабилизирующие расчет данные;
- «нестандартной корректировке к фиксированным условиям», учитывающей случайные, экстренные, непрогнозируемые факторы, а также факторы, которые в расчете были не учтены.

К «нестандартной корректировке к фиксированным условиям» в общем случае можно отнести известные случаи (изменения объема потребления):

- от утечек;
- аварий;
- плановых ежегодных мероприятиях (влажная генеральная уборка и др.);
- плановых разовых сезонных мероприятиях (заливка и освещение зимнего открытого катка);
- остановки здания на плановый ремонт и др.;
- дрейфа погрешности прибора учета во времени или из-за изменения показателей качества учитываемого ресурса;
- неравномерности времени снятия показаний. Например, диапазон погрешности ± 1 сутки является следствием прироста погрешности на $1/30 = 3,33\%$.

Кроме того, для каждого из вида энергоресурса можно выделить факторы, влияющие на погрешность. Например, для системы отопления здания, помимо теплового потока от радиаторов отопления [$Q = kF(t_{\text{внутр}} - t_{\text{наружн}})$], на температуру в здании оказывают влияние:

- 1) трансмиссионные потери (потери тепла через стены зависят от температуры наружного воздуха);
- 2) нестационарность процесса трансмиссионных потерь;
- 3) инфильтрационные потери (воздействие ветра);
- 4) тепловой поток из здания через вентиляционные каналы (скорость естественно вытягиваемого воздуха возрастает с ростом разницы температур внутри и снаружи здания);
- 5) приток тепла от внутренних источников с различным графиком тепловыделений: оборудование, технологии, освещение, люди и др.;
- 6) приток тепла от сторонних инженерных систем, работающих постоянно: ГВС, полотенцесушители, подогрев приточного воздуха.

Аналогичный механизм используется и при определении диапазона значений ресурсопотребления после внедрения ЭСМ, очевидно, что возможных погрешностей расчета здесь будет больше. Интервал прогнозных значений, рассчитанный с той же надежностью, что и для базового расчета, будет больше.

Общая формула нормализованной экономии [87, с. 21]:

$$\mathcal{E}_н = \Pi_б \pm C_к \pm H_к - \Pi_о \pm C_к \pm H_к, \quad (4.1)$$

где $\mathcal{E}_н$ — нормализованная экономия;

$\Pi_б$ — базовое потребление энергетических ресурсов;

$C_к$ — стандартная корректировка к фиксированным условиям;

$H_к$ — нестандартная корректировка к фиксированным условиям;

$\Pi_о$ — потребление энергетических ресурсов за отчетный период.

Базовая линия (базовый объем потребления энергоресурса зданием) — величина практически постоянная, так как она не зависит от погоды, наполненности, графика работы и др. Для ее вычисления необходимо удалить «стандартную корректировку к фиксированным условиям» — корректировки:

- на среднемесячную температуру наружного воздуха;
- количество часов работы в месяц;
- погрешность прибора учета;
- количество сотрудников / обучающихся и др.

Очевидно, что формула (4.1) наиболее полно позволяет учесть возможные дестабилизирующие расчет факторы. Вместе с тем, использование уточненной 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 % больше, чем результат, рассчитанный по распределению Стьюдента [91, с. 218].

Дискретной (прерывной) случайной величиной называется случайная величина, которая принимает отдельные, изолированные возможные значения с определенными вероятностями. Число возможных

значений дискретной случайной величины может быть конечным или бесконечным.

Непрерывной случайной величиной называется случайная величина, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного промежутка. Множество возможных значений непрерывной случайной величины бесконечно и несчетно.

В базовый период периодические показания приборов учета исследуемого вида энергоресурса: $p_1, p_2, \dots, p_n$. Значения могут быть преобразованы в массив ежемесячных приростов потребленного энергоресурса

$$X = (x_1, \dots, x_{k-1}), \quad (4.2)$$

где $x_i = p_{i+1} - p_i$ и $k = n - 1$.

Теоретически величина X может принимать любое значение от нуля: $x_i = [0; +\infty)$. Тогда полученный массив величин можно однозначно классифицировать как массив непрерывных случайных величин (НСВ).

Формулы основных числовых характеристик НСВ, адаптированные для условий анализа технической эффективности ЭСМ следующие. Среднеарифметическое значение

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k}. \quad (4.3)$$

Математическим ожиданием непрерывной случайной величины X , возможные значения которой принадлежат отрезку $[0; +\infty)$, называют определенный интеграл [91, с. 125]:

$$M(X) = \int_0^{+\infty} x f(x) dx, \quad (4.4)$$

где $f(x)$ — плотность распределения непрерывной случайной величины X .

Вероятностный смысл $M(X)$ таков: математическое ожидание приближенно равно (точность возрастает с ростом количества замеров) среднему арифметическому наблюдаемых значений случайной величины.

Опираясь на параметр $M(X)$, для выявления типа распределения случайной величины также удобно пользоваться правилом трех сигм. Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная

величина ее отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратического отклонения [91, с. 135]. На практике правило выглядит в следующем виде: если распределение изучаемой непрерывной случайной величины неизвестно, но абсолютная величина отклонения превышает утроенное среднее квадратическое отклонений лишь в 0,27 % случаев или меньше, т.е. основание предполагать, что изучаемая величина распределена нормально; в противном случае она распределена не нормально.

Дисперсией непрерывной случайной величины называют математическое ожидание квадрата ее отклонения [91, с. 125]:

$$D(X) = \int_0^{+\infty} [x - M(X)]^2 * f(x) dx. \quad (4.5)$$

Поскольку выборочная дисперсия является смещенной оценкой генеральной дисперсии, то на практике при объеме выборки $k < 30$ используют *исправленную дисперсию* [91, с. 212] с числом членов в знаменателе $(k - 1)$. В таком случае значение дисперсии можно оценить [91, с. 104]:

$$D(X) = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2}{k - 1}. \quad (4.6)$$

Среднее квадратичное отклонение непрерывной случайной величины определяется равенством [91, с. 126]:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}. \quad (4.7)$$

Вероятностный смысл параметра $\sigma(X)$ — среднее квадратическое отклонение характеризует рассеяние случайной величины вокруг ее математического ожидания [91, с. 134].

Опираясь на приведенные первичные формулы необходимо проанализировать массив данных на предмет выявления его свойств, которые присущи тому или иному виду распределения. Очевидно, из всех распределений вероятностей для решения задачи подходят распределения, имеющие максимум, которому предшествует нарастание функции и ее убывание после. Рассмотрим наиболее подходящие и часто употребляемые распределения непрерывных случайных величин.

1. Нормальное распределение — такое распределение вероятностей непрерывной случайной величины, которое описывается плотностью [91, с. 127]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4.8)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение нормального распределения;

a — математическое ожидание непрерывной случайной величины.

Наиболее распространенные графики плотности нормального распределения представлены нормальной кривой (кривой Гауса, рис. 4.2). При $a = 0$ и $\sigma = 1$ нормальную кривую называют нормированной [91, с. 132].

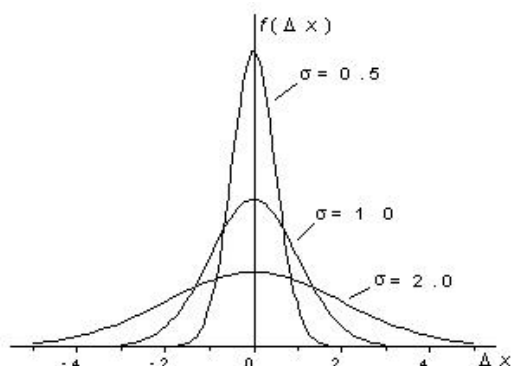


Рис. 4.2. Кривая Гауса для разных значений σ

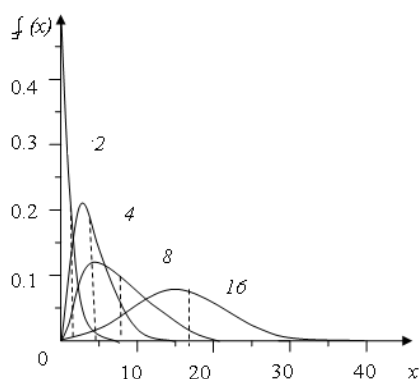


Рис. 4.3. График плотности вероятности и функции χ^2 — распределения для разных степеней свободы

2. Распределение «хи квадрат» подчинено закону плотности распределения (рис. 4.3) [91, с. 146]:

$$f(x) = \begin{cases} 0 \\ \frac{1}{2^{k/2} \Gamma(k/2)} e^{-x/2} x^{(k/2)-1} \end{cases}, \quad (4.9)$$

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt, \quad (4.10)$$

где k — число степеней свободы (число интервалов измерения месячного потребления энергоресурса); $\Gamma(x)$ — гамма-функция.

Особенностью распределения «хи квадрат» является факт приближения его к нормальному с ростом числа степеней свободы.

3. Распределение Стьюдента подчинено закону плотности распределения [91, с. 146]:

$$T = \frac{Z}{\sqrt{\frac{V}{k}}}, \quad (4.11)$$

где Z — нормальная случайная величина, имеющая свойства: $M(Z) = 0$ и $\sigma(Z) = 1$;

V — независимая от Z величина, распределенная по закону χ^2 с k степенями свободы.

С возрастанием k распределение Стьюдента быстро приближается к нормальному. Используют и другие виды распределений. Для выяснения наиболее правильного типа распределения используются дополнительные понятия.

Надежностью (доверительной вероятностью) оценки величины Θ по значению величины Θ^* называют вероятность γ , с которой осуществляется неравенство $|\Theta - \Theta^*| < \delta$. Надежность оценки задается предварительно и для практики ЭСМ может равняться 0,99; 0,95; 0,90; 0,80; 0,50 [91, с. 105].

Доверительным интервалом называют интервал $(\Theta^* - \delta; \Theta^* + \delta)$, в который оценка величины Θ входит с вероятностью γ [91, с. 213].

Среднеквадратичная ошибка (погрешность)

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{k}}. \quad (4.12)$$

Первой задачей при планировании опыта является определение минимального числа экспериментов. Если требуется оценить математическое ожидание с наперед заданной точностью δ и доверительной вероятностью γ , то *минимальный объем выборки*, который обеспечит эту точность, вычисляемую по формуле [91, с. 216]

$$n_{\text{изм}} = \frac{t^2 \sigma^2}{\delta^2}, \quad (4.13)$$

где t — аргумент, которому соответствует значение функции Лапласа, равное $\gamma/2$.

Определим значения критерия t для разных γ :

$$\gamma = 0,99 \Rightarrow \gamma/2 = 0,495 \Rightarrow t = 2,58;$$

$$\gamma = 0,95 \Rightarrow \gamma/2 = 0,475 \Rightarrow t = 1,96;$$

$$\gamma = 0,90 \Rightarrow \gamma/2 = 0,450 \Rightarrow t = 1,65;$$

$$\gamma = 0,80 \Rightarrow \gamma/2 = 0,400 \Rightarrow t = 1,29;$$

$$\gamma = 0,50 \Rightarrow \gamma/2 = 0,250 \Rightarrow t = 0,68.$$

В случае с неизвестным значением σ генеральной совокупности

используют оценку $\hat{\sigma}$ для выборки:

$$s^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2}{k-1}. \quad (4.14)$$

Формула (4.13) может быть преобразована:

$$n_{\text{изм}} = \frac{t^2 s^2}{\delta^2}. \quad (4.15)$$

Для дальнейшего анализа примем к рассмотрению несколько значений доверительной вероятности γ с расчетом $n_{\text{изм}}$ для каждого из них по формуле (4.13). Результаты приведены в таблице 4.1.

Нетрудно заметить, что результат, рассчитанный по уравнению (4.15), существенно зависит от объема массива выборки. В рассматриваемом случае оценки эффективности ЭСМ — от объема значений ежемесячного потребляемого энергоресурса.

Среднеквадратическая погрешность обратно пропорциональна $\sqrt{k}$ (4.12). Это значит, что при увеличении размера выборки в « f » раз σ будет уменьшаться (что означает повышение точности оценки) в $\sqrt{f}$ раз.

**Значения минимального объема выборки в зависимости от значений
доверительной вероятности**

Доверительная вероятность	$n_{\text{т.э.}}$ при $\delta = 5, \text{ шт.}$	$n_{\text{т.э.}}$ при $\delta = 25, \text{ шт.}$	$n_{\text{т.э.}}$ при $\delta = 50, \text{ шт.}$
$\gamma = 0,99$ ($t = 2,58$)	364	15	4
$\gamma = 0,95$ ($t = 1,96$)	210	8	2
$\gamma = 0,90$ ($t = 1,65$)	149	6	1
$\gamma = 0,80$ ($t = 1,29$)	91	4	1
$\gamma = 0,50$ ($t = 0,68$)	25	1	0

В литературе [90, с. 104] формула (4.15) записывается иначе:

$$n_{\text{изм}} = \frac{t^2 CV^2}{\delta^2}, \quad (4.16)$$

где $n_{\text{изм}}$ — первичная оценка необходимого размера выборки (до начала выборки); CV — коэффициент вариации, определенный как среднеквадратическая погрешность показаний, разделенная на среднее значение:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}}. \quad (4.17)$$

Вычисление погрешности измерений по объему выборки [91, с. 218] осуществляется с помощью средней арифметической $\bar{x}$, исправленного среднего арифметического отклонения s и надежности γ . Определяется $t_\gamma = f(\gamma, n)$ по таблице [91, прил. 3], после чего вычисляются границы доверительного интервала:

$$x_{\text{т.э.}} = (\bar{x} - t_\gamma s / \sqrt{n}; \bar{x} + t_\gamma s / \sqrt{n}) = \bar{X}_{\text{т.э.}} \pm \hat{\sigma}_{\text{т.э.}} / \sqrt{n}. \quad (4.18)$$

Недостатком перечисленных аналогов является то, что при малых объемах исходных данных (до 30 измерений) результат определения прогнозного значения объемов потребления энергоресурсов имеет неоправданно большую погрешность. На практике способы [86], [87], [90], [88], [89] применимы для краткосрочных и технологически несложно оцениваемых ЭСМ, реализуемых в малых и средних зданиях.

Способом устранения данного недостатка может служить увеличение количества необходимых измерений (см. табл. 4.1), что мало

возможно на практике. Задача также может быть решена путем использования «способа прогнозирования в сопоставимых условиях технологического эффекта от проведения энергосберегающих мероприятий в действующих инженерных системах», разработанного в НИУ «МЭИ».

Техническая задача, решаемая предлагаемым способом, состоит в экономии времени при принятии решения о целесообразности вступления в проект, связанный с энергосберегающими мероприятиями. *Технический эффект*, возникающий при решении поставленной задачи, состоит в повышении точности и надежности результатов путем выбора минимального и достаточного количества необходимых дополнительных уточняющих факторов для получения прогнозной модели. *Результат* достигается тем, что при прогнозировании технологического эффекта от проведения энергосберегающих мероприятий в действующих инженерных системах, включающем определение фактора, характеризующего энергопотребление объекта, стандартную корректировку, учитывающую известные погрешности и нетиповые режимы фактора, нестандартную корректировку, учитывающую случайные и непрогнозируемые режимы фактора, устанавливают минимальное количество дополнительных факторов. После чего определяют минимальный объем выборки каждого фактора при заданной точности и достоверности, проводят верификацию массивов всех факторов с учетом сопоставимых условий. Далее проводят анализ зависимостей между исходными и прогнозными значениями выбранных факторов, которые представляют собой количественные характеристики объемов потребляемых энергоресурсов, из разницы которых определяют технологический эффект от проведения энергосберегающего мероприятия (рис. 4.4).

В качестве примера рассмотрим потребление тепловой энергии зданием бассейна спорткомплекса НИУ «МЭИ» с известной за 5 лет статистикой (табл. 4.2). Здание 1954 г. постройки, эксплуатируется без капитального ремонта, с отапливаемой площадью $1496,7 \text{ м}^2$, с полной площадью $2061,3 \text{ м}^2$, имеет один цокольный и два надземных этажа. ЭСМ — комплекс мероприятий по улучшению системы циркуляции и очистки воды чаши бассейна, установке устройств автоматического отключения горячей (ГВС) и холодной (ХВС) по времени в душевых, реконструкции теплового пункта, установке рекуператора влажных вентиляционных выбросов.

Базовый отрезок времени

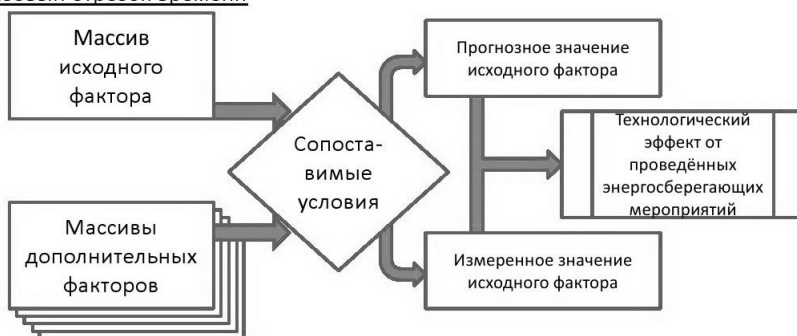


Рис. 4.4. Алгоритм способа прогнозирования в сопоставимых условиях технологического эффекта от проведения энергосберегающих мероприятий в действующих инженерных системах

Т а б л и ц а 4.2

**Показатели ежемесячного потребления тепловой энергии зданием бассейна
НИУ «МЭИ»**

Интервал	Т.Э., Гкал	Интервал	Т.Э., Гкал	Интервал	Т.Э., Гкал	Интервал	Т.Э., Гкал	Интервал	Т.Э., Гкал
01.2009	104,2	01.2010	94,7	01.2011	115,2	01.2012	86,2	01.2013	128,3
02. 2009	94,6	02. 2010	91,9	02. 2011	91,4	02. 2012	115,1	02. 2013	132,4
03. 2009	79,4	03. 2010	69,1	03. 2011	128,4	03. 2012	85,8	03. 2013	120,7
04. 2009	79,9	04. 2010	67,6	04. 2011	93,2	04. 2012	92,4	04. 2013	95,1
05. 2009	63,1	05. 2010	21,4	05. 2011	34,0	05. 2012	41,5	05. 2013	55,6
06. 2009	26,3	06. 2010	24,9	06. 2011	25,7	06. 2012	30,3	06. 2013	34,6
07. 2009	17,1	07. 2010	12,8	07. 2011	10,6	07. 2012	17,8	07. 2013	20,9
08. 2009	10,9	08. 2010	12,3	08. 2011	15,0	08. 2012	21,1	08. 2013	25,3
09. 2009	20,2	09. 2010	20,1	09. 2011	19,0	09. 2012	34,1	09. 2013	44,8
10. 2009	43,2	10. 2010	40,7	10. 2011	48,3	10. 2012	50,1	10. 2013	76,8
11. 2009	60,1	11. 2010	51,4	11. 2011	78,5	11. 2012	97,3	11. 2013	89,0
12. 2009	80,3	12. 2010	79,2	12. 2011	80,7	12. 2012	127,7	12. 2013	108,5
Σ ₂₀₀₉	679,3	Σ ₂₀₁₀	586,1	Σ ₂₀₁₁	740,0	Σ ₂₀₁₂	799,4	Σ ₂₀₁₃	932,0

Таблица 4.3

Финансовые средства, перечисляемые заказчиком ЭСКо

Показатель	Год				
	2009	2010	2011	2012	2013
Суммарное теплотребление фактическое, Гкал	679,3	586,1	740,0	799,4	932,0
Стоимость потребленного энергоресурса, тыс. руб.	826,5	713,7	901,9	975,1	1 136,8
Финансовые средства, перечисляемые заказчиком ЭСКо, тыс. руб.	785,2	678,0	856,8	926,3	1 080,0

Пусть энергосберегающие мероприятия требуют капитальных затрат на общую сумму 3 млн руб. Прогнозируемая экономия составит 35 %. Тариф на тепловую энергию неизменен во времени и составляет 1215,74 руб./Гкал. Пусть по условиям ЭСД в пользу ЭСКо отчисляется 95 % стоимости сэкономленных энергоресурсов. Результаты расчета финансовых средств, ежегодно перечисляемых заказчиком в пользу ЭСКо, представлены в таблице 4.3. Ежегодная ставка банка принята неизменной и равной 16 %.

Определим недисконтированный и дисконтированный сроки окупаемости, а также минимальное количество учитываемых факторов для получения прогнозных данных с доверительной вероятностью (надежностью) не менее $\gamma = 0,95$ и погрешностью не более 5 %. Если погрешность задана не менее 5 %, то точность расчета составляет не менее $\delta = 1 - 0,05 = 95$ %.

Внедрение и запуск в эксплуатацию комплекса энергосберегающих мероприятий, например, в январе 2010 г. будет означать принятие базовым годом 2009 г.

Тогда, недисконтированный срок окупаемости (2.10):

$$PBP = 3\,000 / 785,2 \approx 3,8 \text{ г.}$$

Результат округленно в сторону увеличения дает значение недисконтированного срока окупаемости в 4 г.

Согласно уравнению (2.11): $DPBP \approx 6,6$ г. Округленно 7 лет.

При этом, если в качестве объема наличных средств, полученных в качестве годового дохода от энергосберегающего мероприятия (2.11), взять реальные объемы средств, перечисляемые заказчиком в ЭСКо (табл. 4.3), то полученный срок окупаемости будет составлять 5 лет и 10 месяцев, округленно 6 лет.

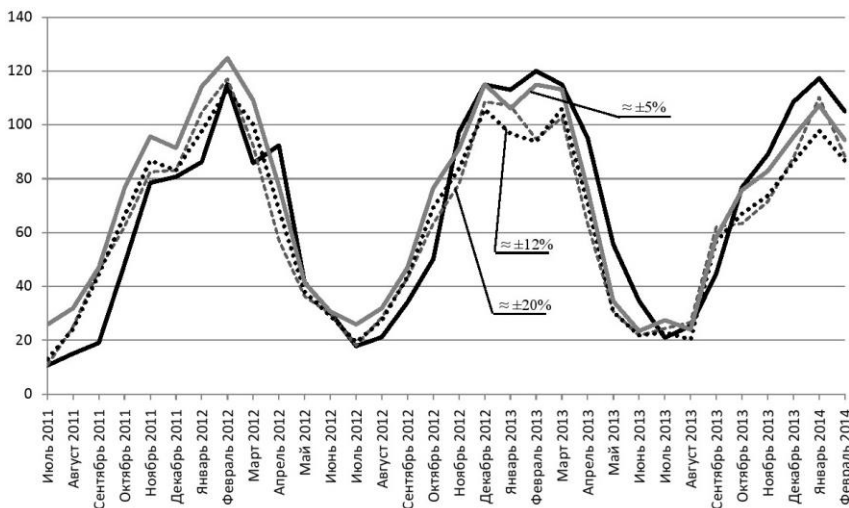


Рис. 4.5. Прогнозирование в сопоставимых условиях технологического эффекта от проведения энергосберегающих мероприятий в действующих инженерных системах:

черный сплошной — график фактических объемов потребления тепловой нагрузки потребителем; штриховый — график прогнозных объемов потребления тепловой нагрузки потребителем при однофакторном анализе; пунктирный — график прогнозных объемов потребления тепловой нагрузки потребителем при двухфакторном анализе; серый сплошной — график прогнозных объемов потребления тепловой нагрузки потребителем при трёхфакторном анализе

Как видно (см. табл. 4.3), разница $DPBP$ и дисконтированного срока окупаемости, рассчитанного на основе реальных денежных потоков, различаются на 1 год или на $\approx 10\%$. Если предположить неизменными темпы роста тарифов на тепловую энергию и объемов теплоснабжения бассейном, то объем переплаты заказчиком в случае заключения ЭСД по прогнозному значению $DPBP$ составит более 1 млн руб.

Даже на основании приведенного примера можно судить о возможных последствиях при неверном определении базовой линии и неправильном применении методики расчета экономического эффекта в сопоставимых условиях. Далее приведены результаты применения методики расчета в сопоставимых условиях.

На рисунке 4.5 показаны графики фактических и прогнозных объемов потребления тепловой нагрузки потребителем, полученных на основе одно-, двух- и трехфакторного анализа. В качестве исходного

фактора для анализа принят массив ежемесячных объемов потребления зданием тепловой энергии с глубиной анализа 3 г. (рис. 4.5, черная сплошная линия). В качестве первого дополнительного фактора для многофакторного анализа принят массив значений осредненной ежемесячной температуры уличного воздуха с глубиной анализа 3 г. (рис. 4.6, сплошная чёрная линия). Верификация данных в сопоставимых условиях позволила достичь точность $\delta \approx 80\%$ (рис. 4.5, штриховая линия), надежность $\gamma \approx 60\%$, что не соответствует заданным требованиям.

В качестве второго уточняющего фактора для двухфакторного анализа принят массив значений осредненной ежемесячной температуры воздуха на бортике чаши бассейна с глубиной анализа 3 г. (рис. 4.6, светлая сплошная линия). Верификация данных в сопоставимых условиях позволила достичь точности $\delta \approx 88\%$ (рис. 4.5, пунктирная линия), надежности $\gamma \approx 85\%$, что не соответствует заданным требованиям.

В качестве третьего уточняющего фактора для трехфакторного анализа принят массив значений ежемесячной посещаемости бассейна (рис. 4.6, пунктирная линия). Верификация данных в сопоставимых условиях позволила достичь точности $\approx 97\%$ (рис. 4.5, серая сплошная линия), надежности $\approx 90\%$, что соответствует заданным требованиям.

Как видно из рис. 4.5, соответствие реального графика теплопотребления и прогнозного графика, учитывающего три дополнительных фактора, весьма велико. Достигнутая точность позволяет говорить не только о приемлемой точности для технических, но также и для экономических расчетов. Факт пригодности использования методики для экономических расчетов при определении энергосберегающего эффекта в сопоставимых условиях для ЭСД очень важен для потенциальных инвесторов, ЭСКО и заказчиков энергосберегающих технологий.

Далее приведена «Методика расчета размера платы по энергосервисному договору, направленному на сбережение электрической, тепловой и иной энергии, потребляемой жилым многоквартирным зданием в г. Москве», предложенная Аналитическим центром при Правительстве Российской Федерации [91].

Размер платы за энергоресурс в i -м помещении многоквартирного дома (МКД) определяется по формуле

$$P_{e,i} = \Delta_e E_i^j T_T, \quad (4.19)$$

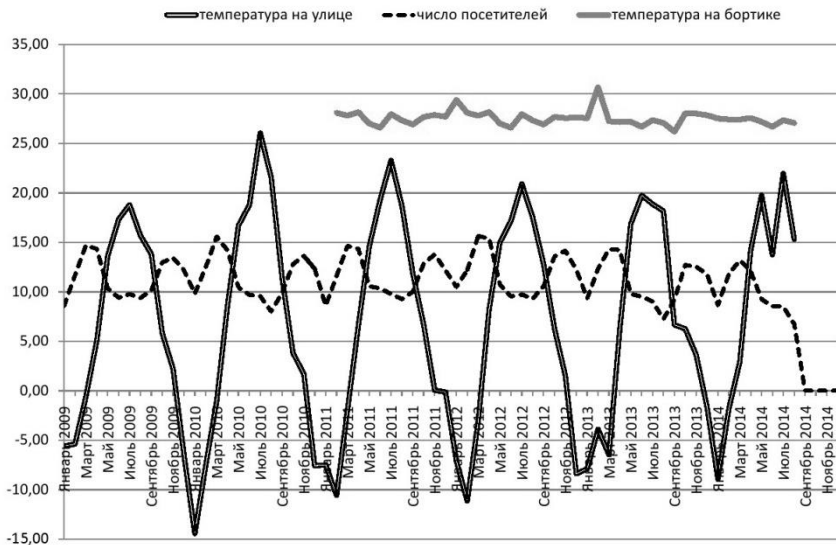


Рис. 4.6. Дополнительные факторы, используемые для расчета в сопоставимых условиях:

сплошная чёрная линия — график осредненной ежемесячной температуры уличного воздуха; сплошная светлая линия — график осредненной ежемесячной температуры воздуха на бортике чаши бассейна; пунктирная линия – график значений ежемесячной посещаемости бассейна

где Δ_e — доля экономии потребленного ресурса в стоимостном выражении, которая подлежит оплате исполнителю в соответствии с энергосервисным договором, %; E_i^j — экономия потребленного ресурса в натуральном выражении за отчетный месяц j , приходящаяся на i -е помещение МКД, ед.натур.показ.; T_T — тариф на энергоресурс, руб./ед.натур.показ.

Экономия потребляемого энергоресурса в натуральном выражении за отчетный месяц j , приходящаяся на i -е помещение

$$E_i^j = E^j s_i^j / E_D^j, \quad (4.20)$$

где E^j — экономия потребляемого энергоресурса в натуральном выражении в МКД за отчетный месяц j , ед.натур.показ.; s_i^j — общая площадь i -го помещения МКД в отчетном месяце j , m^2 ; E_D^j — общая площадь помещений МКД в отчетном месяце j , m^2 .

Экономия потребляемого энергоресурса в натуральном выражении в МКД за отчетный месяц j

$$E^j = Q_{\text{БАЗ}}^j Q^j K_{\text{КОР}}^j, \quad (4.21)$$

где $Q_{\text{БАЗ}}^j$ — потребление энергоресурса в МКД за месяц базового периода, аналогичный отчетному месяцу j , ед.натур.показ.; Q^j — потребление энергоресурса в МКД за отчетный месяц j , ед.натур.показ.; $K_{\text{КОР}}^j$ — корректирующий коэффициент, обеспечивающий приведение потребления энергоресурса в отчетном месяце к сопоставимым условиям соответствующего месяца базового периода.

Корректирующий коэффициент

$$K_{\text{КОР}}^j = K_{\text{НАР}}^j * K_{\text{ПЕР}}^j * K_S^j, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{НАР}}^j$ — коэффициент, учитывающий отличия в значениях температуры наружного воздуха в месяце базового периода и отчетном месяце; $K_{\text{ПЕР}}^j$ — коэффициент, учитывающий отличия в количестве часов эксплуатации оборудования в месяце базового периода и отчетном месяце; K_S^j — коэффициент, учитывающий изменения площади помещений в базовом и отчетном месяцах.

Перечисленные коэффициенты определяются по следующим формулам:

$$K_{\text{НАР}} = (T^{\text{ВН}} - T_{\text{БАЗ}}^{\text{НАР}}) / (T^{\text{ВН}} - T^{\text{НАР}}), \quad (4.23)$$

где $T^{\text{ВН}}$ — температура внутри помещений МКД (принимается равной 18 °С); $T_{\text{БАЗ}}^{\text{НАР}}$ — температура наружного воздуха в месяце базового периода, аналогичном отчетному месяцу j , °С; $T^{\text{НАР}}$ — температура наружного воздуха в отчетном месяце j , °С;

$$K_{\text{ПЕР}}^j = t_{\text{БАЗ}}^j / t^j, \quad (4.24)$$

где: $t_{\text{БАЗ}}^j$ — продолжительность потребления энергоресурса в месяце базового периода, аналогичном отчетному месяцу j , ч; t^j — продолжительность потребления энергоресурса в отчетном месяце j , ч;

$$K_S^j = S_{\text{БАЗ}}^j / S^j, \quad (4.25)$$

где: $S_{\text{БАЗ}}^j$ — общая площадь затронутых помещений МКД в месяце базового периода, аналогичном отчетному месяцу j , м²; S^j — общая площадь затронутых помещений МКД в отчетном месяце j , м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гужов, С.В.** Проблемы и решения информационного обеспечения повышения энергетической эффективности зданий системы образования // Информатизация и связь. — 2013. № 1. С. 16—19.
2. **Федеральный закон** от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. **Инюцын, А.** Для повышения энергоэффективности экономики России необходимо удвоить частные инвестиции, направляемые на реконструкцию и модернизацию основных фондов / А. Инюцын. — Режим доступа: http://minenergo.gov.ru/press/min_news/19822.html
4. **Бюджетный кодекс** Российской Федерации от 31.07.1998 г. № 145-ФЗ.
5. **Коссов, В.В.** Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477) / В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. — М.: Экономика, 2000. — 421 с.
6. **Жилина, О.А.** Функционально-организационный аспект развития государственно-частного партнерства на примере ММДЦ «Москва-Сити»: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2009: утв. 2009 / О.А. Жилина. — М., 2009. — 141 с.
7. **Фомин, Г.Б.** Формирование и развитие потенциала управленческого персонала высших учебных заведений: теория, методология, практика: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Г.Б. Фомин. — М., 2012. — 396 с.
8. **Якубов, Т.В.** Теория и методология эффективного функционирования и развития предприятий строительного комплекса в условиях инновационных преобразований: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Т.В. Якубов. — Махачкала, 2012. — 389 с.
9. **Чумачков, Д.В.** Укрепление экономической безопасности рынка собственности на основе реализации партнерства государственно-частного партнерства: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Д.В. Чумачков. — Ставрополь, 2012. — 389 с.
10. **Терехин, В.А.** Развитие системы менеджмента качества на предприятиях промышленно-строительного кластера: теория, оценка, практика: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2013: утв. 2013 / В.А. Терехин. — Саратов, 2013. — 372 с.
11. **Емельянов, Ю.С.** Государственно-частное партнерство в инновационном развитии экономики России: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Ю.С. Емельянов. — М., 2012. — 335 с.

12. **Новиков, В.С.** Государственно-частное партнерство как механизм трансформации сферы образовательных услуг в РФ: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2009: утв. 2009 / В.С. Новиков. — Ростов н/Д, 2009. — 208 с.
13. **Трачук, С.С.** Совершенствование финансирования проектов государственно-частного партнерства: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.10: защищена: 2009: утв. 2009 / С.С. Трачук. — Ростов н/Д, 2009. — 148 с.
14. **Рябушенко, О.А.** Оценка эффективности ГЧП для развития транспортной инфраструктуры Сибири: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2011: утв. 2011 / О.А. Рябушенко. — Новосибирск, 2011. — 176 с.
15. **Каданя (Кеслер), А.Я.** Экономические основы государственно-частного партнерства: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.01: защищена: 2007: утв. 2007 / А.Я. Каданя (Кеслер). — М., 2007. — 155 с.
16. **Бердникова, Н.А.** Оценка эффективности инновационно-инвестиционных проектов, реализуемых на основе государственно-частного партнерства: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.01: защищена: 2011: утв. 2011 / Н.А. Бердникова. — СПб., 2011. — 222 с.
17. **Пыльнова, Е.В.** Технико-экономический анализ эффективности использования энергоресурсов на промышленном предприятии: дис. ... канд. эконом. наук: 08.02.22: защищена: 2004: утв. 2004 / Е.В. Пыльнова. — СПб., 2004. — 220 с.
18. **Хамчиев, Б.Б.** Стратегическое управление производством энергосыщенных культур: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Б.Б. Хамчиев. — М., 2012. — 302 с.
19. **Селезнев, П.Л.** Государственно-частное партнерство и его эффективность в институциональных преобразованиях экономики: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2009: утв. 2009 / П.Л. Селезнев. — М., 2009. — 157 с.
20. **Шевчук, Е.В.** Государственно-частное партнерство как институт модернизации сферы образовательных услуг: международный и отечественный опыт: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2009: утв. 2009 / Е.В. Шевчук. — Ростов н/Д, 2009. — 191 с.
21. **Зданевич, У.А.** Государственно-частное партнерство в сфере услуг жилищно-коммунального хозяйства: модели и инструментарий развития: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / У.А. Зданевич. — Ростов н/Д, 2012. — 157 с.
22. **Кондратьев, Э.В.** Концепция и механизмы развития управленческого персонала предприятия: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Э.В. Кондратьев. — Пенза, 2012. — 407 с.
23. **Шаймиева, Э.Ш.** Методология формирования, развития и управления технологическими инновациями в процессе модернизации про-

- мышленности мезосистем: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Э.Ш. Шаймиева. — Казань, 2012. — 611 с.
24. **Куц, В.И.** Модернизация промышленности как основа повышения конкурентоспособности национальной экономики: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / В.И. Куц. — М., 2012. 415 с.
 25. **Круглов, В.Н.** Формирование системы управления рисками при обеспечении безопасности предпринимательской деятельности в топливно-энергетическом комплексе: авторефер. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2011: утв. 2011 / В.Н. Круглов. — М., 2011. — 26 с.
 26. **Жигайло, В.В.** Антикризисное управление в обеспечении финансовой и экономической устойчивости предприятия: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2003: утв. 2003 / В.В. Жигайло. — СПб., 2003. — 17 с.
 27. **Леонова, Ж.К.** Государственно-частное партнерство в подготовке кадров для малого и среднего предпринимательства: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2013: утв. 2013 / Ж.К. Леонова. — М., 2013. — 292 с.
 28. **Шулешко, А.Н.** Принципы, методология и инструменты инновационного обеспечения управления качеством: дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / А.Н. Шулешко. — Иркутск, 2012. — 290 с.
 29. **Черневский, В.Л.** Бизнес-планирование инновационного энергосберегающего проекта: учебно-метод. пособие / В.Л. Черневский. — Минск : БНТУ, 2011. — 40 с.
 30. **Правила** по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов (утв. постановлением Министерства экономики РБ от 31.08.2005 г. № 158). — Режим доступа: http://aik.by/sites/default/files/Правила_по_разработке_бизнес-планов_инвестиционных_проектов.doc
 31. **Рекомендации** по разработке бизнес-планов развития коммерческих организаций на год (утв. постановлением Министерства экономики РБ от 30.10.2006 г. № 186). — Режим доступа: [http://www.bkc.by/assets/files/documents/Prognozy_razvitiya_\(business-plan\)_186.rtf](http://www.bkc.by/assets/files/documents/Prognozy_razvitiya_(business-plan)_186.rtf)
 32. **Руководство** по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А.Н. Дмитриев [и др.] — М.: АВОК-ПРЕСС, 2008.
 33. **РБК.** ЗАО «РБК-ТВ». Лидером по количеству и стоимости энергосервисных контрактов является Республика Саха. — Режим доступа: <http://www.energosovet.ru/news.php?zag=1410421134> 11.09.14
 34. **НП «АВОК».** РНП АВОК 5-2005. Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения.

- Общие положения // ООО ИПП «АВОК-ПРЕСС», 2006. М., 2007. — Режим доступа:
http://tgy.khstu.ru/downloads/_pass/stabok_r_np_5_2005.pdf
35. **Табунщиков, Ю.А.** Потребительские качества здания / Ю.А. Табунщиков // АВОК. — 2004. № 4. — С. 8—15.
 36. **Бродач, М.М.** Повышение тепловой эффективности зданий оптимизационными методами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / М.М. Бродач. — М., 1988. — 22 с.
 37. **Полетаев, В.Н.** Проектирование ткацких фабрик / В.Н. Полетаев, И.Г. Иоффе. — М.: Легкая индустрия, 1971.
 38. **Афанасьев, В.А.** Совершенствование хозяйственного механизма в кожевенно-обувной промышленности: из цикла лекций заоч. фак. по совершенствованию планир., орг. и управления пр-вом на предприятиях кожев.-обувной пром-сти / В.А. Афанасьев. — М.: Легпромбыт-издат, 1988. — 40 с.
 39. **Афанасьева, А.И.** Совершенствование организации производства и труда в легкой промышленности в новых условиях хозяйствования: из цикла лекций заоч. фак. «Совершенствование планир., орг. и управления пр-вом на предприятиях кожев.-обувной пром-сти» / А.И. Афанасьева, С.И. Овчинников. Центр. правл. НТО лег. пром-сти, Ун-т техн. прогресса. — М.: Легпромбыт-издат, 1987. — 31 с.
 40. **Бездудный, Ф.Ф.** Пути интенсификации текстильного производства: из цикла лекций заоч. фак. по совершенствованию планир., орг. и управления пр-вом на предприятиях текстил. пром-сти / Ф.Ф. Бездудный. — М.: Легпромбыт-издат, 1988. — 22 с.
 41. **Параметрическое** планирование себестоимости текстильных изделий: монография / Н.С. Иващенко [и др.]; под ред. проф. Н.С. Иващенко. — М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. — 244 с.
 42. **Бездудный, Ф.Ф., Павлов, А.П.** Математические методы и модели в планировании текстильной и легкой промышленности: учеб. для вузов / Ф.Ф. Бездудный, А.П. Павлов. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 440 с.
 43. **Васильев, А.Н.** Перспективы научно-технического прогресса в экономике реформируемой России / А.Н. Васильев. М., 2004. — 108 с.
 44. **Зернова, Л.Е.** Оценка инвестиционной привлекательности текстильных предприятий / Л.Е. Зернова, О.О. Чеболашвили. Тезисы докл. Всеросс. научно-техн. конф. «Современные технологии текстильной промышленности». М.: МГТА, 1997. — 215 с.
 45. **Брагина, З.В.** Управление качеством: текстильные предприятия / З.В. Брагина, Н.В. Буторина. — Кострома: Костром. гос. ун-т им. Н.А. Некрасова, 2002. — 168 с. : ил., табл.

46. **Куркин, А.А.** Системотехнические основы организации производства / А.А. Куркин, З.В. Брагина. — Кострома: Костромской гос. ун-т им. Н.А. Некрасова, 2008. — 209 с. : ил.
47. **Ващенко, В.К.** Экономическое обоснование обновления технологического оборудования (теория, методология) / В.К. Ващенко, О.Е. Рощина. — М.: «Архитектура-С» 2008. — 103 с.
48. **Шавкин, В.И.** Экономическое обоснование разработки новых нетканых материалов / В.И. Шавкин // Сб. научн. тр. «Актуальные проблемы проектирования технологии нетканых материалов». — М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2010. — С. 15— 19.
49. **Остапенко, В.А.** Экономическая оценка технических нововведений в народном хозяйстве в условиях нестабильности: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 1998: утв. 1998 / В.А. Остапенко. — М., 1998. — 215 с.
50. **ГОСТ 54097—2010.** Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. Resources saving. Best available techniques. Identification methodology. М., 2011. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293800/4293800599.htm>
51. **Грачева, Н.В.** Методология управления развитием инновационной деятельности в промышленности в условиях модернизруемой экономики: автореф. дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2012: утв. 2012 / Н.В. Грачева. — Брянск, 2012. — 331 с.
52. **Березовская, Н.П.** Оценка эффективности инвестиционных проектов с учетом экологических факторов: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2007: утв. 2007 / Н.П. Березовская. — Н. Новгород, 2007. — С. 23.
53. **Щевьева, В.А.** Финансирование инновационных проектов и экономическая оценка инвестиций: учеб. пособие / В.А. Щевьева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 228 с.
54. **Арсланова, З.** Принципы оценки эффективности инвестиционных проектов в различных системах хозяйствования / З. Арсланова, В. Лившиц // Инвестиции в России. 1995. — № 2. — С. 21—38.
55. **Журавкова, М.В.** Анализ влияния инвестиций и инноваций на эффективность хозяйственной деятельности: автореф. дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2001: утв. 2001 / М.В. Журавкова. — СПб., 2001. — 447 с.
56. **Сурин, А.В.** Инновационный менеджмент: учебник / А.В. Сурин, О.П. Молчанова. — М.: ИНФРА-М, 2008. — 368 с.
57. **Методика** расчета показателей и применения критериев эффективности инвестиционных проектов (2008 г.) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2008. — 18 августа. — № 33.

58. **Завлин, П.Н.** Оценка эффективности инноваций /П.Н. Завлин, А.В. Васильев. — СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 1998. — 216 с.
59. **ПЛ АВОК—7—2005.** Положение об экономическом стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции. — Введ. 2005—05—12. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2005.
60. **Виленский, П.Л.** Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. — 2-е изд., перераб. и доп. / П.Л. Виленский, В.М. Лившиц, С.А. Смоляк. — М.: Дело, 2002. — 888 с.
61. **Маршаева, Ф.** Некоторые методические аспекты оценки эффективности инновационных мероприятий в нефтяной компании / Ф. Маршаева, В. Уланов, А. Ковалева // Нефть России: преодолеть кризис поможет наука. — 1999. — март. № 3. [Электронный ресурс] — URL: <http://oilru.com/nr/51/96>, свободный. Яз. Рус. (Дата обращения 12, 31.2010 г.).
62. **Семикашев, В.В.** Консолидированный обзор Финансирование энергоэффективности / В.В. Семикашев, А.С. Мартынов, А.Ю. Колпаков // Тематическое сообщество «Энергоэффективность и Энергосбережение», 2012. — 33 с. Режим доступа: http://solex-un.ru/sites/solex-un/files/energo_review/konsolidirovanny_obzor_finansirovanie_energoeffektivnosti_0.pdf
63. **ГОСТ Р 54860—2011.** Теплоснабжение зданий. Общие положения методики расчета энергопотребности и эффективности систем теплоснабжения.
64. **Внутрикорпоративные** правила оценки эффективности НИОКР. СТО ГАЗПРОМ РД 1.12-096-2004
65. **Гуд, Л.** Материалы презентации: 10 шагов для определения осуществимости проектов по энергоэффективности. Основы методологии экономического анализа. Учебный курс проекта SEMISE / Л. Гуд, В. Бабаджанян. — 2011.
66. **РНП «АВОК» 5—2006.** Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжению. Общие положения. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
67. **Лейберт, Т.Б.** Методология формирования системы инвестиционного обеспечения инновационных процессов на предприятиях: автореф. дис. ... д-ра эконом. наук: 08.00.05: защищена: 2009: утв. 2009 / Т.Б. Лейберт. — Уфа, 2009. — 17 с.
68. **Цырук, С.А.** Тарифы электропотребления предприятий, организаций и учреждений. Учеб. пособие по курсу «Экономия электропотребления в промышленности» / С.А. Цырук, А.В. Кондратьев, С.В. Гужов. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 26 с.
69. **Мугалимов, Р.Г.** Энергосберегающий электропривод на основе асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной

- мощности: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.03: защищена: 2011: утв. 2011 / Р.Г. Мугалимов. — Магнитогorsk, 2011. — 40 с.
70. **Создание** и деятельность энергосервисных компаний и перформанс-контрактов в России. Т. 1: Энергосервис и перформанс контракты: возможности и проблемы их реализации в России / С.Б. Сиваев; под ред. И.Г. Грицевич — Всемирный фонд дикой природы (WWF) — М., 2011.
 71. **Основы** энергосбережения и повышения энергетической эффективности: учебно-метод. пособие для учр., подвед. Департ. обр. г. Москвы / Г.П. Власенко [и др.]. — М.: Буки-Веди, 2012. — 100 с.
 72. **ГОСТ 13109—97** «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
 73. **Гужов, С.В.** Оценка влияния источников питания светодиодных светильников на питающую сеть // Современная светотехника. — 2010. — № 2 (03). — С. 47—49.
 74. **Конюхова, Е.А.** Электроснабжение объектов: учеб. пособие / Е.А. Конюхова. — М.: Мастерство, 2002. — 320 с.
 75. **Гужов, С.В.** Светодиодные светильники: интеллектуальный застой, или куда двигаться дальше? / С.В. Гужов // LUMEN & EXPERT UNION #1. — 2012. Июнь. С. 139—143.
 76. **Практическое** пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / в 7-и разд. Под общей ред. д-ра техн. наук О.Л. Даниловича, П.А. Костюченко, 2006. — 668 с.
 77. **Малахова, О.А.** Заключен энергосервисный контракт на уличное освещение в городе Кингисепп Ленинградской области / О.А. Малахова // ООО «Энергосовет». Портал по энергосбережению. — Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/news.php?zag=1401955605>
 78. **Шилкин, Н.** Системы естественного освещения / Н. Шилкин // Журнал Здания высоких технологий, Осень 2013. С. 80.
 79. **JAY S. Robins.** Прямое испарительное охлаждение в офисе. Возрождение в Фениксе / JAY S. Robins. // Журнал Здания высоких технологий, Лето-2014. С. 19—29. — Режим доступа: <http://zv.abok.ru/nomer/zvt-3-2014/index.html#20/>
 80. **Постановление** Кабинета Министров Чувашской Республики от 30 марта 2009 г. № 97 «О Концепции энергосбережения в Чувашской Республике на период до 2020 года».
 81. **Малахова, О.А.** Представитель ДепТЕХа рассказал об энергосервисе в Москве европейским коллегам области / О.А. Малахова // ООО «Энергосовет». Портал по энергосбережению. — Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/news.php?zag=1410419939>
 82. **Лукутин, Б.В.** Возобновляемые источники электроэнергии: учеб. пособие / Б.В. Лукутин. — Томск: Изд-во ТПУ. 2008.

83. **Пресс** служба КЭС холдинг. КЭС-Холдинг и ЕЭС.Гарант заключили энергосервисный контракт по восстановлению изоляции теплосетей г. Ульяновска. — Режим доступа: <http://www.tgc6.ru/arkhiv/media/news/news/item/kehs-kholding-i-eehsgarant-zakljuchili-ehnergoservisnyi-ko/>
84. **ТСН 23-301-2004** Свердловской области «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормы по энергопотреблению и теплозащите». Система нормативных документов в строительстве. Территориальные строительные нормы Свердловской области. ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS Energy Consumption and Thermal Performance Standards. 12.11.2004
85. **СНиП 2.04.05-91**. Отопление, вентиляция и кондиционирование. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9056428>
86. **Методика** расчета 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. — Режим доступа: <http://gisee.ru/articles/law/24593/>
87. **Методика** определения сопоставимых условий при расчете энергоэффективности, ГБУ «Энергетика», 2010 г. — Режим доступа: <http://gbuenergo.ru/energyservice.html>
88. **Методические** рекомендации по расчету размера платы по энергосервисному договору в многоквартирном доме / Дирекция по проблемам ЖКХ. Аналитический Центр при Правительстве Российской Федерации. Июнь 2014.
89. **СТО 001-2014**. Измерения и верификация энергетической эффективности. Стандарт Ассоциации энергосервисных компаний. — М.: РАЭСКО, 2014.
90. **Международный** протокол измерения и верификации эффективности. Концепция и опции для расчета объемов экономии энергетических ресурсов и воды. Т. 1. Организация по оценке эффективности. EVO 10000 — 1:2010 (RU). 2011.
91. **Гмурман, В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. — 12-е изд. — М.: Юрайт, 2013. — 479 с.: ил.
92. **Энергосбережение** в зеркале промышленной политики. Информационный обзор // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. — Режим доступа: <http://ac.gov.ru/> Москва, 10.07.2014.

Монография

Гужов Сергей Вадимович

Методы определения и способы подтверждения
энергосберегающего эффекта
в системах тепло- и электроснабжения

Редактор издательства Малахов М.П.
Компьютерная верстка Валдаевой Л.В.

Темплан издания МЭИ 2012, метод.	Подписано в печать
Печать офсетная	Формат 60×84/16
Тираж 200 экз.	Физ. печ. л. 7,0
	Изд. № 14/15у-184
	Заказ

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве МЭИ, 111250, г. Москва,
ул. Красноказарменная, д. 14
Отпечатано в ПЦ МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13