

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи

Опарина Людмила Анатольевна

**Теоретические основы процессов организации
жизненного цикла энергоэффективных зданий**

Специальность 05.02.22 – «Организация производства (строительство)»

**Диссертация на соискание ученой степени доктора
технических наук**

Научный консультант -
доктор технических наук,
чл.-корр. РААСН, Алоян Р.М.

Иваново - 2015

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ.....	18
1.1. Организация строительного производства энергоэффективных зданий как фактор устойчивого развития среды жизнедеятельности человека.....	18
1.2. Исследование эволюции науки об организации строительного производства энергоэффективных зданий. Уточнение понятия «энергоэффективное здание».....	24
1.3. Формирование системотехнических принципов энергоэффективности	42
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ.....	50
2.1. Разработка концептуальных схем энергоэффективного здания и его жизненного цикла на основе системного и процессного подходов.....	50
2.2. Построение матрицы нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий.....	67
2.3. Выявление организационных аспектов процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий.....	84
ГЛАВА 3. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ.....	94
3.1. Обоснование применения IDEF0 методологии к моделированию процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.....	94
3.2. Создание функциональной модели процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий «AS-IS» в методологии IDEF0	103
3.3. Создание функциональной модели организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий «TO-BE» в методологии IDEF0.....	129

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ.....	157
4.1. Выявление проблем в системе показателей энергетической эффективности зданий, отражаемых в нормативных правовых и программно-методических документах	157
4.2. Классификация показателей энергетической эффективности зданий .	163
4.3. Обоснование и формализация интегрального показателя энергетической эффективности зданий	167
ГЛАВА 5. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ АГРЕГАТИВНОГО ОПИСАНИЯ ЗДАНИЙ И ИХ СИСТЕМ	179
5.1. Обоснование применения имитационного моделирования для определения величины энергопотребления зданиями в течение жизненного цикла.....	179
5.2. Формирование агрегатов энергопотребления зданий на основе факторов потребления энергоресурсов в течение жизненного цикла.....	191
5.3. Формализация имитационной модели на основе стохастических систем из кусочно-линейных агрегатов. Разработка моделирующего алгоритма	214
ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЭНЕРГОЁМКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	224
6.1. Формирование исходных данных, и оценка результатов сценарного расчёта имитационной модели	224
6.2. Разработка структуры реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов	239
6.3. Методика внедрения имитационной модели и реляционной базы данных в существующую систему планирования и организации строительного производства	258

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	268
Список литературы	272
Приложение А	273
Таблица «Материалы» базы данных ЭСМ в MS Access.....	273
Приложение Б.....	273
Таблица «Справочник несменяемых элементов» базы данных ЭСМ в MS Access	273
Приложение В.....	273
Таблица «Справочник сменяемых элементов» базы данных ЭСМ в MS Access	273
Приложение Г	273
Таблица «Описание зданий» базы данных ЭСМ в MS Access.....	273

Введение

Актуальность темы исследования. Энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетным направлением развития науки, технологии и техники в Российской Федерации. Проводимая во всём мире политика энергосбережения направлена на все отрасли и научные исследования во всех сферах. Крупным потребителем энергоресурсов является строительная отрасль и ЖКХ. Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года объём нереализованного потенциала организационного и технологического энергосбережения составляет 40% (в т.ч. удельный вес жилых зданий 18-19%, строительство 9-10%). Общий технологический потенциал энергосбережения консервативно оценивается в 350 млн. тонн условного топлива, из которых около 130 млн. тонн условного топлива – за счет снижения непроизводительных энергопотерь в зданиях. Таким образом, актуальным направлением и одной из главных задач современного строительного производства является рациональное использование энергоресурсов.

В настоящее время в России с появлением федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» активно развивается и актуализируется нормативно-правовая и техническая базы, направленные на проектирование и эксплуатацию зданий с низким уровнем энергопотребления и высоким классом энергоэффективности. Однако существующая политика направлена на краткосрочное решение проблемы. При этом имеет место отсутствие системного взгляда на энергоэффективность, что не позволяет оценить уровень затрат энергоресурсов на всём протяжении жизненного цикла строительных объектов. Между тем данные затраты, от расхода энергоресурсов при производстве строительных материалов для будущего здания и до расхода энергоресурсов на стадии его ликвидации и утилизации строительных материалов, могут быть значительными, в том числе превышающими экономию, достигнутую в результате применения существующих норм. Для производства или извлечения из недр земли строительных материалов необходимо затратить большой объём энергии, ещё

больше энергии требуется на то, чтобы доставить их на стройплощадку, а ещё больше энергии требуется на то, чтобы произвести их сборку при возведении здания. Если необоснованно снести здание, то заключённая в нём энергия будет полностью истрачена впустую, и сам процесс сноса требует дополнительной энергии, а на строительство на этом месте нового здания потребуется ещё больше энергии. Согласно результатам исследований, при утилизации 40% всех стройматериалов, должно пройти 65 лет прежде, чем экологически чистое, энергоэффективное здание смогло бы полностью компенсировать энергозатраты на снос существующего здания. Таким образом, необходимо принимать обоснованные организационно-технические решения при организации жизненного цикла зданий, а именно, оценивать энергозатраты, потребляемые зданиями в течение эффективной жизни, планировать ремонты и реконструкцию с учётом фактора энергоёмкости. Необходимо подчеркнуть, что энергоэффективные здания должны отвечать требованиям минимального расхода энергоресурсов не только на этапе проектирования, но и в целом на всем протяжении жизненного цикла, который включает в себя процессы проектирования, осуществления строительно-монтажных работ, строительного контроля, эксплуатации и утилизации (демонтажа). При этом энергоэффективные здания должны отвечать обязательным требованиям безопасности, надёжности, комфортности.

Сложившаяся система проектирования и строительства зданий не учитывает продолжительность их эксплуатации и потребляемые зданиями на всех стадиях энергетические ресурсы. Существующие нормативно-технические документы и методические подходы регламентируют осуществление отдельных процессов и не гарантируют энергоэффективность всего жизненного цикла, т.е. не отвечают требованиям системного подхода к управлению его процессами. Таким образом, повышение уровня энергетической эффективности зданий, снижение их энергоёмкости невозможно без модернизации науки об организации строительного производства, становления методологических основ проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, учёта динамики развития здания как энергетической системы на протяжении жизненного цикла. Анализ организационно-

технологической проблематики строительной науки и современных направлений развития строительных процессов позволили выявить потребность и актуальность новых теоретических и методических предпосылок организации жизненного цикла зданий в условиях требований к высокому уровню их энергоэффективности.

Несмотря на становление нормативно-правовой и технической базы строительства энергоэффективных зданий, повсеместное внедрение в строительное производство энергосберегающих материалов и технологий, необходимого уровня энергоэффективности зданий в настоящее время не достигнуто, что связано со множеством проблем, а именно:

- отсутствие единого центра ответственности и контроля за энергоэффективностью зданий в течение всего жизненного цикла;
- отсутствие обязательных требований к организации и проведению строительно-монтажных работ энергосберегающими способами;
- неразвитость мотивирующих механизмов для обеспечения высокого класса энергоэффективности зданий на стадиях проектирования, строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации;
- отсутствие практики учёта затрат энергоресурсов при демонтаже здания и утилизации строительных материалов и конструкций по завершению демонтажа.

Таким образом, на всех стадиях жизненного цикла зданий возникают проблемы обеспечения необходимого уровня энергоэффективности. Выявленные проблемы являются системотехническими, так как они обусловлены неразвитостью организационных механизмов стыковки процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий на протяжении всего жизненного цикла, т.е. процессов организации их жизненного цикла. Их решение можно найти путём анализа закономерностей развития жизненного цикла зданий, описанных в теории функциональных систем. В соответствии с методологией системного и функционального подходов, системотехническими принципами энергоэффективности, принципами обоснования энергоэффективных организационно-технических решений в строительстве, а также рядом работ учёных в области си-

стемного подхода к энергоэффективности зданий, можно сделать вывод о необходимости развития теоретических основ процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. Усложнение систем и увеличение априорной неопределённости обуславливает необходимость использования методов функционального и имитационного моделирования. Функциональные и имитационные модели позволяют достигать целевых показателей энергоэффективности зданий на протяжении всего жизненного цикла. Системный и процессный подходы позволяют обеспечивать преемственность показателей энергоэффективности и достигать необходимого уровня энергоэффективности зданий в течение жизненного цикла.

Степень разработанности темы исследования. Методологические основы организации строительного производства заложены такими отечественными учёными как Николаев С.В. [138], Дикман Л.Г. [82], Асаул А.Н. [9], Цай Т.Н., Грабовый П.Г., Мищенко В.Я [133], Большаков В.А. [257], Белоликов В.Т., Бондарь А.М., Птухина И.С. [17] и зарубежными учёными [267, 266].

Системотехнический подход к организации строительного производства обоснован в трудах Гусакова А.А. [67-75]. Вопросы организации жизненного цикла объектов строительства посредством динамики организационно-технологических циклов рассмотрены в трудах Гусаковой Е.А. [76-78]. Методологические основы гомеостата строительных объектов рассмотрены в работах Волкова А.А. [33-35]. Проектирование системоквантов строительных процессов рассмотрено Волковым А.А. и Лебедевым В.М. [36, 37]. Однако методологические вопросы процессов организации жизненного цикла зданий с учётом его энергоэффективности рассмотрены недостаточно. Учитывая, что энергоэффективность зданий является комплексной характеристикой, зависящей от множества факторов, имеющих вероятностный характер, и то, что здания являются сложными энергетическими системами, имитационную модель энергоёмкости их жизненного цикла целесообразно описать с позиции стохастических агрегативных систем. Методология имитационного моделирования сложных систем разработана ведущими учёными Бусленко Н.П. [27, 28], Калашников В.В., Коваленко И.Н. [27].

Вопросы организации производства на основе процессного подхода и функционального моделирования процессов рассмотрены в трудах российских (Вилков Л., Таратухин В. [16], Нанасов П.С. [135]), и зарубежных учёных (М. Беккер, М. Кугелер, М. Роземанн [16]). Вопросы информационного моделирования зданий, технологий и бизнес-процессов в строительстве рассмотрены в трудах Талапова В.В. [241, 242], Теличенко В.И., Лapidуса А.А. [244], Маклакова С.В. [107]. Вопросам нормирования энергоэффективности зданий, разработке нормативно-технической литературы посвящены труды Матросова Ю.А. [109-123], Бутовского И.М. [29, 109], Шмарова И.А. [29], Ливчак В.И. [105], Башмакова И.А. [14], Головановой Л.А. [44] и др. Однако данные авторы ограничивают энергоэффективность зданий показателями расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий, не учитывая другие виды энергоресурсов.

Научные основы проектирования энергоэффективных зданий заложены в трудах Савина В.К., Табунщикова Ю.А., Бродач М.М, Шилкина Н.В. [210, 238, 239, 240]. Данные авторы не затрагивают проблему организации строительного производства энергоэффективных зданий и обеспечения преемственности показателей энергоэффективности в процессе строительства.

Проведённый анализ научно-исследовательских работ, посвящённых энергоэффективности зданий, показал, что все они посвящены различным аспектам обеспечения энергоэффективности. При этом единая концепция обеспечения энергоэффективности здания на всех стадиях его создания и эксплуатации с взаимной увязкой всех системообразующих элементов организационных процессов отсутствует. Очевидно, что энергоэффективность здания является не только его статической, конечной характеристикой, но и динамической, формирующейся на протяжении всего жизненного цикла. Поэтому наряду с концентрацией на достижении зданием определённого показателя энергоэффективности на стадии проектирования необходимо уделять внимание эффективному и инновативному выполнению строительных и эксплуатационных операций по его достижению. На сегодняшний день в российской науке методология процессов организации жизненного цикла

энергоэффективных зданий разработана недостаточно и имеет фрагментарный характер.

Таким образом, проблемы становления, эффективного функционирования и совершенствования процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий являются крайне актуальными, что определило тему настоящего диссертационного исследования.

Целью диссертационного исследования является обоснование методологических и системотехнических основ процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий. Достижение поставленной цели способствует решению научной проблемы экономии энергоресурсов и повышения энергетической эффективности на всех стадиях жизненного цикла зданий, что имеет важное хозяйственное значение для всей строительной отрасли страны, так как результаты исследования могут быть использованы для организации жизненного цикла зданий различного типа.

Задачи диссертационного исследования:

- исследование науки об организации строительного производства на современном этапе и формирование методологических основ процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий на основе системного и функционального подходов, принципов системотехники;
- уточнение понятия «энергоэффективное здание», формирование нового понятия «агрегат энергопотребления»;
- выявление организационных аспектов процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий;
- исследование, анализ и выявление проблем нормативно-методической базы процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий;
- функциональное моделирование процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий в IDEF0 методологии;
- анализ и классификация существующих показателей энергоэффективности зданий;

- разработка формулы интегрального показателя энергетической эффективности зданий, учитывающего энергопотребление здания на всём протяжении жизненного цикла;
- выявление факторов энергопотребления зданий как энергетических систем, и их формализация посредством имитационной модели энергоёмкости жизненного цикла энергоэффективных зданий;
- создание структуры реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов.

Научная новизна исследования заключается в обосновании методологических и системотехнических основ процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, которые включают:

1. Формирование системотехнических принципов энергоэффективности зданий, основанных на системном подходе к организации процессов жизненного цикла и обеспечивающих преимущество показателей энергоэффективности на разных стадиях жизненного цикла.
2. Уточнение понятия «энергоэффективное здание», отличающееся более полным содержанием, учитывающим безопасность, надёжность и комфортность здания, все виды потребляемых зданием энергоресурсов и его жизненный цикл.
3. Выявление проблем в нормативно-правовой базе проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий на основе построения матрицы, позволяющей определить направления развития нормативно-методического обеспечения процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.
4. Создание функциональных моделей процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий в методологии IDEF0, позволяющих управлять процессами организации их жизненного цикла в границах существующего нормативно-правового поля.

5. Формирование классификации показателей энергетической эффективности зданий, отличающейся учётом типологии зданий, стадий жизненного цикла, методов и видов измерения показателей энергоэффективности.
6. Разработку формулы интегрального показателя энергетической эффективности зданий, позволяющей оценивать энергопотребление зданий и проводить сравнительный анализ различных вариантов энергоёмкости их жизненного цикла.
7. Выявление факторов энергопотребления зданий по общему признаку функционирования на стадиях их жизненного цикла и измеримости в едином энергетическом эквиваленте, позволяющих рассчитывать энергоёмкость жизненного цикла на основе имитационного моделирования и учитывать многовариантность и стохастичность строительного производства.
8. Разработку структуры реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов, содержащей перечень основных строительных материалов с параметрами энергоёмкости на стадиях строительного производства, эксплуатации и утилизации, позволяющей внедрять в проекты строительства и реконструкции зданий строительные материалы с наименьшей энергоёмкостью.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в построении методологических основ процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. Базисным центральным системообразующим элементом теории являются процессы организации жизненного цикла. Автором диссертационного исследования обоснованы теоретические основы методологии процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий с учётом многовариантности, стохастического характера строительного производства. Сформулирована концепция функционального развития жизненного цикла энергоэффективных зданий, которая представляет жизненный цикл как смену стадий проектирования, строительства и эксплуатации с последующей ликвидацией или реконструкцией и переходом на новый качественный уровень.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные методологические основы, а также функциональная и имитационная модели позволят обеспечить собственников зданий информацией для принятия организационно-технических проектных, строительных и эксплуатационных решений, решений о реконструкции или демонтаже зданий, направленных на снижение энергетических затрат и организацию жизненного цикла зданий в целом. Имитационная модель, построенная на основе выявленных агрегатов энергопотребления может быть использована для разработки государственных программ мотивации собственников зданий на энергосбережение в натуральных показателях энергоёмкости (т.у.т.), программ поддержки наиболее экологических и энергоэффективных решений, способствующих устойчивому развитию среды жизнедеятельности человека. Результаты диссертационного исследования позволяют совершенствовать нормативно-методическую базу строительного производства в соответствии с международными стандартами энергоэффективного строительства (ИСО 14001, ИСО 50001, ГОСТ Р 51750-2001 и др.). Разработанный комплекс функциональной и имитационной моделей является эффективным инструментом управления стратегическим и ситуационным развитием жизненного цикла энергоэффективных зданий. Предложенная структура реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов является основой для её создания и внедрения в проектных организациях, на предприятиях строительной отрасли и ЖКХ для организации энергосберегающего строительства и реконструкции, организациях инвестиционно-строительного профиля (службах заказчика) при разработке и внедрении проектов строительства и реконструкции энергоэффективных зданий, при разработке ЕРС, ЕРСМ-контрактов, а также в научных и организациях строительного профиля при разработке проектов энергоэффективных зданий.

Методология и методы исследования включают системотехнику строительства, системный анализ и проектирование, функциональное и имитационное моделирование, информационные технологии, методы математической статистики, положения теории организационно-технологической надежности строи-

тельства, организации строительного производства, используются труды, исследования, публикации российских и зарубежных авторов в области совершенствования объектов и процессов организации строительного производства. Объектом исследования выступают процессы организации жизненного цикла зданий, функционирующие в условиях существующей нормативно-методической базы требований к их энергоэффективности. Предметом исследования являются методологические и методические вопросы применения системного и процессного подходов к достижению энергоэффективности на всем протяжении жизненного цикла здания, позволяющие системно оценить проблему и предложить пути достижения целей исследования в рамках современных методов организации строительного производства. Научно-техническая гипотеза исследования предполагает, что системный подход к организации жизненного цикла зданий, дополненный процессным, системотехническим и функциональным подходами, существенно повысит эффективность процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации зданий в условиях возрастающих требований к обеспечению высокого уровня энергоэффективности, а также позволит проводить имитационное моделирование затрат энергоресурсов на стадии проектного замысла либо на стадии проработки решения о модернизации здания для принятия наиболее эффективных решений для собственника исходя из его приоритетов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Системотехнические принципы энергоэффективности зданий, основанные на системном подходе к организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий.
2. Уточнённое понятие «энергоэффективное здание» и сформированное понятие «агрегат энергопотребления».
3. Выявленные на основе матрицы проблемы и направления развития нормативно-методического обеспечения процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.
4. Функциональные модели процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий в методологии IDEF0.

5. Классификация показателей энергетической эффективности зданий.
6. Формула интегрального показателя энергетической эффективности зданий.
7. Факторы энергопотребления зданий в трактовке измеримости в едином энергетическом эквиваленте, позволяющие рассчитывать энергоёмкость жизненного цикла на основе имитационного моделирования.
8. Структура реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность результатов обеспечена применением обоснованных методов системного подхода, методов проектирования функциональных систем, методов математического моделирования, имитационного моделирования и системотехники строительства, сопоставления результатов функционального и имитационного моделирования с практическими результатами. Основные результаты, выводы и предложения диссертационного исследования докладывались на международных, российских и региональных научных конференциях и семинарах, в том числе: Всероссийских конференциях «Энергосбережение в регионах России – 2011» (Москва, 2011 г.), XXVII и XXVIII Конференциях «Москва: проблемы и пути повышения энергоэффективности» (Москва, 2011-2012 гг.), XVII - XXI Международных научно-технических конференциях «Информационная среда вуза» – Иваново, 2010-2014 гг.); XIV Международной конференции «Программное обеспечение для систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- холодоснабжения, водоснабжения и водоотведения» (Москва, 2012 г.), 13-16 всероссийских симпозиумах «Стратегическое планирование и развитие предприятий» ЦЭМИ РАН (Москва, 2012-2015 гг.); Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства» (Саранск, 2012 г.). Апробация результатов исследования осуществлялась в строительных и исследовательских организациях г. Иваново, а также в Ивановском государственном политехническом университете. Методологические положения были использованы в практической деятельно-

сти НК «Ивановский фонд энергосбережения» при реализации мероприятий региональной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Ивановской области на 2010 - 2020 годы». Данные по энергоёмкости жизненного цикла основных строительных материалов и предложенная формула расчёта интегрального показателя энергоэффективности применяется в практической деятельности ОАО «РСУ-4» г. Иваново при выборе энергосберегающих материалов и технологий при возведении энергоэффективных зданий. Предложенная структура базы данных энергоёмкости строительных материалов применялась при разработке методов оценки нормирования энергоресурсов в Инжиниринговом центре текстильной и лёгкой промышленности г. Иваново. Разработанная методология процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий внесла весомый вклад в развитие научной школы Ивановского государственного политехнического университета «Развитие теории и практики организации строительного производства». Методологические результаты были использованы в научно-исследовательской работе, выполненной в рамках гранта Российского гуманитарного научного фонда (Целевой конкурс поддержки молодежи 2011 г. «Организационно-экономическое моделирование процесса проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий» проект № 11-32-00360а2), при разработке «Программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности ФГБОУВПО «Ивановский государственный архитектурно-строительный университет» на 2010 – 2014 годы», а также при написании научно-исследовательской работы конкурса грантов ректора ИВГПУ в номинации «Для поддержки научных исследований, выполняемых кандидатами наук, возраст которых не превышает 35 лет, докторантами и докторами наук, возраст которых не превышает 40 лет» на тему «Создание реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов». Методологические положения диссертации использованы в работе над фундаментальной госбюджетной НИР Минобрнауки РФ «Разработка и совершенствование научных, методологических и системотехнических основ организации процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных

зданий». Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс студентов направления 270800 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью» и магистрантов магистерской программы «Теория и практика организационно-технологических и экономических решений») при разработке учебно-методических комплексов по дисциплинам: «Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве», «Ресурсосберегающие технологии строительного производства», «Экономика и организация архитектурно-строительного проектирования и строительства», «Функционально-стоимостной анализ в строительстве».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 2 монографии, учебное пособие и 42 научные работы, в том числе 20 работ в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов докторских исследований.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы (270 наименований), приложений. Диссертация содержит 300 страниц основного текста, 52 рисунка, 30 таблиц, 25 формул, 4 приложения.

Содержание диссертации соответствует п. 1 (Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.), **п. 4** (Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов.), **п. 7** (Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем.) **Паспорта специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство).**

ГЛАВА 1. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Организация строительного производства энергоэффективных зданий как фактор устойчивого развития среды жизнедеятельности человека

Капитальное строительство является локомотивной отраслью материального производства, так как выполняет важнейшую задачу по обеспечению расширенного воспроизводства основных фондов, созданию и поддержанию среды жизнедеятельности людей. Капитальное строительство представляет собой сложную систему, одной из подсистем которой является строительное производство, включающее в себя как работы подготовительного периода строительства, так и непосредственно производственные процессы на стройплощадках, а также ремонтно-строительные работы и работы по реконструкции строительных объектов. Важную роль в строительном производстве играет его организация, которая должна основываться на базе накопленного методологического опыта, учитывать достижения научно-технического прогресса, а также соответствовать приоритетным научным направлениям и критическим технологиям. Организация строительного производства является подсистемой, составляющей наряду с технологией строительного производства систему более высокого уровня – строительное производство. От того, каким образом и из чего создаётся продукция строительства и как организованы строительные процессы, зависит и уровень организации производственных процессов промышленности, и здоровье находящихся в зданиях людей, и состояние биосферы в целом, так как большую часть жизни человек проводит в зданиях различного назначения. Современные научные исследования направлены на решение важной экологической проблемы загрязнения окружающей среды, снижения выбросов парниковых газов в атмосферу, экономии энергетических ресурсов, поиска путей устойчивого развития.

Современное общество должно развиваться в соответствии с принципами устойчивого развития (sustainable development), основными из которых являются:

- улучшение условий жизни человека в условиях воздействия на окружающую среду в пределах хозяйственной ёмкости биосферы;
- удовлетворение потребностей в настоящем без ущерба для будущих поколений [183].

Архитектурно-строительная наука как основа создания среды жизнедеятельности также должна учитывать эти принципы. Мировые тенденции направлены на строительство и реконструкцию зданий, потребляющих наименьшее количество ресурсов при сохранении долговечности, надёжности, комфортного микроклимата. Это «зелёные», энергоэффективные здания, представляющие собой синтез архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений, обеспечивающих необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы. Повышение энергоэффективности существующих и строящихся зданий является первоочередной задачей архитектурно-строительной науки. Повышение энергоэффективности зданий неизбежно связано с энергосберегающими технологиями. Зарубежными учёными доказано, что строительная отрасль является крупнейшим потребителем энергии, причём проблема энергоэффективности касается не только будущих, но и существующих зданий. Решение данной проблемы невозможно без снижения ресурсо- и энергопотребления зданиями при сохранении надёжности, долговечности, комфортности. Производство строительных материалов, строительство и эксплуатация зданий потребляют около 48% мировых энергоресурсов. Актуальность данной проблемы связана не только с политикой энергосбережения, но и с мировой проблемой глобального потепления климата, так как более 10% всех выбросов парниковых газов в мире происходит при строительстве и эксплуатации зданий [267]. Также значительные энергозатраты необходимы для сноса здания после его вывода из эксплуатации, а также на утилизацию или рециклинг строительных материалов [183].

В настоящее время не теряет актуальности проблема ограниченности природных ресурсов и одновременного роста численности населения планеты, роста

требований к уровню жизни, что влечёт за собой истощение природного потенциала. Интенсивное развитие строительной отрасли, в том числе производства строительных материалов, строительного-монтажных работ, реконструкции и демонтажа строительных объектов на завершающем завершения жизненного цикла, приводят к появлению большого количества строительных отходов, возникновению проблемы их утилизации, уменьшая тем самым площадь земель и нарушая экологическую систему. При этом, по данным Росстата производство строительных материалов постоянно возрастает (рисунок 1), показатели развития строительной отрасли в РФ также имеют положительную динамику (рисунок 2).

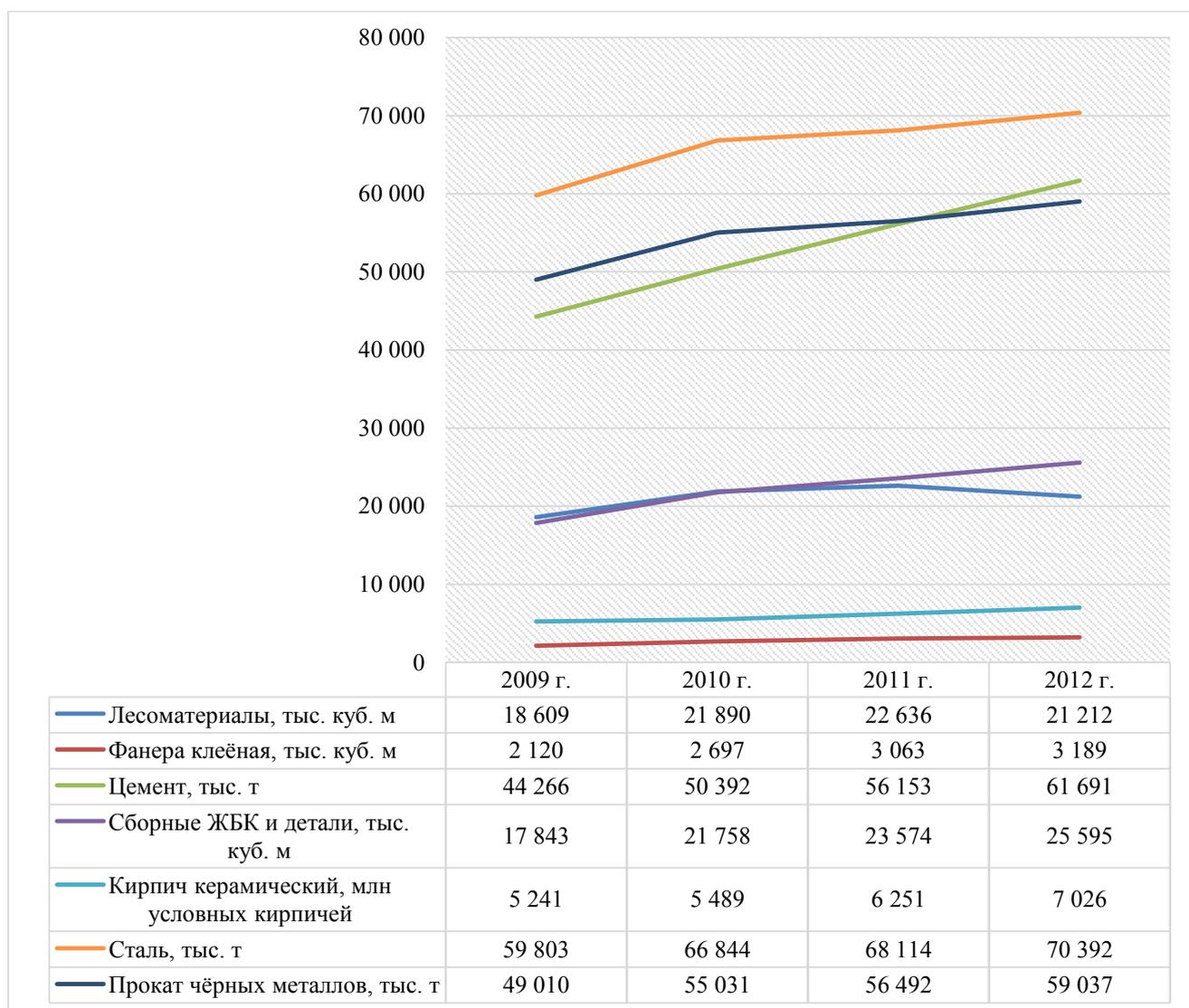


Рисунок 1 – Динамика производства основных строительных материалов в Российской Федерации

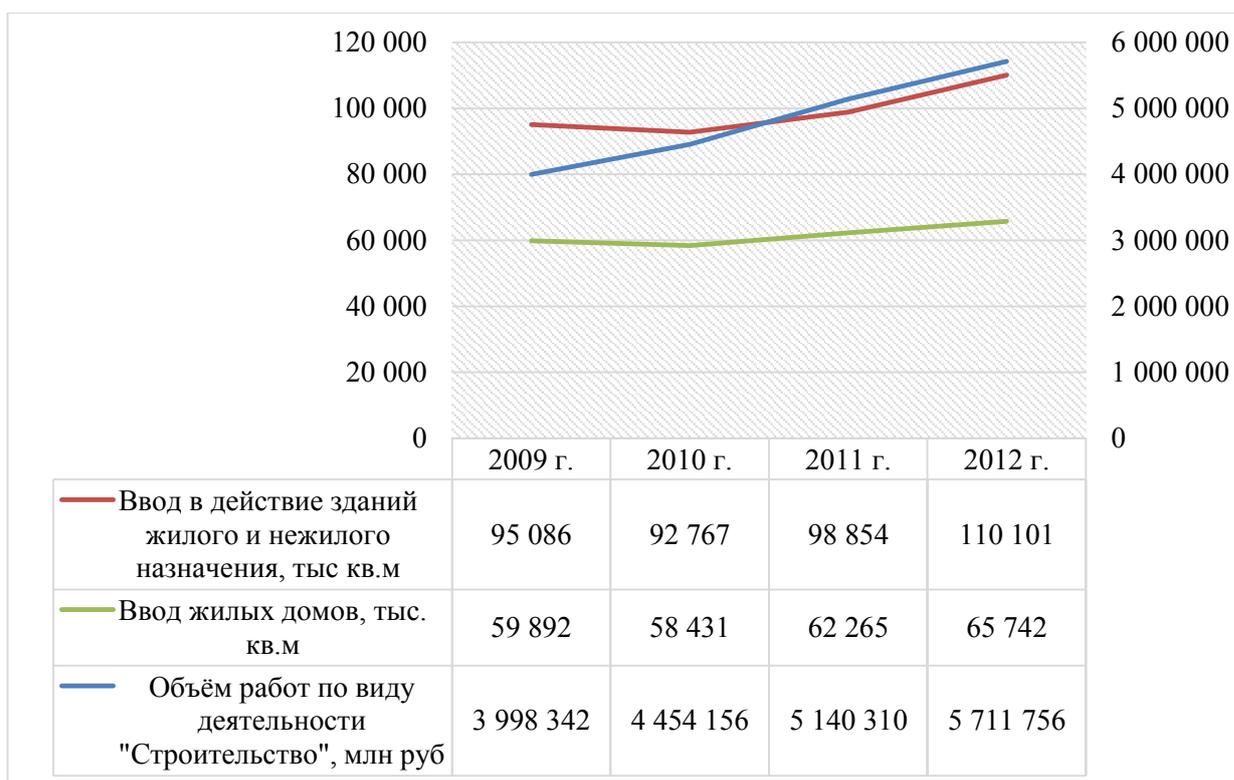


Рисунок 2 – Динамика показателей развития строительной отрасли в Российской Федерации

Очевидно, что рост производства строительных материалов и конструкций неизбежно ведет к увеличению загрязнения окружающей среды как техногенными отходами производства, так и отходами после проведения ремонтов зданий и вывода их из эксплуатации. По мнению академика В.А. Ильичёва, «если продолжать следовать концепции расширенного «воспроизводства», то человечество неизбежно придёт к экономическому коллапсу и глубочайшему экологическому кризису к 2050 г. Однако, на всех этапах развития биотехносфера должна находиться в процессе динамического гомеостаза, то есть экологического самообеспечения, согласованного с законами природы (sustainable!) и, одновременно с этим, с потребностями общества» [90]. Градостроительный кодекс РФ определяет понятие «устойчивое развитие территории», которое, по мнению автора, является основой для определения понятия «устойчивое развитие среды жизнедеятельности человека», так как оно направлено на ограничение негативного воздействия деятельности человека на окружающую среду, а также действует в интересах будущих поколений.

Можно утверждать, что понятие «устойчивое развитие» и связанные с ним понятия являются в настоящее время приоритетными направлениями как в отечественной, так и в зарубежной науке. Приняты ряд важных законодательных документов, регламентирующих внедрение принципов устойчивого развития во все отрасли и сферы деятельности человека. Разработана и внедрена международная система стандартов экологического менеджмента ISO 14000, целью которых является сведение к минимуму негативного влияния деятельности организаций на окружающую среду, соблюдение экологически ориентированных стандартов и требований. Необходимо отметить, что данная система ориентирована не на продукты, а на процессы их производства, причём ключевым моментом является организация-производитель, которая выступает центром ответственности за соблюдение своих экологических показателей, позволяющих повысить ресурсоэффективность. При этом основными принципами и методологией устойчивого развития являются принципы организации процессов и непрерывного повышения их эффективности. Таким образом, научно обоснованной методологией устойчивого развития является применение принципов процессного подхода.

Важным фактором устойчивого развития среды жизнедеятельности человека является развитие строительной отрасли. Так ГОСТ Р 52614.9-2013 определяет, что особую важность для устойчивого развития имеет строительный сектор, поскольку:

- он является ключевым сектором в национальных экономиках;
- он в значительной степени связан со снижением уровня бедности через основные экономические и социальные услуги, предоставляемые в антропогенной среде, и потенциальными возможностями работы для бедных слоев населения в строительстве, эксплуатации и обслуживании;
- это один из крупнейших промышленных секторов, который, принося выгоду и обеспечивая занятость населения, потребляет значительное количество ресурсов и в результате оказывает влияние на экономические и социальные условия и окружающую среду;

- он создает антропогенную среду, которая представляет существенную часть экономических активов физических лиц, организаций и стран, обеспечивая общества физической и функциональной средами;

- он предлагает возможность демонстрации улучшения в отношении своего экономического, экологического и социального влияния [60].

Анализ научно-методологических принципов устойчивого развития как в производстве, так и в других сферах показал, что данные принципы целесообразно применять в строительной отрасли при производстве строительных материалов, в процессах строительного-монтажных работ, эксплуатации строительных объектов, демонтаже и рециклинге строительных материалов, т.е. при организации жизненного цикла строительных объектов, на всех стадиях. В области строительной науки сформировано и начало активное развитие новое научное направление, связанное с разработкой организационного механизма проектирования, строительства и эксплуатацией энергоэффективных зданий [198]. По мнению автора именно данный подход обеспечит цель по достижению энергоэффективности зданий на всех стадиях жизненного цикла, так как при проектировании зданий одним из критериев оценки проектных решений, в том числе и по выбору строительных материалов, наряду с критериями экологической безопасности, должны служить совокупные удельные энергозатраты на строительство здания, его эксплуатацию (отопление, ремонт и т.п.) за весь расчетный срок службы этого здания и дальнейшую утилизацию. При этом необходимо учитывать то, что экономия от выбора наиболее теплосберегающего строительного материала в итоге за весь жизненный цикл здания при коротком сроке службы будет меньше, чем при выборе менее теплосберегающего, но при этом менее энергоёмкого в производстве и более экологичного, и с большим сроком службы в течение жизненного цикла. Таким образом, организация процессов жизненного цикла зданий, направленная на энерго-ресурсосбережение, повышение энергоэффективности зданий, является важным фактором устойчивого развития среды жизнедеятельности человека.

1.2. Исследование эволюции науки об организации строительного производства энергоэффективных зданий. Уточнение понятия «энергоэффективное здание»

Исследование эволюции науки об организации строительного производства энергоэффективных зданий, по мнению автора, следует начать с анализа нормативно-правовых и методологических источников, появившихся в 70-х годах двадцатого века. Именно к этому периоду относятся исследования, посвящённые первым принципам энергосбережения и энергоэффективности в том числе и в строительстве, а также исследования, посвящённые мировому энергетическому кризису и созданию стратегии устойчивого развития. Ведущие зарубежные учёные и политики признали взаимосвязь между техническими, экономическими, экологическими и социальными мерами по достижению обозначенных принципов. С этого времени ведущими учёными началась глобальная научно-исследовательская работа по повышению энергоэффективности как строительных объектов, так и организации и технологии строительного производства.

Можно утверждать, что с момента появления первого принципа экономии энергии до настоящего времени как в зарубежной, так и в отечественной науке произошёл эволюционный рост, коснувшийся всех сфер, в том числе строительной, основой которого стало принятие многочисленных нормативно-технических и законодательных документов, регламентирующих и нормирующих уровень энергетической эффективности строительных объектов [142, 244, 55-57, 235, 218, 157, 144, 146 и др.]. автором диссертационного исследования проведён анализ данных документов, результаты которого сформированы в схему развития требований к повышению энергоэффективности зданий и представлены на рисунке 3. Наряду с развитием требований эволюционировали научные методологические и методические основы повышения энергетической эффективности зданий, результаты которых опубликованы в монографиях, научных статьях, диссертационных исследованиях [11, 109-123, 79, 240, 210, 14, 239, 254, 195, 134 и др.].

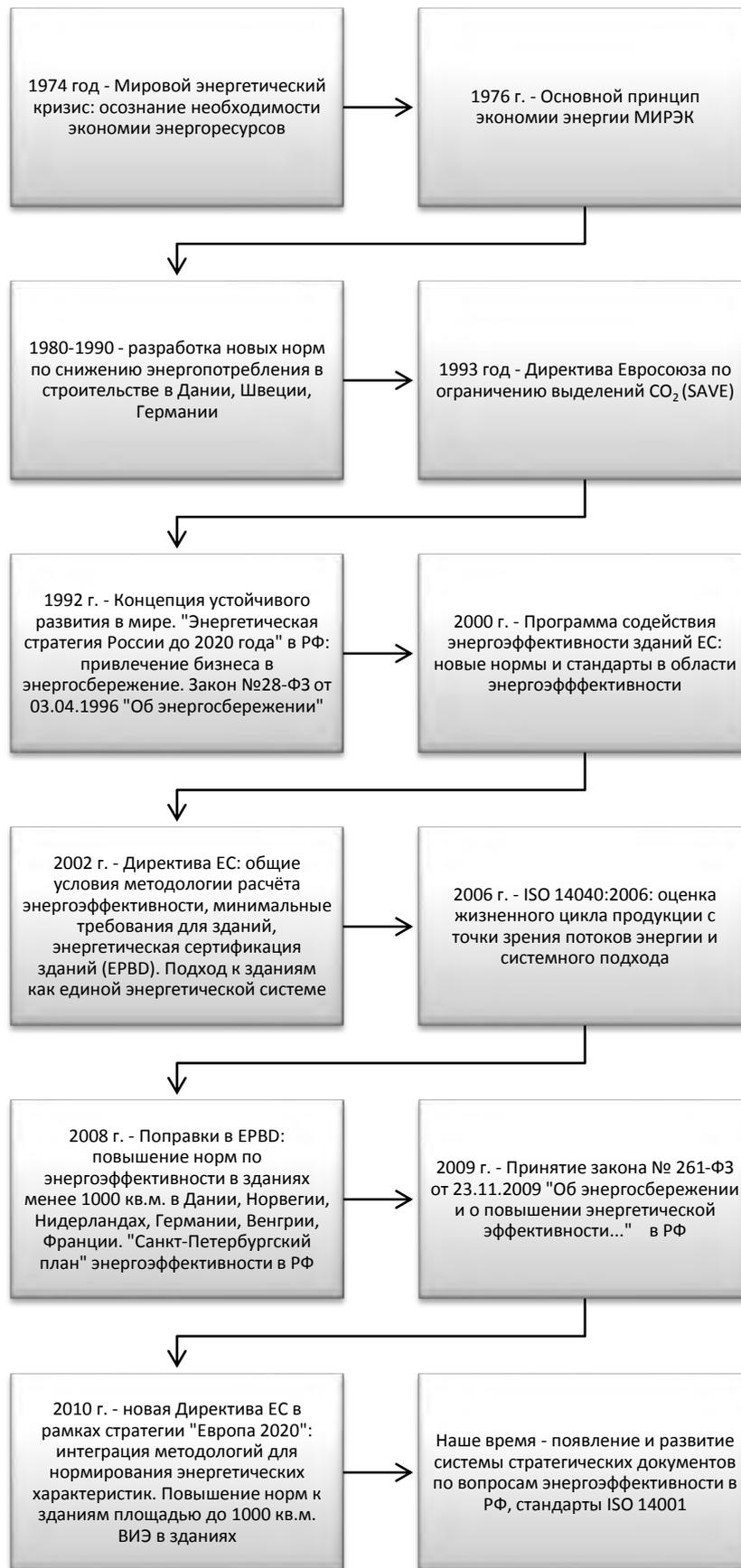


Рисунок 3 – Развитие нормативных требований к энергоэффективности зданий

Таким образом, за обозначенный период (с 70-х годов XX века по настоящее время) изменились как требования к энергоэффективности зданий, так и научная основа их достижения. Основными из них можно обозначить:

- требования по снижению потребления тепловой энергии на нужды отопления зданий на 28%-50%;
- требования по снижению до 30% потребления первичной энергии в жилых зданиях;
- требования использования для нужды отопления преимущественно внутренних тепловых ресурсов здания;
- требования по использованию возобновляемых энергетических ресурсов в зданиях;
- требования к минимизации теплообмена зданий с окружающей средой за счёт высококачественной теплоизоляции;
- требования по ограничению выделений парниковых газов путем повышения энергоэффективности зданий;
- требования по разработке энергетических паспортов зданий;
- требования по проведению регулярного мониторинга расхода энергетических ресурсов при эксплуатации зданий;
- создание механизмов государственного субсидирования мероприятий по снижению уровня расхода энергоресурсов;
- обязательное принятие программ содействия энергоэффективности зданий.

По мнению автора, реализация поставленных требований к повышению энергетической эффективности зданий развивалась и продолжает развиваться в настоящее время в европейских странах поступательно, путём пересмотра и международной интеграции нормативных требований к теплозащитным и другим характеристикам зданий и принятия европейских директив (директивы EPBD, стратегия «Европа 2020»). Основные требования к энергетическим характеристикам зданий современной Европы представлены автором на рисунке 4.

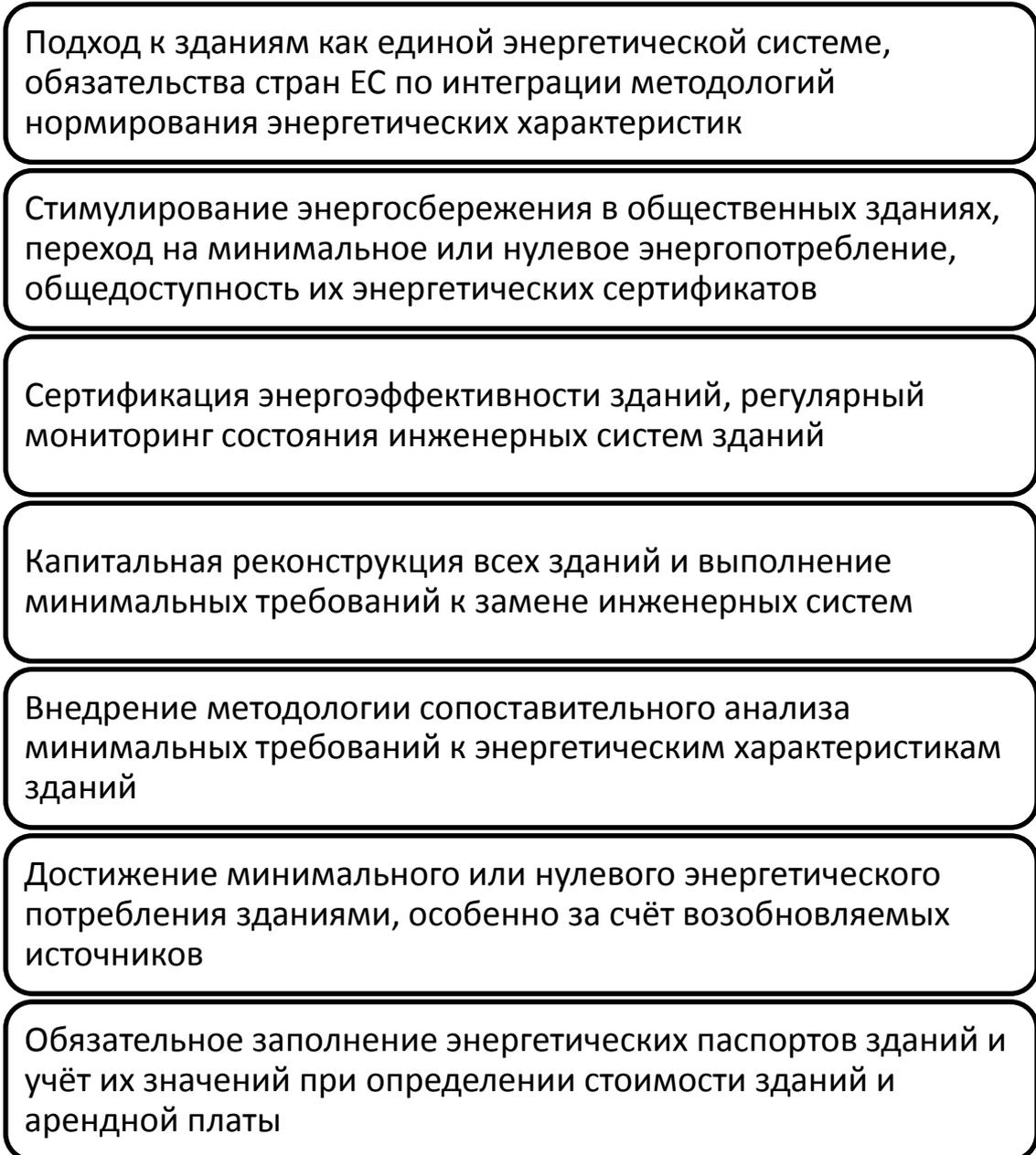


Рисунок 4 – Современные европейские требования к энергетическим характеристикам зданий

Анализируя современные европейские требования к энергетическим характеристикам зданий, можно сделать вывод о том, что их разработка и внедрение в европейских странах вызвано не только осознанием проблемы необходимости повышения энергоэффективности и экологических проблем, но и ростом зависимости

экономики от импорта энергоресурсов, которое, согласно прогнозным значениям, может достигнуть 70% к 2030 году (в настоящее время этот показатель равен 50%). В принятой Парламентом ЕС «Зелёной декларации» указано, что около 84% энергетических ресурсов от общего бытового и хозяйственного потребления расходуется на отопление и горячее водоснабжение зданий. Кроме этого, необходимо подчеркнуть, что (согласно исследованиям) 75% европейского жилищного фонда нуждаются в санации с целью снижения потребления энергоресурсов и повышения энергетической эффективности. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в развитых европейских странах происходит эволюционное развитие науки от осознания необходимости экономии энергоресурсов до системного подхода к решению проблемы повышения энергетической эффективности зданий.

Исследуя вопрос эволюции науки организации строительного производства энергоэффективных зданий в России, автор пришла к выводу, что российская наука также пошла по эволюционному пути решения данной проблемы: от осознания необходимости повышения тепловой защиты зданий до принятия энергетической эффективности в строительстве и строительном производстве в качестве одного из приоритетных направлений. Огромное значение в этом вопросе имеет опыт развитых стран, так как зарубежные нормативные документы являются основой для создания нормативно-правовой базы энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России. Целевым ориентиром строительной науки в советское время являлась экономия как сроков, так и стоимости строительства, таким образом, вопросам энергетической эффективности зданий особого внимания не уделялось, ограничивалась лишь тепловая защита зданий. Это было обусловлено необходимостью срочного решения жилищной проблем и доступностью энергетических ресурсов. По разным источникам, здания потребляли до трети энергоресурсов страны. Только в период общих реформ 90-х годов двадцатого века началось постепенное пересмотрение норм по тепловой защите зданий и, затем, по требованиям к их энергопотребления. Необходимо отметить, что первые нормативные документы регламентировали энергопотребление только тепловой энергии и только на этапе проектирования зданий. Таким образом, отсутствовал системный подход

как к зданиям, так и к организации их жизненного цикла в целом и строительного производства в частности.

Впервые проблема энергосбережения в документах стратегического планирования было затронута в 1992 году в рамках принятой Энергетической стратегии России, призывающая бизнес инвестировать в энергосбережение (Стратегия утратила силу в связи с изданием распоряжения Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р).

В ноябре 2008 года была принята «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (разработана Минэкономразвития), нацеленная в том числе на долгосрочное развитие экономики и устойчивое повышение благосостояния российских граждан.

В развитие и поддержку Концепции в ноябре 2009 г. была принята «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», поддерживающая направление энергосбережения и энергоэффективности в зданиях, строительной отрасли и ЖКХ. В декабре 2013 года был принят разработанный Минобрнауки «Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», установивший наиболее перспективные области развития науки и технологий, среди которых обозначены энергоэффективность и энергосбережение. Основные меры поддержки решения проблемы энерго- и ресурсосбережения, отражённые в данных документах, представлены авторами в таблице 1.

Таблица 1 – Поддержка энерго- и ресурсосбережения в строительной отрасли и ЖКХ в стратегических концепциях РФ

Дата принятия	Наименование	Меры поддержки
Ноябрь 2008 г.	Концепция долгосрочного социально-экономического развития	<ul style="list-style-type: none"> • снижение энергоёмкости валового внутреннего продукта - 81 - 83 % (2012 год к 2007 году), 70 – 75% (2020 год к 2012 году), 40% (2020 к 2007 году); • обеспечение интенсивного технологического обновления массовых производств на базе новых энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий; • реализация новых технологий строительства жилья;

Окончание таблицы 1

	Российской Федерации на период до 2020 года	<ul style="list-style-type: none"> • внедрение ресурсосберегающих технологий и создание условий для более широкого использования малой энергетики и возобновляемых видов топливно-энергетических ресурсов; • приведение жилищного фонда к состоянию, отвечающему современным условиям энергоэффективности; • активное стимулирование процессов модернизации производства, ориентированных на снижение энергоёмкости и материалоемкости; • реализация специальных мер по повышению энергетической эффективности жилищно-коммунального комплекса, в том числе внедрение тарифного метода доходности инвестированного капитала (RAB), адаптация концессионных договоров для передачи в управление комплексов жилищно-коммунального хозяйства и внедрение новых строительных норм и правил эффективного использования энергии
Ноябрь 2009 г.	Энергетическая стратегия России на период до 2030 года	<ul style="list-style-type: none"> • необходимость повышения энергоэффективности и снижения энергоёмкости экономики до уровня стран с аналогичными природно-климатическими условиями (Канада, страны Скандинавии); • снижение удельной энергоёмкости экономики; • проведение целенаправленной энергосберегающей политики; • реализация нереализованного потенциала организационного и технологического энергосбережения, который составляет 40% (в т.ч. удельный вес жилых зданий 18-19%, строительство 9-10%); • повышение ответственности за нерациональное и неэффективное расходование энергоресурсов, в т.ч. потерю тепла в зданиях
Декабрь 2013 г.	Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года.	<ul style="list-style-type: none"> • перспективные направления научных исследований: повышение энергоэффективности энергоёмких производств; здания с минимальным энергопотреблением; интеллектуальные системы управления энергопотреблением технологических процессов и зданий; интенсификация процессов тепло- и массообмена; • распространение материалов с новыми свойствами и технологий «зелёного» строительства; • разработка систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения

Таким образом, ведущие стратегические документы развития Российской Федерации направлены на формирование целостной системы управления процессами повышения энергоэффективности, в том числе на энерго- и ресурсосбережение в строительной отрасли и ЖКХ, сохраняя данную тему актуальной, а теоретические исследования и практические разработки в данном направлении перспективными.

В настоящее время в РФ основным законом, регулирующим вопросы по повышению энергоэффективности зданий является Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», сменивший декларативный Федеральный закон от 03.04.1996 № 28-ФЗ «Об энергосбережении». Закон № 261-ФЗ устанавливает правовые, экономические и организационные основы стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий [157]. Согласно закону строительные объекты должны соответствовать показателям энергоэффективности, приведённым в Правилах, которые были разработаны и утверждены Правительством РФ 28 января 2011 г. [155]. Данные правила устанавливают нормативные показатели, характеризующие удельную величину энергетических ресурсов в зданиях. Применение этих правил нацелено на то, чтобы исключить нерациональный расход энергоресурсов, причём в правилах указаны отдельные процессы жизненного цикла зданий, а именно, процессы строительства, процессы эксплуатации, процессы реконструкции, процессы капитального ремонта. Процессы проектирования не указаны. Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет. Закон № 261-ФЗ распространяется относится ко всем типам зданий, для которых устанавливает общие требования к энергетической эффективности, представленные на рисунке 5. Необходимо подчеркнуть, что в законе № 261-ФЗ не упоминается про соблюдение требований к энергоэффективности в течение жизненного цикла зданий, упоминаются лишь отдельные стадии жизненного цикла (проектирование и эксплуатация строительных объектов).

Закон № 261- ФЗ	соблюдение показателей удельной величины расхода энергоресурсов в зданиях
	соблюдение решений в зданиях, влияющих на энергоэффективность: архитектурные решения, функционально-технологические решения, конструктивные решения, инженерно-технические решения
	соблюдение требований к используемым в зданиях отдельных конструкций и элементов, технологий и устройств, материалов, включённых в проекты строительства, ремонта и реконструкции, исключающих нерациональный расход энергоресурсов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации

Рисунок 5 – Требования к энергоэффективности зданий в законе № 261-ФЗ

Данные требования также должны быть включены в требования к содержанию общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме. Класс энергетической эффективности многоквартирного дома, построенного, реконструированного или прошедшего капитальный ремонт и вводимого в эксплуатацию, определяется органом государственного строительного надзора в соответствии с утвержденными уполномоченным федеральным органом исполнительной власти правилами определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов, требования к которым устанавливаются Правительством Российской Федерации. В соответствии с принципами, установленными Правительством РФ, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации утверждают пере-

чень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме, подлежащих проведению единовременно и (или) регулярно [157].

Закон № 261-ФЗ также установил правила энергетического обследования зданий и сооружений и разработку на его основе энергетического паспорта объекта с целью определения класса энергетической эффективности зданий и разработки мероприятий по его повышению. Таким образом, федеральный закон № 261-ФЗ установил концептуальные положения организации энергосбережения и конкретные меры его стимулирования, в том числе в отрасли строительства на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий.

В декабре 2009 г. был принят Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ, в котором также указано, что здания должны отвечать требованиям энергетической эффективности на всех стадиях жизненного цикла зданий, таким образом, процесс обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений должен носить непрерывный характер [248].

Организационные аспекты строительного производства в России отражены в двух документах – Проекте организации строительства и Проекте производства работ. Их структура и требования к ним разработаны в СНиП 3.01.01-86. Современный этап развития методов организации строительного производства определяется жёсткими требованиями к повышению уровня энергоэффективности зданий и гармонизацией отечественных технических документов с нормами развитых европейских стран. По мнению автора, это означает, что процессы жизненного цикла зданий должны быть организованы таким образом, чтобы на всех стадиях обеспечивалась преемственность показателей энергоэффективности. В настоящее время вектор развития строительной науки направлен на применение системного подхода к решению вопросов снижения энергопотребления и повышения энергоэффективности зданий. Как отечественные, так и зарубежные учёные пришли к выводу, что применение системного подхода обеспечит наибольшее значение энергосбережения [238, 270, 223]. Такой подход отражён, в частности, в научных трудах основоположника научного подхода к проектированию энергоэффективных зданий

Ю.А. Табунщикова, а также в зарубежных документах («Европейская концепция рационального строительства», «Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности»). По мнению автора, такой подход является наиболее рациональным, так как позволяет учитывать множество факторов, влияющих на энергетическую эффективность здания: от теплотехнических характеристик наружной оболочки здания и параметров окружающей среды и до внутренних инженерных систем, формирующих внутренний микроклимат здания.

Также автор диссертационного исследования считает, что, методологической основой современного строительного производства должны стать не только системный, но и процессный подходы. Данное утверждение основано на теории функциональных систем, применяемой в управлении процессами организации строительного производства [76] и концепции анализа жизненного цикла – life cycle analysis LCA, применяемого в развитых западных странах, подразумевающего оценку экологического воздействия материалов и конструкций и здания в целом как единой системы на каждом этапе «жизни», начиная с производства, заканчивая возможностью утилизации [75, 266, 270, 223].

Теория функциональных систем и методологические основы проектирования и строительства зданий как функциональных систем описаны в работах [6, 74, 75, 76], согласно которым для понимания взаимодействия объекта строительства как единого объекта со средой следует изучать не «функции» отдельных составляющих (материалов, строительных конструкций, инженерного оборудования и других), а их взаимодействие, то есть координацию их активности для получения конкретного результата: организационно-технологической надёжности, безопасности и т.д. Таким образом, теория функциональных систем является одной из методологических основ организации строительного производства.

Методология процессного подхода применяется в новейших научных исследованиях, посвящённых гомеостату строительных объектов и проектированию системоквантов строительных процессов [103, 36, 33, 34, 35, 102]. Теория гомеостата строительных объектов предполагает такое управление зданием, при котором зда-

ние как функциональный объект стремиться к сохранению своих элементов, постоянству параметров внутренней среды путём внедрения устойчивых систем управления зданиями. «Умная» система управления зданиями должна постоянно управлять процессами изменения функциональных и технических характеристик здания с целью сохранения заданных параметров.

Процессный подход к управлению зданиями как функциональными системами основан на теориях П.К. Анохина (основоположника теории функциональных систем), А.А. Гусакова (основоположника системотехники строительства – науки о стыковых проблемах этапов жизненного цикла строительных объектов), А.А. Волкова (основоположника теории гомеостата строительных объектов как самоорганизующихся систем). Целью управления зданием как функциональной системой, является его «обучение» реагировать на воздействующие изменения окружающей среды и изменения внутренних параметров посредством информационно-технических систем.

Развитием системного и процессного подходов к зданиям можно считать работы [33, 34, 35, 36, 102, 103], в которых предложены методы проектирования системоквантов строительных процессов, основанные на применении концепции материализации информации о проекте, начинающейся с инвестирования строительства и заканчивающаяся его возведением, то есть с применением процессного подхода к организации жизненного цикла строительных объектов. Системокванты строительных процессов – это организованные сущности с материальными, энергетическими и информационными свойствами. Производственные физиологические системокванты деятельности человека формируют системокванты строительных процессов возведения объектов [37].

Таким образом можно представлять любые строительные процессы в пространственно-временном континууме: от процессов на уровне проектов организации строительства до процессов более низкого уровня: проектов производства работ и отдельных строительных процессов. По мнению автора проектирование системоквантов строительных процессов является современным направлением развития науки организации строительного производства, логическим продолжением

применения системного анализа и процессного подхода к организации жизненных циклов объектов строительства.

Таким образом, на основе вышесказанного, можно выделить следующие методологические основы развития науки организации строительного производства на современном этапе (рисунок 6).

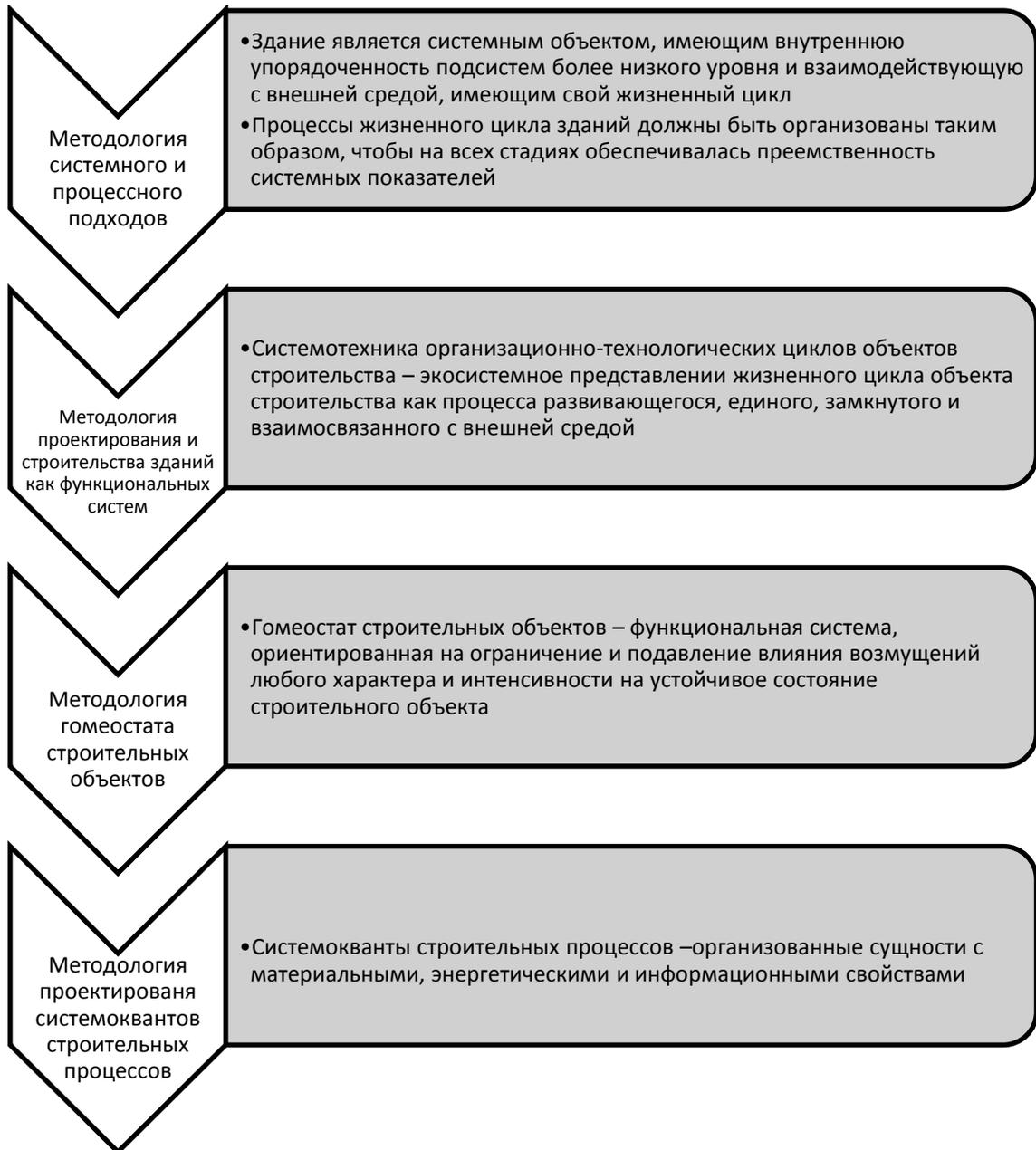


Рисунок 6 – Современные методологические основы развития науки организации строительного производства в России

Анализируя современные методологические основы, можно выделить их общий базис – это системный подход, согласно которому здание является не просто объектом строительства, а системным объектом, имеющим внутреннюю упорядоченность подсистем более низкого уровня и взаимодействующую с внешней средой, имеющим свой жизненный цикл. По мнению автора современный системный подход к зданиям необходимо дополнить процессным подходом, так как центральным понятием системного подхода является понятие процесса. Процессный подход широко используется в западных странах при организации жизненного цикла любых объектов, в том числе строительных. Автором предлагается интегрировать процессный подход в систему организации жизненного цикла зданий с учётом требований энергоэффективности.

Необходимо подчеркнуть, что выполнение жёстких требований к повышению энергетической эффективности зданий требует от современной науки организации производства создания новой методологии, позволяющей организовывать процессы жизненного цикла зданий таким образом, чтобы на всех этапах достигался высокий уровень энергоэффективности. Энергоэффективность за рубежом давно развивается, а Россия находится в начале пути. Несмотря на принятие основополагающего закона № 261-ФЗ, до сих пор не разработано и не внедрено действенных механизмов и правил его реализации. За время реализации закона было принято большое количество противоречащих друг другу документов. Очевидно, что при сохранении сложившейся ситуации системы энергоэффективности в России не будет. И это очень большая проблема, требующая системного подхода во всех отраслях народного хозяйства. По мнению авторов исследования [3], в рамках комплексного решения данной проблемы в строительной отрасли необходима оптимизация организационных структур и производственных процессов в строительстве, требующая применения методов системного и процессного подходов к моделированию процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий. Учитывая сложность, многоаспектность данной задачи, можно утверждать, что её решение требует от современной науки разработки такой методологии организации строительного производства, которая позволяла бы обеспечивать энергоэффективность

зданий не только на стадии проектирования, но и на всех стадиях жизненного цикла [3]. Несмотря на принятые нормативно-правовые документы, содержащие требования к повышению энергоэффективности зданий, в настоящее время недостаточно проработана методология организации процессов по выполнению данных требований, что подтверждает актуальность данного диссертационного исследования.

Проведённое автором исследование научной и нормативно-правовой литературы по вопросам энергетической эффективности зданий [178, 192] выявило необходимость уточнения терминологии энергоэффективности применительно к зданиям и определение понятия «энергоэффективное здание», так как развитие терминологии, определяющей энергоэффективность здания, и появление различных терминов требует определения понятия, носителем которого они являются.

Термин «энергоэффективность» введён СНиП 23-02-03 «Тепловая защита зданий», сменивший СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». Нормы данного СНиПа предусматривают введение нового показателя энергоэффективности зданий, а именно, удельная потребность в тепловой энергии на отопление, а также устанавливают классы энергоэффективности зданий, показатели энергоэффективности и их правила оценки как при проектировании и строительстве, так и при эксплуатации.

СНиП, СП и другие нормативно-правовые акты установили нормативные требования к зданиям по теплопроводности, в основе которых нормируется удельная потребность в тепловой энергии на отопление, охлаждение и вентиляцию зданий. Здания, удовлетворяющие данным требованиям, получили название «энергоэффективные здания».

Разработчики нормативно-правовой документации, посвящённой энергетической эффективности зданий определяют энергетическую эффективность здания как свойство объекта и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений [114].

В научной литературе также можно встретить определение понятия «энергоэффективное здание» как здание с показателями энергопотребления ниже, чем установленные нормативами. В МГСН 2.01-99 Энергетическая эффективность здания определена как свойство объекта и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений [245].

В процессе формирования и развития понятия «энергоэффективное здание» произошло расширение его содержания от требований низкой теплопроводности ограждающих конструкций к минимизации первичной энергии на обеспечение необходимого микроклимата внутри здания. Таким образом, энергоэффективность – это эффективное использование не только тепловой энергии, но и других видов энергии и энергетических ресурсов, о чём сказано и в федеральном законе № 261-ФЗ [157].

Авторы методических основ проектирования энергоэффективных зданий определяют энергоэффективное здание как совокупность архитектурных и инженерных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расхода энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания, то есть результат выбора определенными научными методами совокупности технических решений, наилучшим образом отвечающих поставленной цели [240]. Данное определение содержит основные признаки понятия «энергоэффективное здание», однако оно не учитывает особенности современной энергетической экономики, а именно, необходимость минимизации финансовых ресурсов на обеспечение энергоэффективности.

Разработанная в 2003 году РААСН Стратегия устойчивого развития строительного комплекса России содержит направление нахождения путей создания комфортного энерго-ресурсо-минимизирующего жилого дома (КЭРМ-хаус), основной характеристикой которого является сниженное в 2-4 раза первичное энергопотребление по сравнению с 2001 годом и действующими нормами. Таким образом, КЭРМ-хаус по характеристикам и требованиям также можно определить как «энергоэффективное здание». Определение понятия «энергоэффективное здание»

требует уточнения понятия не только «энергоэффективность», но и понятия «здание», так как существует родовое понятие «строение» и видовые понятия «здание» и «сооружение», нередко употребляемые как синонимы, так СНиП 23-02-03 устанавливает нормы и правила энергетической эффективности для зданий и сооружений, отождествляя их. Общероссийский классификатор основных фондов определяет здание как архитектурно-строительный объект, предназначенный для населения, а также хранения материальных ценностей, в целом для создания условий защиты от воздействий окружающей среды. Здание выполняет данные функции при помощи конструктивных частей: наружных ограждающих конструкций и крыши. Здание включает в себя также подземные части, коммуникации, которые необходимы для нормальной эксплуатации, инженерные системы отопления, газификации, водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, освещения, силовые установки, сети телефонизации, радиофикации, устройства вентиляции, лифты и подъёмники и так далее. При этом все названные устройства должны находиться внутри здания. Отличительной особенностью сооружений по сопоставлению со зданиями является то, что функциональное назначение сооружений заключается в создании условий для осуществления производственных процессов, технологических процессов, непроизводственных функций, которые не связаны с изменением предмета труда [160]. Таким образом, указано разделение на здания и сооружения по их функциональному назначению. В Строительных нормах и правилах номер 10-01-94 понятия «здание» и «сооружение» практически не разделяются, даже отождествляются, причём зданием признаётся наземное сооружение с помещениями, функционально предназначенными и для людей, и для хранения материальных ценностей, и для осуществления производственных процессов, т.е. для определённых потребительских функций [232].

Процесс образования понятия «энергоэффективное здание» рассмотрен автором при помощи диалектической логики, применение которой позволяет исследовать процесс формирования понятия, который происходит постепенно, по мере накопления научных знаний об объекте. Рассматривая понятие «энергоэффективное здание» как целостную совокупность суждений, т.е. мыслей, в которых что-

либо утверждается об отличительных признаках исследуемого объекта, в первую очередь необходимо определить его ядро, которым являются суждения о наиболее общих и в то же время существенных признаках этого объекта. Ядром понятия «энергоэффективное здание» служат такие признаки как «здание», «планировочные, конструктивные и инженерные решения», «уровень комфортности», «затраты на энергоресурсы» [175]. На основании вышеизложенного автором предлагается следующее определение: **«энергоэффективное здание – это строение, отвечающее нормативным требованиям безопасности и надёжности, совокупность планировочных, конструктивных и инженерных решений которого обеспечивает необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы на протяжении всего жизненного цикла»** [175]. Предлагаемое определение построено в соответствии с правилами определения понятий диалектической логики [100], а именно:

1. Понятие «энергоэффективное здание» определено через ближайший род – строение и видовое отличие – соответствие нормативам энергопотребления.
2. Определение соразмерно, т.е. объём определяемого понятия и понятия, посредством которого определено искомое понятие, одинаковы, соответственны.
3. Видовым отличием является признак или группа признаков, свойственных только данному понятию и отсутствующих в других понятиях, относящихся к тому же роду, т.е. признак соответствия нормативам энергопотребления при обеспечении необходимого уровня комфортности отсутствует в других понятиях, относящихся к строениям.
4. Определяемое понятие не содержит круга, т.е. энергоэффективное здание не определено посредством такого понятия, которое само становится ясным только посредством определяемого понятия.
5. Определение не отрицательно и соответствует цели определения, которая заключается в том, чтобы ответить на вопрос, чем же является энергоэффективное здание, отображаемое в понятии, а для этого перечислены в утвердительной форме его существенные признаки.
6. Определение логически непротиворечиво.

7. Определение чёткое, ясное, не содержит двусмысленностей [175].

Таким образом, предлагаемое авторское определение отличается от существующих более полным содержанием, учитывающим безопасность, надёжность и комфортность здания, все виды потребляемых зданием энергоресурсов и его жизненный цикл.

1.3. Формирование системотехнических принципов энергоэффективности

В процессе анализа современных методологических основ строительного производства автор диссертационного исследования пришла к выводу, что разработка методических подходов к обеспечению энергоэффективности зданий должна осуществляться на основе фундаментальных и современных наук, таких как системотехника строительства. Данное утверждение основано на том, что энергоэффективное здание является сложной энергетической системой, представляющей собой не аддитивное сложение элементов, а их системную, синергетическую интеграцию. Системотехника как научно-техническая дисциплина изучает созданные человеком сложные технические, организационные, управленческие системы, к которым в полной мере относятся автоматизированные системы управления, планирования, проектирования, строительства. Становление и развитие системотехники строительства связано не только и не столько с его компьютеризацией, сколько с изменившимся инженерным мышлением. Оно необходимо для проектирования, строительства и эксплуатации сильно усложнившихся объектов и систем, проявивших неизвестные ранее проблемы, в том числе стыковые [73].

По мнению крупного специалиста в области системотехники строительства Гусаковой Е.А., для изучения жизненного цикла строительных объектов необходимо подходить к их исследованию с позиции биологических систем, функционирующих в условиях внешней среды и сохраняющих целостность при внешних воздействиях. Изучение жизненного цикла биологических систем способствует решению организационно-технических задач и выявлению закономерностей жизненного цикла зданий [78].

Системотехнический подход в строительстве основан на постулате об универсальности принципов и законов организации и развития сложных природных биологических, социально-экономических и технологических (в т. ч. строительных систем). Общими являются предъявляемые требования высокой организации, экономичности, гибкости, надёжности, приспособляемости. Практическое применение таких подходов во многих областях науки и техники подтвердило их универсальность. Биологические системы являются наиболее высокоорганизованными системами. Они обладают такими качествами устойчивости функционирования, которые пока лишь частично достигаются при создании строительных объектов и их систем управления [106].

По мнению автора диссертационного исследования (совместно с научным консультантом Алояном Р.М. и аспиранткой Варамашвили Н.И.) в научных работах [3, 4] обосновано, что в настоящее время процессы жизненного цикла зданий организованы таким образом, что характеристики энергоэффективности зданий достигаются простым суммированием архитектурных, конструктивных, инженерных решений зданий, при этом не рассматривается их взаимозависимость и взаимодействие в системе и не уделяется внимание организационным аспектам жизненного цикла здания. В связи с этим не достигается необходимого уровня энергоэффективности и не обеспечивается его преемственности на всех стадиях жизненного цикла. Именно поэтому необходимо рассматривать энергоэффективные здания с позиции теории функциональных систем – динамически работающих организаций. Системный подход, основанный на теории функциональных систем, позволяет изучать системную взаимосвязь здания, его внутренней оболочки и внешней среды. Согласно академику П.К. Анохину, «функциональная система представляет собой систему активно объединённых процессов, которые, раз объединившись, стремятся сохранить созданную архитектуру соотношений» [6]. Центры, управляющие компонентами функциональной системы, стремятся к сохранению установленных определённым образом взаимодействий между ними. По своей архитектуре функциональная система целиком соответствует любой кибернетической модели с обратной

связью, и поэтому изучение свойств различных функциональных систем организма, сопоставление роли в них частных и общих закономерностей, несомненно, послужит познанию любых систем с автоматической регуляцией. Функциональная система является универсальным принципом организации процессов и механизмов, заканчивающихся получением конечного приспособительного эффекта [6]. П.К. Анохин утверждает о сходстве и различиях живого организма и замкнутых механических систем, функционирующих на основе автоматической регуляции с обратной связью. Именно такими системами являются современные энергоэффективные здания, управляемые автоматическими системами поддержания заданного уровня микроклимата и характеристиками энергоэффективности. Такое сопоставление позволяет с пользой для технических систем раскрыть необъятные возможности тех принципов организации, которыми располагает центральная нервная система живого организма.

Интерпретация жизненного цикла энергоэффективных зданий с позиции системного подхода делает обоснованным применение методов системотехники и позволяет:

- рассмотреть здание как единую энергетическую систему и понять объединяющие причинно-следственные связи, характеризующие преобразования начальной ситуации в конечную;
- установить взаимосвязи функциональных подсистем и их процессов на границах основных стадий жизненного цикла энергоэффективного зданий;
- обеспечить преемственность уровня энергетической эффективности зданий на всех стадиях развития системы от проектирования до ликвидации или реконструкции зданий с переходом на новый уровень энергетической эффективности.

Новизна применения системотехнического и функционального подходов к организации жизненного цикла здания заключается в осознании здания как системы, состоящей из функциональных подсистем и проходящей в своём развитии

все стадии жизненного цикла. Применение принципов системотехники строительства способствует решению организационно-технических задач, которые невозможно решить стандартными методами.

С целью совершенствования методологии организации строительного производства энергоэффективных зданий автором диссертационного исследования сформированы новые принципы, учитывающие системный подход к строительству и специфику энергоэффективности, то есть системотехнические принципы, основанные на общих принципах системотехники и новых требованиях к энергоэффективности (рисунок 7).



Рисунок 7 – системотехнические принципы энергоэффективности зданий

1. Функционально-системный принцип энергоэффективности зданий.

Системообразующим фактором является конкретный результат (целевая функция) функционирования системы. Этот принцип полностью соответствует жизненному циклу энергоэффективных зданий как строительных систем, где сложность иерархии, множество целей, несоподчиненность и ненадежность критериев по отдельным подсистемам делают весьма актуальным достижение конечного результата по вводу и функционированию объектов строительства и многим другим показателям. Именно результат – достижение зданиями необходимого уровня энергоэффективности является системообразующим фактором в строительном производстве и требует переориентации многих организационно-технологических и управленческих решений, которые еще часто принимаются без подчинения их до-

стижению конечного результата, о чём свидетельствуют многочисленные разрозненные нормативно-методические акты, нормирующие энергоэффективность зданий.

2. Вероятностно-статистический принцип энергоэффективности зданий.

Модульность и многовариантность является одним из главных принципов обеспечения гибкости строительного производства [73]. В строительстве длительность, сметная стоимость, трудоемкость и другие показатели являются вероятностными в силу воздействия на них случайных факторов, поэтому они должны характеризоваться распределениями, отражающими вероятности достижения запроектированной величины этих показателей. Это утверждение в полной мере относится и к энергетической эффективности зданий, уровень которой находится в некоторых пределах и зависит от вероятностного изменения исходных данных (проектных решений) и влияния внешних условий (процессов строительства и эксплуатации, испытывающих влияние как внутренних, так и внешних воздействий). Изучение на основе вероятностно-статистического принципа моделей и методов, применяемых для исследования таких сложных систем как энергоэффективные здания, показало, что проблемы строительного производства могут решаться только с помощью вероятностных моделей, в которых рассматриваемые переменные (энергопотребление, теплозащита и др.) являются случайными величинами. При этом необходимо сразу отбросить предположение, согласно которому определенным значениям переменных всегда соответствует одно, поддающееся расчету, значение целевой функции. Необходимо принять, что значение целевой функции выражается статистическими распределениями, находящимися в стохастической зависимости от всех статистических распределений значений параметров системы.

3. Имитационно-моделирующий принцип энергоэффективности зданий.

Этот принцип заключается в исследовании сложных систем при помощи методов математического моделирования. В строительстве с его сложными организационно-технологическими и управленческими системами моделирование становится единственно возможным методом исследования. Этот принцип находит всё

большее применение в моделировании энергоэффективных зданий, так как системы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, безусловно, относятся к классу наиболее сложных систем, как по своей структуре, так и по функционированию. Сложные функциональные системы характеризуются показателем эффективности, в качестве которого принимают функционал от процесса функционирования. Например, в качестве основного показателя энергоэффективности зданий согласно СНиП 23-02-2003 принят показатель удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, величина которого зависит от процесса функционирования здания как единой энергетической системы. Применение имитационно-моделирующего принципа связано с усложнением строительных систем, организации их функционирования в условиях требований к энергоэффективности, когда увеличивается число параметров, наиболее существенно отражающих функционирование системы и достижение заданного результата. Проблема может быть сформулирована в виде многоцелевой оптимизационной задачи, характеризующейся наличием нескольких и конкурирующих целей, набором возможных решений, которые не predetermined, но неявно определяются набором параметров и набором ограничений, которые должны быть приняты во внимание для достижения оптимального решения [244]. Одним из перспективных направлений реализации имитационно-моделирующего принципа является функциональное моделирование. Функциональное моделирование жизненного цикла энергоэффективных зданий представляет собой сложнейшую задачу, решение которой требует применения специальных методик и инструментов.

4. Интерактивно-графический принцип энергоэффективности зданий.

Методология организации и управления современным строительным производством в условиях повышения требований к энергоэффективности зданий требует применения графических способов представления информации и её корректировки и использования в интерактивном режиме. В этой связи актуальными становятся применение различных технологий моделирования энергоэффективных зданий, применяющиеся на этапах проектирования, строительства и эксплуатации. В

настоящее время в архитектурно-строительном проектировании применяются системы электронного описания 3D модели здания и его информационных параметров (EPD), информационное моделирование зданий (BIM), а также 4D технологии моделирования зданий с привязкой к календарному графику строительства. В течение жизненного цикла здания информация может изменяться, дополняться и объединяться. Содержащаяся в модели информация может изменяться, дополняться, заменяться, отражая текущее состояние здания. Таким образом, информационное моделирование зданий позволяет совмещать работу над проектом не только в пространстве, но и во времени [180]. Применение интерактивно-графического принципа позволяет управлять жизненным циклом здания, осуществлять сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании, в том числе о потреблении энергоресурсов и показателей энергоэффективности, со всеми взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Применение этого принципа позволяет создавать и корректировать динамические базы показателей, характеризующих энергоэффективность зданий.

5. Инженерно-экономический принцип энергоэффективности зданий.

Согласно данному принципу оценку энергоэффективности зданий необходимо производить не только с технической, но и с организационной и экономической точек зрения. Отсутствие комплексных показателей и критериев оценки экономической эффективности – наиболее существенный методологический недостаток применяемых методов оценки энергетической эффективности в строительстве. Принятые в настоящее время показатели либо ограничены одним из видов энергетических ресурсов, либо не позволяют оценить здание как единую энергетическую систему. Показатели, применяемые в настоящее время, подходят для расчёта энергоэффективности зданий только на стадиях проектирования и строительства, а на стадии эксплуатации зданий постоянное вычисление их не имеет экономического смысла. По мнению автора (совместно с Алояном Р.М., Петрухиным А.Б., Ставро-

вой М.В.), их применение недостаточно для мотивации собственников к повышению уровня энергоэффективности зданий [5]. Действующие методики по определению эффективности организационно-технических решений в достаточной степени не учитывают экономические интересы ни отдельных участников инвестиционно-строительного процесса, ни строительной отрасли страны в целом. Единственным ориентиром является программа по снижению энергоёмкости в 2020 году по отношению к 2007 году ВВП на 40%. Реализация сформулированных системотехнических принципов энергоэффективности обусловлена их интеграцией в существующую систему организации строительного производства и нормативно-правовое поле требований к энергоэффективности. Оценочными критериями реализации являются определённые целевые показатели, характеризующие энергоэффективность и энергосбережение. Согласно системному подходу, кроме нормируемых значений удельного расхода тепловой энергии в зданиях необходимо обеспечить необходимый уровень комфортности при экономии затрат на другие энергоресурсы и соблюдения комфортного микроклимата при оптимальных затратах материальных и финансовых ресурсов. Выполнение этой сложной задачи возможно только при помощи методологических подходов, учитывающих все стороны зданий как сложных систем. Внедрение системотехнических принципов позволит обеспечить необходимый уровень энергоэффективности на всех стадиях строительного производства. Предлагаемые принципы могут быть использованы при разработке механизмов достижения, заданных в 261-ФЗ целевых показателей и при утверждении правил и нормативов, так как они основаны на достижениях современной фундаментальной науки – системотехники. Применение принципов системотехники позволит системно решать сложные задачи организации строительства энергоэффективных зданий, а также поддержания необходимого уровня энергоэффективности на всех стадиях их жизненного цикла. Таким образом, реализация системотехнических принципов должно стать методологической основой строительного производства энергоэффективных зданий и способствовать повышению энергетической эффективности не только в рамках нормируемых показателей, но и всей строительной отрасли в целом.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

2.1. Разработка концептуальных схем энергоэффективного здания и его жизненного цикла на основе системного и процессного подходов

Несмотря на активную политику, направленную на энергосбережение и повышение энергетической эффективности, в том числе в строительной отрасли, по мнению автора, в настоящее время нерешёнными остаются многие проблемы:

1. Принятая в России практика проектирования нового здания с определённым классом энергоэффективности либо реконструкции существующего здания с целью повышения этого класса не учитывает динамики жизненного цикла: заказчик и проектировщик не заинтересованы ни в энергосбережении, ни в повышении энергоэффективности своего здания, мотивирующие механизмы для этого отсутствуют.

2. Организация строительного производства в нашей стране не направлена на энергосбережение: в настоящее время процесс организации строительного производства регламентируется СП 48.13330.2011 (актуализированном СНиП 12-01-2004 «Организация строительства»), не содержащий разделов по энергосбережению и энергетической эффективности.

3. Строительство новых зданий осуществляется без учёта принципов устойчивого развития среды жизнедеятельности, согласно которым основой гармоничного развития является разумный выбор между реконструкцией существующего здания или сносом, со строительством нового.

4. Существующая нормативно-техническая база энергоэффективного строительства регламентирует осуществление отдельных процессов, например, ужесточению теплотехнических требований к ограждающим конструкциям, повышению уровня тепловой защиты зданий в целом, в то время как повышение требований к теплозащите зданий приводит не только к повышению стоимости строительства,

но и отрицательно влияет на долговечность ограждающих конструкций. Таким образом, отсутствуют требования к системного подхода к управлению процессами.

5. На государственном уровне практически не уделяется внимания к завершающей стадии жизненного цикла зданий: вывода из эксплуатации, демонтажа и утилизации и рециклингу строительных материалов после демонтажа, в то время как в России строительная индустрия потребляет до 50% общего объема добываемых природных ресурсов [182].

По мнению автора, одной из основных причин появления данных проблем является отсутствие системного подхода к организации жизненного цикла зданий. Ключевым моментом здесь является взгляд на здание не только как на статический объект, но рассмотрение его в аспекте жизненного цикла, во взаимосвязи и динамике всех процессов: проектирования, строительства, эксплуатации и выводе из эксплуатации.

Организация и управление жизненным циклом зданий как энергетических систем с учётом энергосбережения и энергоэффективности является предметом изучения зарубежных учёных, изучающих эту проблему более 50 лет и достигнувших значительных результатов, в частности, известны примеры проектирования и строительства зданий с нулевым потреблением невозобновляемых энергоресурсов. Обобщённый обзор зданий с нулевым энергопотреблением и методик их расчёта, проведённый зарубежными учёными на основе результатов 51 научного исследования, представленный в [264], позволил его авторам сделать важный вывод, что несмотря на различные определения и методы расчёта «нулевых» зданий, в целом методологической основой их проектирования является системный подход, а также учёт динамики жизненного цикла зданий как системы.

Системный подход является основой методологии энергоэффективности, принятой в странах ЕС. Автор считает целесообразным гармонизировать с европейскими стандартами энергоэффективности разработку методологии процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, в частности, в применении системного подхода и международных стандартов ISO 14001, ISO 9001 и ISO 50001. Процесс гармонизации российских и европейских нормативных документов

начался в 2003 году с появлением СНиП 23-02-2003 и в настоящее время активно развивается [239]. По мнению автора, концепция процессов организации жизненного цикла зданий является логическим продолжением интегрирования концепций жизненных циклов строительных материалов и конструкций зданий как элементов единой системы. В здании, спроектированном и построенном в соответствии с концепцией рационального строительства, потребление воды, сырья, энергии, земли сводится к минимуму в течение всего жизненного цикла. Согласно Европейской концепции рационального строительства [268] важно рассматривать весь жизненный цикл здания, так как энергия, используемая зданием равна сумме энергии, необходимой в течение всего периода его эксплуатации и энергии, необходимой для строительства и сноса здания. Анализ жизненного цикла представляет собой учет всех положительных и отрицательных воздействий продукции на окружающую среду. Такие воздействия оцениваются на каждом этапе существования продукта от создания до утилизации (т.е. с момента добычи сырья до момента прекращения использования продукта, сопровождаемого сносом здания) с использованием показателей, учитывающих отходы, выбросы и потребление ресурсов.

В соответствующем методологии системной энергоэффективности документе «Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency), международная аббревиатура ENE» научно обосновано, что при планировании и проектировании строительства или реконструкции крупного строительного объекта необходимо произвести оценку затрат, связанных с энергопотреблением основных и вспомогательных производственных процессов, инженерного оборудования на протяжении всего периода эксплуатации [223]. Это необходимо делать, так как впоследствии затраты на совокупное энергопотребление могут иметь значительную долю совокупной стоимости владения, которая должна быть рассчитана для всего срока службы строительного объекта. В документе приведён практический пример того, что на этапе планирования и проектирования нового объекта потенциал энергосбережения оказывается выше, а инвестиционные за-

траты значительно ниже, чем при внедрении мероприятий по повышению энергоэффективности объекта в процессе эксплуатации. Эта закономерность проиллюстрирована на рисунке 8. По мнению автора, данный подход должен применяться при организации жизненных циклов зданий и в России, так как его эффективность доказана многолетним опытом энергоэффективного строительства в развитых странах.

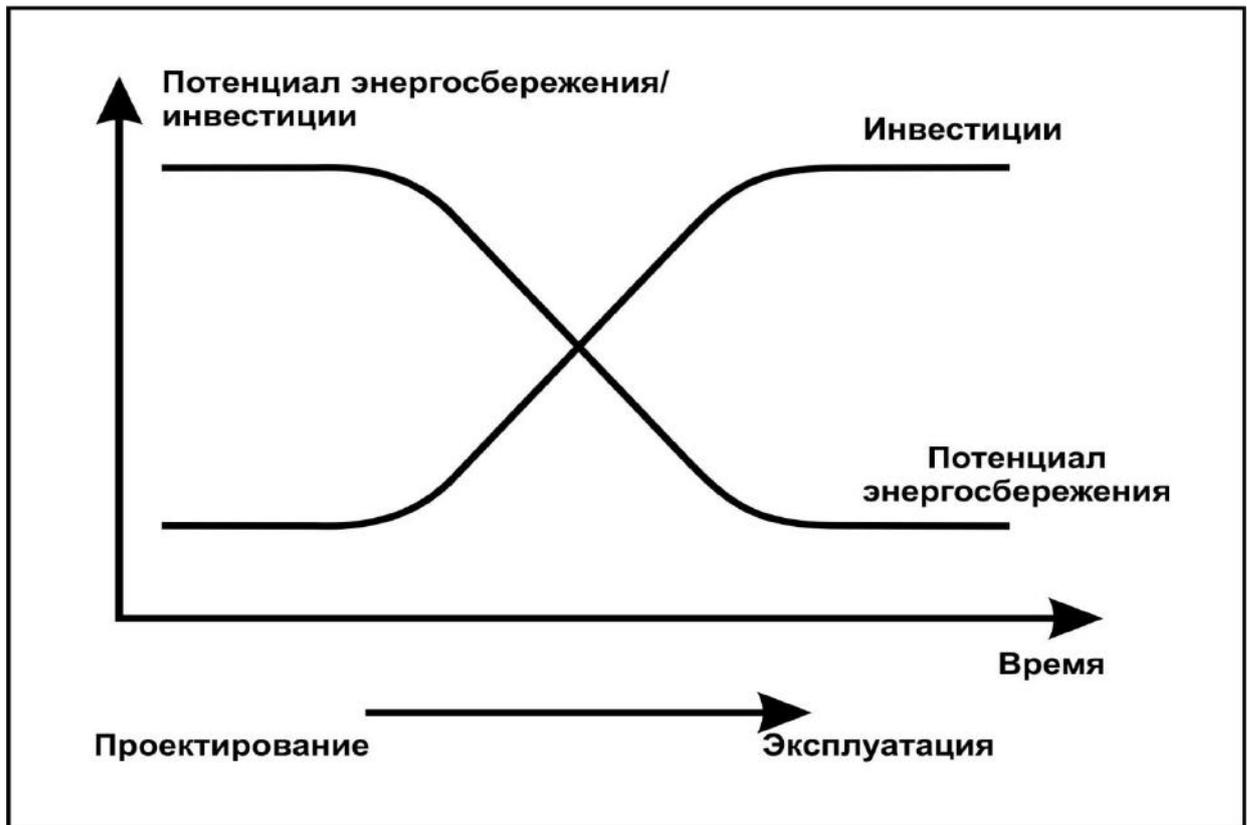


Рисунок 8 – Соотношение потенциала энергосбережения и объема инвестиций на этапах проектирования и эксплуатации [223]

При энергоэффективном проектировании объектов строительства, по мнению автора, целесообразно использовать методический аппарат, используемый при проведении энергоаудита на существующих предприятиях. При этом нужно иметь в виду, что энергоэффективность оборудования при новом строительстве наименее затратно рассчитать на этапе проектирования, в то время как для существующего строительного объекта затраты могут возрасти на величину стоимости самого обо-

рудования. Таким образом, энергосберегающие организационно-технические решения наиболее эффективно принимать на стадии проектирования объекта. Это проиллюстрировано на рисунке 9.

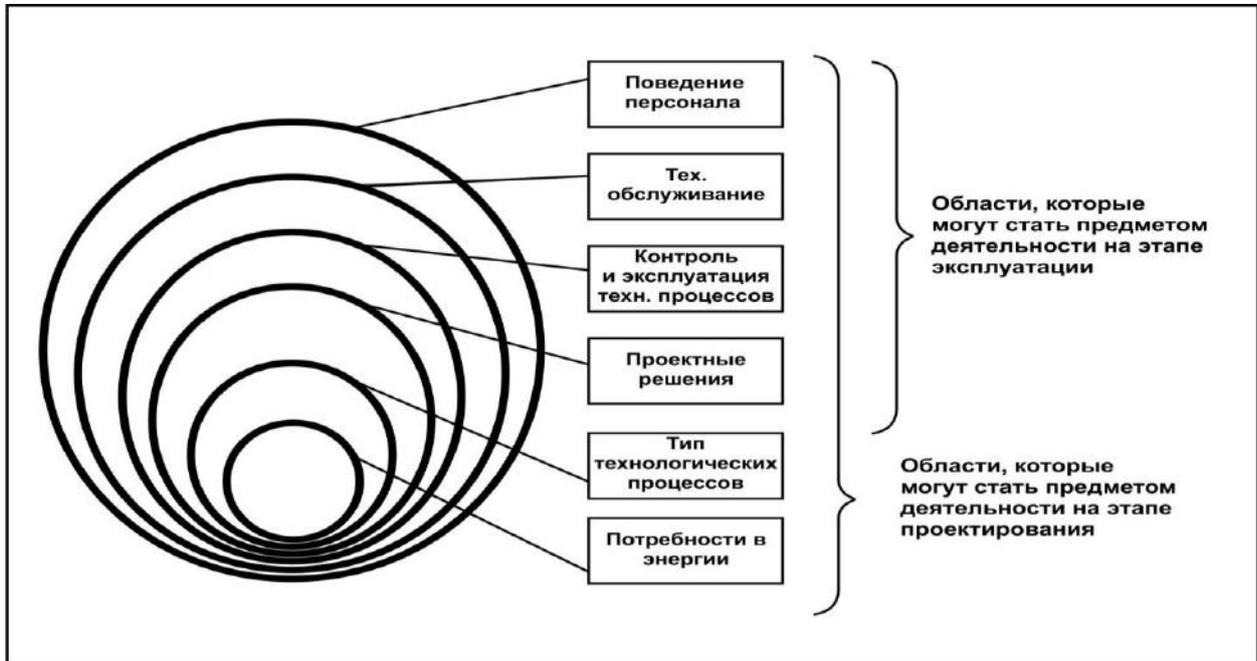


Рисунок 9 – Области деятельности на этапах проектирования и эксплуатации строительных объектов [223]

По мнению автора, для создания энергоэффективных зданий в России не хватает не осознания необходимости принятия концепции устойчивой архитектуры (sustainable architecture), согласно которой в расчет эффективности принимается потребление зданием энергии на протяжении всего его жизненного цикла – от производства стройматериалов, строительства, эксплуатации до утилизации. При этом важнейшее условие – обеспечение комфортного для человека микроклимата.

Большинство крупных западных производителей строительных материалов в основу концепции собственной экологичности ставят анализ жизненного цикла – life cycle analysis LCA. Этот подход подразумевает оценку экологического воздействия материала на каждом этапе его «жизни», начиная с производства, заканчивая возможностью утилизации. Данная концепция является методологической основой

в разработанных «зелёных» стандартах зданий, являющихся обязательными для применения в западных странах и рекомендуемыми в России [25]. Перечень данных стандартов представлен автором на рисунке 10.

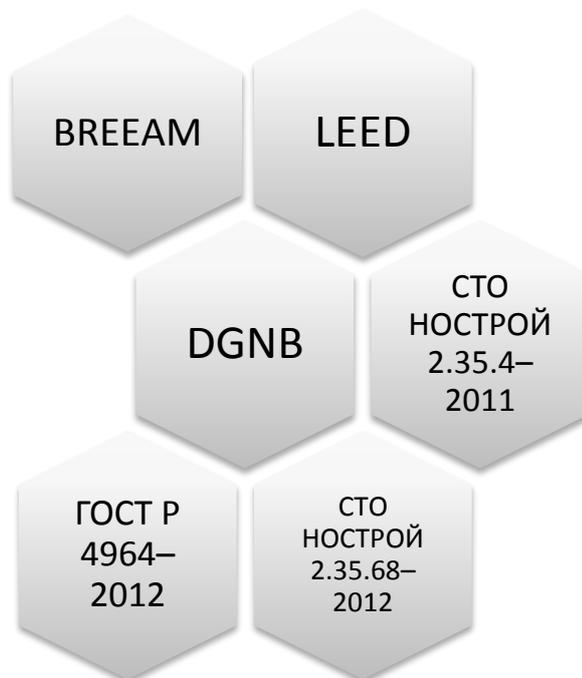


Рисунок 10 – Зарубежные и российские системы и стандарты, учитывающие энергоэффективность при оценке жизненного цикла зданий

Необходимо отметить, что отечественные гармонизированные ГОСТ Р 54964–2012 и национальные стандарты STO НОСТРОЙ 2.35.4–2011, STO НОСТРОЙ 2.35.68–2012 основаны на нормах РФ (ГОСТы и СНиПы), а также стандартах систем BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, «Метод оценки экологической эффективности от Исследовательского института строительства», Великобритания) и LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, «Руководство в энергетическом и экологическом проектировании, США). Эти стандарты являются международными, применяются для рейтинговой оценки зданий по различным показателям, в том числе по уровню энергоэффективности [25]. Однако также необходимо отметить, что в данных стандар-

тах и системах не учитываются организационные аспекты строительного производства энергоэффективных зданий, данное направление остаётся в настоящее время актуальным.

Таким образом, только подход к процессам организации жизненного цикла строительных объектов в целом позволит достичь того уровня энергоэффективности, который необходим для соблюдения принципов устойчивого развития. По мнению А.А. Гусаковой моделировать стадии жизненного цикла строительных объектов необходимо с позиции целостности, так как они диалектически взаимосвязаны, их функции, структура образуют целостную модель. Методология изучения генезиса жизненного цикла энергоэффективного здания как единого целого позволяет решить ряд вопросов, связанных с достижением необходимого уровня его энергоэффективности. Изучение жизненного цикла энергоэффективных зданий позволяет исследователю:

- установить взаимосвязи между его этапами: проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и вывода из эксплуатации;
- определить значимость, длительность и энергоэффективность этапов жизненного цикла;
- разработать объективные оценки энергетической эффективности зданий в зависимости от того, на каком этапе жизненного цикла находится оцениваемый объект;
- прогнозировать сроки проведения текущего и капитального ремонтов зданий с учётом потерь энергоресурсов при износе материалов и конструкций.

С развитием научного знания об энергоэффективных зданиях развивается методология научного познания процессов их жизненного цикла. Исходными эмпирическими и теоретическими основами проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий является сложившийся научно-методический аппарат в области строительных наук, а также комплекс нормативно-методических документов, принятых в соответствии с концепцией нормирования тепловой за-

щиты зданий. Для достижения нового уровня научного знания в области энергоэффективных зданий, необходимо руководствоваться методологией, которая включает как ранее известные элементы, так и вновь предлагаемые, и, сочетая процессы исследования с процессами разработки, получать, таким образом, организацию знаний в виде совокупности избираемых известных, а также вновь предлагаемых элементов научно-методического аппарата [174].

Автором диссертационного исследования проведён анализ различных проектных решений энергоэффективных зданий, а также изучены реализованные проекты и исследованы построенные энергоэффективные здания. На основе полученного опыта можно сделать вывод о том, что проектирование энергоэффективных зданий должно быть основано на системном подходе к зданию как единой энергетической системы, в которой во взаимосвязи находятся подсистемы архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений, направленных на повышение энергоэффективности. Данные подсистемы находятся во взаимосвязи между собой и окружающей средой, и при совместной работе дают синергетический эффект: высокую энергетическую эффективность здания в целом.

При решении задачи по достижению зданием высокой энергетической эффективности в течение жизненного цикла необходимо учитывать энергопотребление не только самого здания в процессе строительства и эксплуатации, но и расход энергоресурсов, необходимых для производства строительных материалов, изделий и конструкций. Оболочка здания (стены, окна, покрытия и полы) за время своего существования сначала забирает энергию недр земли на создание ограждающих конструкций, затем на их ремонт и в конце срока существования – на демонтаж и утилизацию. В процессе эксплуатации здание потребляет энергию из недр земли на поддержание необходимого по нормам температурно-влажностного режима [240]. По мнению автора, с точки зрения энергетической эффективности, направленной на минимизацию энергетических затрат и экономию ресурсов целесообразно разделить способы энергосбережения в здании на активные и пассивные. Активные способы – это способы, обеспечивающее энергосбережение при необходи-

мости постоянных и переменных затрат. Пассивные способы – это способы, обеспечивающее энергосбережение без переменных затрат. Группировка способов по данному признаку представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Группировка способов энергосбережения

Активные	Пассивные
Солнечный коллектор	Ориентация дома на юг
Солнечная батарея на основе фотоэлементов	Общая архитектурно-планировочная концепция здания
Тепловой насос	Светлая кровля
Рекуператор	Площадь остекления
Теплообменник	Вентилируемые окна
Теплый пол	Рециркуляционный воздуховод в плитах перекрытий
Энергосберегающее освещение	Отражённое освещение
Фотоэлементы устройств освещения	Теплоёмкие ограждающие конструкции
Автоматизированная система управления инженерным оборудованием здания	Узел учёта энергоресурсов

В настоящее время разработано и применяется множество архитектурных, конструктивных, инженерных решений, позволяющих снижать уровень энергопотребления зданиями. Очевидно, что только при комплексном использовании энергосберегающих решений возможно получить максимальную экономию энергетических ресурсов. Таким образом, применение системного подхода является здесь методологически правильным.

Исследование различных архитектурных и инженерных решений, обеспечивающих энергосбережение в зданиях, выявило необходимость интегрировать их в

концептуальной схеме энергоэффективного здания, разработанной автором в качестве наглядного примера системного подхода к энергосбережению в зданиях. Схема представлена на рисунке 11. На схеме пассивные способы энергосбережения обозначены синими штриховыми линиями. Поток воздуха обозначены пунктирными линиями. Тёплые потоки обозначены красным цветом, холодные – синим. Схема содержит синтез архитектурных, конструктивных и инженерных решений, направленных на энергосбережение в зданиях.

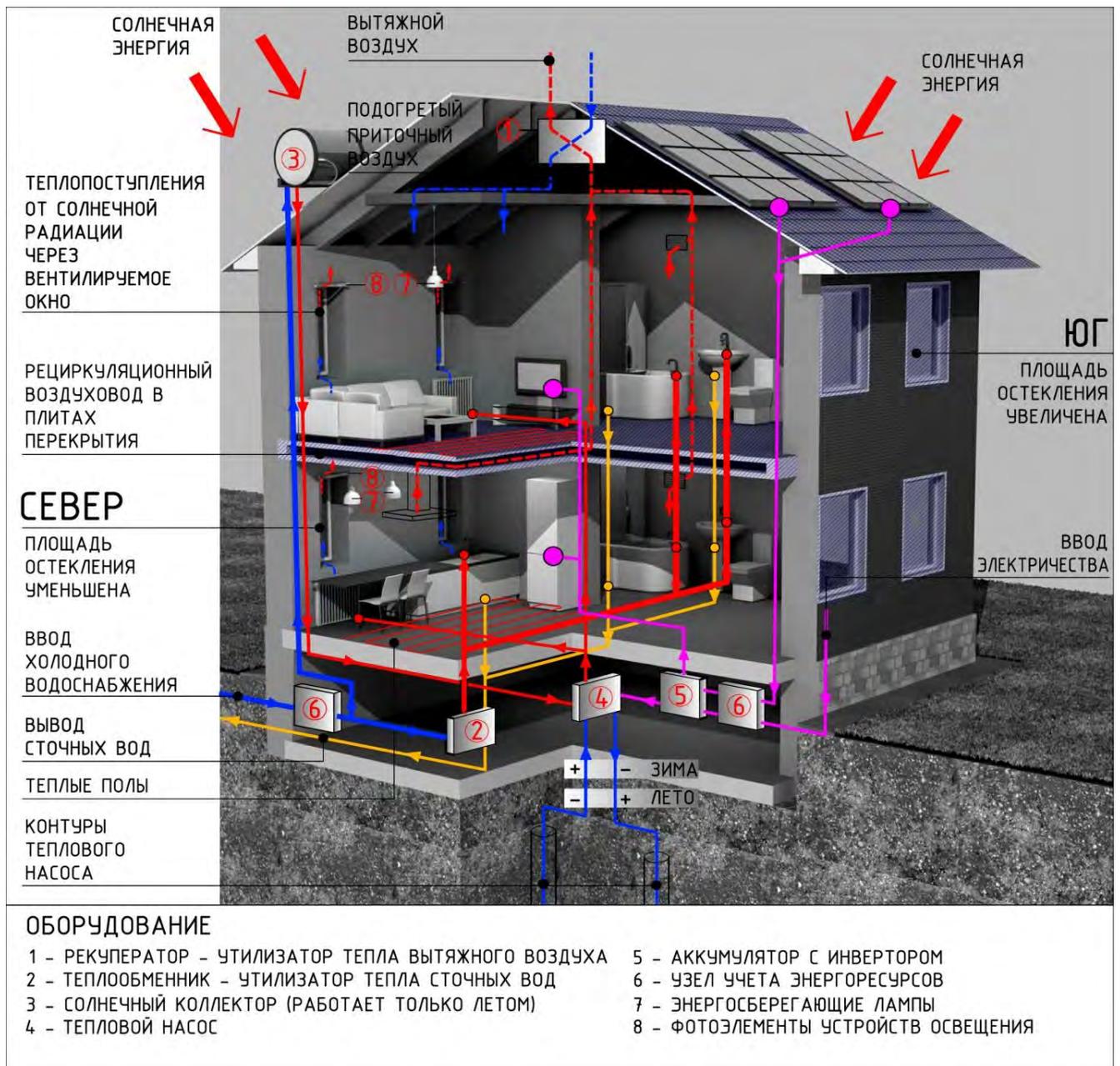


Рисунок 11 – Концептуальная схема энергоэффективного здания

Представленная схема соответствует предложенному авторскому определению «энергоэффективное здание», которое отличается от существующих более полным содержанием, учитывающим все характеристики эффективного потребления зданием энергетических ресурсов и обеспечения в нём комфортного микроклимата, содержит все существенные признаки энергоэффективного здания. С развитием знаний и появлением новых понятий энергетической эффективности предлагаемое определение, возможно, будет дополнено новыми признаками и содержанием, что является закономерным результатом научной деятельности [175].

Главная задача системного подхода сводится к установлению заданного состояния функционирования системы, которое является её целевым ориентиром. Следовательно, главная задача системного подхода в организации жизненного цикла энергоэффективных зданий сводится к такому функционированию здания, при котором достигался бы высокий уровень энергоэффективности на всех стадиях. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий отвечает также принципам устойчивого развития среды жизнедеятельности и системотехническими принципами энергоэффективности, сформулированным в п. 1.3 диссертационного исследования.

По мнению автора, в настоящее время организация жизненного цикла зданий не отвечает основным принципам системного подхода, а именно:

1. Целеполагание – основной целью строительства, эксплуатации или реконструкции здания не всегда ставится высокий уровень энергоэффективности, отсутствует методика комплексной оценки энергопотребления зданием, учитывающая потребление энергоресурсов на всех стадиях жизненного цикла. Инвесторы, проектировщики, строители и эксплуатирующие организации имеют разные цели и стремятся достигнуть их на разных этапах жизненного цикла здания.

2. Внешняя среда системы – наружный климат, земная поверхность как источник энергии и энергетический обмен между зданием и внешней средой учитывается на стадии проектирования. На стадиях строительства и эксплуатации взаимодействие здания и внешней среды учитывается только со стороны внешней

среды (при принятии решения об утеплении наружных ограждающих конструкций), и не учитывается влияние здания на среду (инфраструктура здания, энерго-ресурсообмен, утилизация строительных материалов после ремонтных работ, реконструкции и демонтажа здания).

3. Внутренние компоненты здания как системы – учёт взаимосвязи архитектурно-планировочных, конструктивных, инженерных, энергетических подсистем зданий, направленных на их высокую энергоэффективность, осуществляется не в массовой застройке и реконструкции, а лишь в отдельных пилотных проектах зданий, сертифицированных по «зелёным» стандартам энергоэффективности.

4. Функционирование системы – отсутствует единый центр ответственности за организацию взаимодействия энергетических ресурсов и подсистем здания по достижению высокого уровня энергоэффективности, его учёта и контроля, мотивации и регулированию.

С точки зрения системного подхода энергоэффективность здания – это не статическая характеристика, а динамическая, изменяющаяся на протяжении всего жизненного цикла: от инвестиционного замысла до вывода из эксплуатации. Необходимо подчеркнуть, что при выборе проектных решений нужно учитывать то, что совокупные энергетические затраты на строительство здания, первичные энергозатраты на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов, конструкций, производство строительно-монтажных работ, транспортные расходы, инженерное оборудование здания могут существенно превышать суммарные эксплуатационные энергозатраты на отопление и вентиляцию здания за весь расчетный срок эксплуатации здания и затраты на его дальнейшую утилизацию.

Организация жизненного цикла здания как жизненного цикла сложной системы представляет собой целенаправленное упорядоченное взаимодействие взаимосвязанных элементов (подсистем здания) и внешней среды для достижения цели – высокой энергетической эффективности. Данная цель является основополагающей по мнению многих современных учёных, в частности, в [47] доказано, что «энергосбережение нужно рассматривать как системообразующий фактор, определяющий вектор развития ЖЦ зданий и сооружений». Изображение жизненного

цикла здания как системы позволит концептуально сегментировать его по стадиям, описать контрольные точки продвижения системы по жизненному циклу и, таким образом, принимать решения по определённым критериям (например, высокая энергоэффективность) до продвижения системы на следующую стадию. Стадии жизненного цикла образуют структуру работ для детализированного моделирования жизненных циклов системы при использовании процессов жизненного цикла системы.

С целью обобщения вышеизложенного автором разработана схема жизненного цикла здания как системы (рисунок 12).

На рисунке жизненный цикл здания представлен с позиции классического изображения жизненного цикла систем, принятом в системной инженерии [ISO/IEC 15288:2008]. Видно, что здание как система существует на всех стадиях жизненного цикла, и на всех стадиях происходит взаимодействие с внешней средой. Целевая функция системы обеспечивает его основные характеристики, если целевой функцией задать энергоэффективность, то здание на протяжении всего жизненного цикла будет являться энергоэффективным, причём понятие «энергетическая эффективность» применительно к зданиям, объединяет в себе такие важные характеристики как энергосбережение, ресурсосбережение без потери надёжности, комфортабельности и способствующее устойчивому развитию среды жизнедеятельности человека. Жизненный цикл здания как системы является, таким образом, сложной системой процессов, обычно обладающих параллельными, итеративными, рекурсивными и зависящими от времени характеристиками: в течение жизненного цикла здания как системы взаимодействуют с внешней средой, через них проходят материальные, людские, финансовые, информационные и другие потоки, являющиеся подсистемами. На разных стадиях жизненного цикла зданий эти потоки определённым образом видоизменяются и покидают систему, выполнив свои функции по отношению к ней. По мнению автора, предлагаемая схема может служить структурной основой процессов и действий, относящихся к жизненному циклу любого здания как системы.



Рисунок 12 – Схема жизненного цикла здания как системы

Анализ нормативно-методических документов и научных работ, проведенный автором [178, 192] показал, что в настоящее время во время строительства и эксплуатации зданий не соблюдается преемственность показателей энергоэффективности, заложенных на стадии проекта, так как отсутствует центр ответственности и контроля за их выполнением. Энергоэффективность здания должна быть обеспечена на всех стадиях жизненного цикла. Запроектированные параметры энергетической эффективности могут претерпеть существенное изменение в ходе процесса строительства и на стадии эксплуатации здания, так как имеет место ряд субъективных и объективных факторов, таких как природно-климатические условия строительства, изменение характеристик применяемых материалов в процессе эксплуатации, замена инженерного оборудования на стадии эксплуатации и т.д.

Здания являются статическими объектами, однако их жизненные циклы происходят в динамике, проектирование, строительство и эксплуатация зданий являются процессами. Таким образом, энергоэффективность зданий должна обеспечиваться на всех стадиях жизненного цикла, от инвестиционного замысла строительства и до вывода их из эксплуатации, следовательно, жизненный цикл энергоэффективных зданий необходимо рассматривать с позиций не только системного, но и процессного подхода. Таким образом, здание как энергетическая система, проходит все стадии своего жизненного цикла, являющиеся процессами. Управление данными процессами, согласно процессного подхода, должно основываться на выделении центра ответственности за соблюдением уровня энергетической эффективности зданий.

Согласно закона № 261-ФЗ «обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов обязаны застройщики путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта» [157]. Таким образом, главным ответственным за энергетическую эффективность зданий на протяжении всего жизненного цикла является застройщик.

Однако застройщик, осуществляющий только строительные работы, не заинтересован ни в подготовке проекта, задающего уровень энергоэффективности здания, ни в эксплуатации его после завершения строительства и подписания акта приёмки здания. Поэтому единым центром ответственности за соблюдение уровня энергоэффективности зданий должен стать заказчик, который напрямую заинтересован в появлении данного здания на стадии инвестиционного замысла строительства. Заказчик является собственником здания и таким образом, является центром ответственности за его энергетическую эффективность.

В российском законодательстве понятия «заказчик» и «застройщик» как правило, объединяются в единое понятие «заказчик-застройщик». Если заказчик не является застройщиком, он заключает договор с инвестором и наделяется правами владения, пользования и распоряжения капитальными вложениями на определенный период. Если же застройщик выступает в качестве заказчика, тогда он и получает статус «заказчик-застройщик».

Являясь единым центром ответственности, заказчик-застройщик обеспечивает преемственность показателей энергоэффективности зданий на всех стадиях жизненного цикла, что позволяет подходить к его моделированию с позиций процессного подхода. Автором предлагается концептуальная схема процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий, рассмотренная с позиций процессного подхода (рисунок 13).

По мнению автора, применение системы приёмов и принципов процессного подхода позволяет представить динамику процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, что обеспечивает успешное решение теоретических и практических проблем моделирования их жизненного цикла. Строительное производство – это, в первую очередь, процесс, отображающий последовательную смену стадий жизненного цикла зданий. Моделирование жизненного цикла зданий с позиции процессного подхода позволяет обеспечить его такую важнейшую характеристику как энергоэффективность на всех стадиях жизненного цикла – от инвестиционного замысла строительства до эксплуатации и реконструкции зданий.

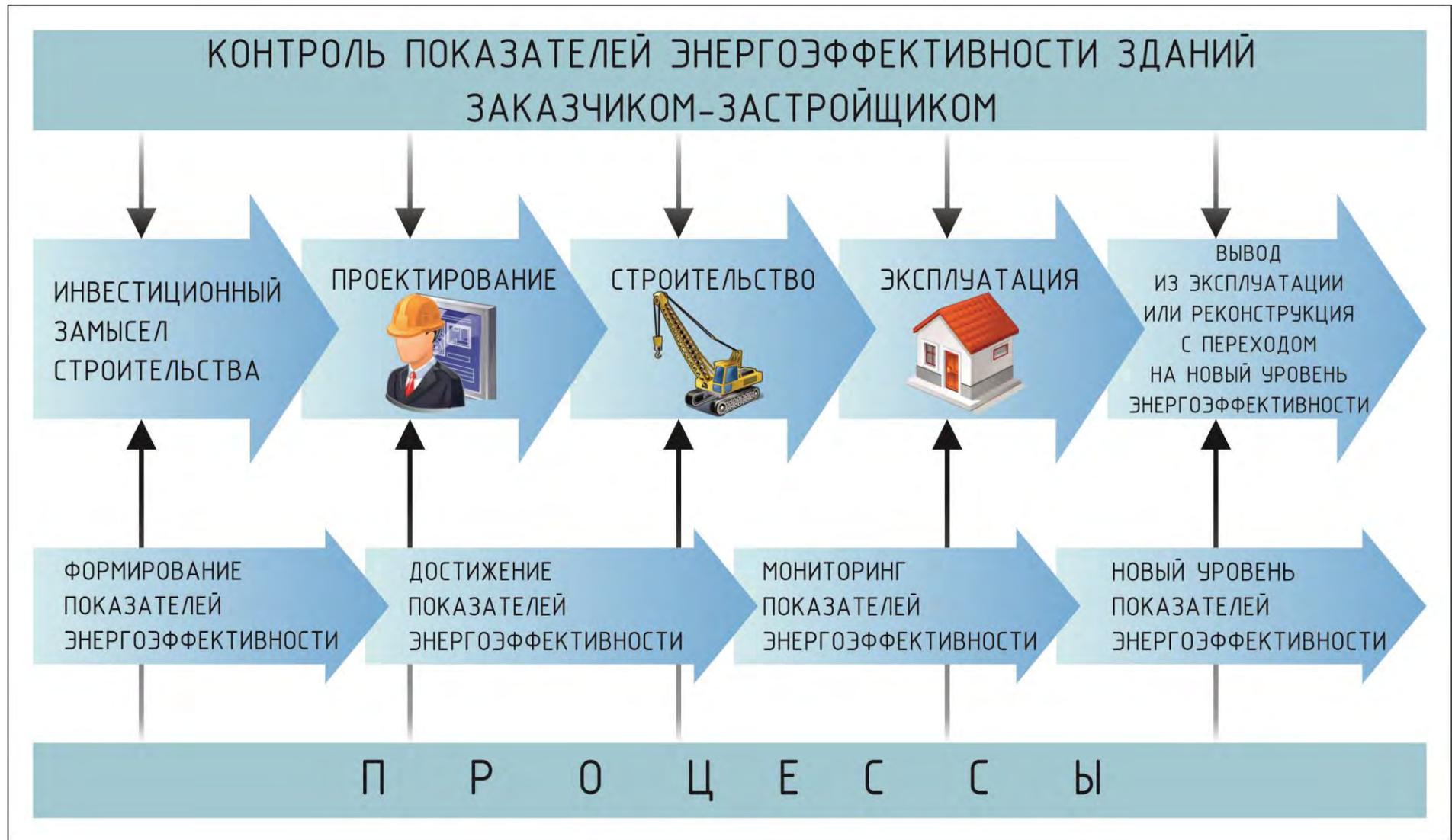


Рисунок 13 – Концептуальная схема процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий

2.2. Построение матрицы нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий

Организация процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий невозможна без механизмов государственной нормативно-технической поддержки. Основной реализацией энергетической политики государства является постоянно развивающаяся нормативно-правовая база [144]. В настоящее время создается и апробируется нормативно-правовая база проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, однако разработка новых документов требует их гармонизации с действующими нормами и стандартами.

В развитие Федерального Закона № 261-ФЗ приняты различные нормативные документы, устанавливающие, в том числе требования к разделам проектной документации, отражающим показатели энергоэффективности объектов строительства (Постановление Правительства № 235 от 13 апреля 2010 г.), требования энергоэффективности товаров, используемых в строительных конструкциях зданий и сооружений при размещении государственного и муниципального заказа (приказ Минэкономразвития № 229 от 4 июня 2010 г.), а также требования энергетической эффективности для зданий и сооружений (приказ Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 г.). При этом Постановление Правительства и приказ Минэкономразвития имеют общесистемный характер и, в основном, не устанавливают конкретных показателей энергоэффективности и данных по снижению энергопотребления. Приказ Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 г. достаточно подробно описывает показатели энергоэффективности для зданий и сооружений различного исполнения и назначения с учетом региона их эксплуатации, однако эти показатели касаются только тепловой энергии, в то время как в законе № 261-ФЗ сказано, что энергоэффективность – это относительный показатель, характеризующий отношение эффекта от использования энергоресурсов к затратам энергоресурсов, обуславливающим данный эффект, то есть все виды энергетических ресурсов, а не только тепловой энергии. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии на настоящий момент времени адекватной системы подзаконных актов к закону № 261-ФЗ.

В декабре 2009 г. вышел Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в котором утверждается, что здания должны удовлетворять требованиям энергоэффективности на следующих стадиях жизненного цикла, а именно, проектирования (с изысканиями), строительства (включая наладку и сдачу в эксплуатацию), эксплуатации и сноса, таким образом, процесс обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений должен носить непрерывный характер. Во исполнение технического регламента утверждён «Перечень нормативных документов», выполнение которых на обязательной основе обеспечит выполнение требований закона № 384-ФЗ. Согласно этому регламенту правительство утвердило перечень национальных стандартов и сводов правил (или – частей этих документов), применение которых будет обеспечивать соблюдение регламента, и которые будут носить обязательный характер [194]. Согласно данному перечню, требования к высокой энергоэффективности зданий являются обязательными.

В процессе создания и эксплуатации энергоэффективных зданий необходимо руководствоваться требованиями и принципами, которые устанавливает система строительных норм и правил РФ. Так, СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» определяет, что «строительные нормы и правила должны содержать основные организационно-методические требования, направленные на обеспечение необходимого уровня качества строительной продукции, общие технические требования по инженерным изысканиям для строительства, проектированию и строительству, а также требования к планировке и застройке, зданиям и сооружениям, строительным конструкциям, основаниям и системам инженерного оборудования. В том числе эти требования должны определять сокращение расхода топливно-энергетических ресурсов и уменьшение потерь теплоты в зданиях и сооружениях» [232].

В перечень обязательных строительных норм и правил включён СНиП 23-02-2003 (разделы 4 - 12; приложения В, Г, Д.), и СП 23-101-2003 «Проектирование тепловой защиты зданий», СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные»

(актуализирован как СП 54.13330.2011) и СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные» (актуализирован как СП 55.13330.2011). Основой этой системы является СНиП 23-02-2003, в котором приводятся способы проектирования энергоэффективных зданий и требования к уровню энергоэффективности. В 2012 году данный СНиП был актуализирован и приобрёл статус свода правил (СП 50.13330.2012).

СНиП 23-02-2003 распространяется на тепловую защиту жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий и сооружений, в которых необходимо поддерживать определенную температуру и влажность внутреннего воздуха, устанавливает классификацию энергетической эффективности жилых и общественных зданий по показателю отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного. Нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

- физический – приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;
- санитарно-гигиенический – температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;
- экономический – удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

СНиП 23-02-2003 также содержит форму энергетического паспорта здания, которую следует заполнять как на стадии разработки проекта и на стадии привязки к условиям конкретной площадки, так и на стадии сдачи строительного объекта в эксплуатацию [235]. Методы проектирования, расчета теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, рекомендации и справочные материалы, позволяющие реализовывать требования СНиП 23-02-2003, содержит Свод правил по

проектированию и строительству СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». В Своде правил приведены рекомендации по выбору уровня теплозащиты на основе теплового баланса здания, по расчету приведенного сопротивления теплопередаче неоднородных ограждающих конструкций, требования к конструктивным и архитектурным решениям зданий с точки зрения их теплозащиты. Установлены методы определения сопротивления воздухо-, паропрооницанию, теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций, теплоэнергетических параметров здания, предложены форма и методика заполнения электронной версии энергетического паспорта здания. Свод правил распространяется на проектирование тепловой защиты ограждающих конструкций вновь возводимых и реконструируемых зданий различного назначения [218].

Таким образом, СНиП 23-02-2003 позволяет обеспечить тепловую защиту зданий на всех стадиях создания и эксплуатации, однако он ограничивает энергетическую эффективность зданий пределами минимального расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, не рассматривая другие виды энергетических ресурсов. Также в нём не рассмотрены вопросы энергетической эффективности производственных зданий.

Проектирование и строительство вновь строящихся и реконструируемых отдельно стоящие жилых домов с количеством этажей не более чем три, предназначенных для проживания одной семьи (объекты индивидуального жилищного строительства) регламентируется СП 55.13330. 2011 «Дома жилые многоквартирные» (СНиП 31-01-2001), где указано, что по требованию застройщика в составе документации на дом должны представляться теплоэнергетический паспорт и инструкция по эксплуатации дома. Теплоэнергетический паспорт предназначен для установления теплоэнергетических характеристик теплозащиты дома и его энергопотребления. В паспорте указывается категория энергетической эффективности дома. Дом должен быть запроектирован и возведен таким образом, чтобы при выполнении установленных требований к внутреннему микроклимату помещений и другим условиям проживания обеспечивалось эффективное и экономное расходование невозобновляемых энергетических ресурсов при его эксплуатации [216]. Соблюдение

требований, касающихся норм по энергосбережению, оценивается или по характеристикам основных элементов дома – строительных конструкций и инженерных систем, или по **комплексному показателю удельного расхода энергии на отопление дома**. При оценке энергоэффективности дома по комплексному показателю удельного расхода энергии на его отопление требования настоящего свода правил считаются выполненными, если расчетное значение удельного расхода энергии q для поддержания в доме нормируемых параметров микроклимата и качества воздуха не превышает максимально допустимого нормативного значения q_h^{reg} , приведенного в СП 50.13330. При этом инженерные системы дома должны иметь автоматическое или ручное регулирование и при централизованном снабжении должны быть оснащены приборами учета расхода теплоты, холодной и горячей воды, электроэнергии и газа. В зависимости от отношения максимально допустимого нормативного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление дома к расчетному, дом относят к одной из категорий энергоэффективности.

В зависимости от отношения максимально допустимого нормативного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление дома к расчетному $K = \frac{q_{тр}}{q}$, дом относят к одной из следующих категорий энергоэффективности:

- при $K > 1,25$ – дом высокой энергоэффективности;
- при $K = 1,25-1,1$ – дом повышенной энергоэффективности;
- при $K = 1,1-1,0$ – дом нормальной энергоэффективности.

Категорию энергоэффективности заносят в паспорт дома при вводе его в эксплуатацию и уточняют впоследствии по результатам эксплуатации и с учетом проводимых мероприятий по энергосбережению.

Проектирование и строительство вновь строящихся и реконструируемых многоквартирных жилых зданий высотой до 75 м, общежитий квартирного типа, а также жилых помещений, входящих в состав помещений зданий другого функционального назначения, регламентируется СП 54.13330.2011 (актуализированный СНиП 31-01-2003). Он содержит раздел «Энергосбережение», в котором указано, что здание должно быть запроектировано и возведено таким образом, чтобы при выполнении установленных требований к внутреннему микроклимату помещений

и другим условиям проживания обеспечивалось эффективное и экономное расходование энергетических ресурсов при его эксплуатации [212]. Соблюдение требований сводов правил по энергосбережению оценивают по теплотехническим характеристикам ограждающих строительных конструкций и инженерных систем или по **комплексному показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания**. С целью контроля энергоэффективности здания по нормативным показателям проектная документация должна содержать раздел «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергоэффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов». Этот раздел должен содержать перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности, обоснование выбора оптимальных архитектурных, конструктивных и инженерно-технических решений; перечень требований энергетической эффективности, которым здание должно соответствовать при вводе в эксплуатацию. СНиП СП 54.13330.2011 содержит типовой перечень мероприятий по сокращению удельного расхода энергии на отопление. Теплотехнические характеристики здания и класс энергоэффективности вносят в энергетический паспорт и впоследствии уточняют их по результатам эксплуатации и с учетом проводимых мероприятий по энергосбережению [212]. Данный СНиП дополняет Свод правил СП 31-107-2004 «Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий», который содержит раздел «Энергосберегающие объемно-планировочные решения», позволяющий повысить энергоэффективность многоквартирных зданий на стадии проектирования [215].

Таким образом, СП 55.13330.2011 и СП 54.13330.2011 ограничивают энергетическую эффективность зданий пределами минимального расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, не рассматривая другие виды энергетических ресурсов. Необходимым становится разработка СНиП, регламентирующих энергетическую эффективность жилых зданий, учитывающую другие виды потребляемых энергетических ресурсов.

Анализируя строительные нормы и правила, регламентирующие энергетическую эффективность общественных зданий, можно сделать вывод об их недостаточности. Отдельных СНиП, регламентирующих энергетическую эффективность общественных зданий в настоящее время нет. СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания» (актуализированные СНиП 2.09.04-87) не содержат требований к энергетической эффективности. Действующие СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения» (актуализированные СНиП 2.08.02-89*) не содержат раздела «Энергоэффективность», таким образом, проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных общественных зданий осуществляется по СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003), что существенно ограничивает их энергетическую эффективность, так как не учитывает специфику общественных зданий различного назначения. Энергетическая эффективность некоторых видов общественных зданий регламентируется СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения», которые содержат раздел «Энергосбережение», устанавливающий, что здание должно быть запроектировано и построено таким образом, чтобы при выполнении установленных требований к микроклимату помещений и другим условиям обеспечивалось эффективное расходование невозобновляемых энергетических ресурсов при его эксплуатации [228]. Определение теплозащитных показателей строительных конструкций здания следует осуществлять согласно СНиП 23-02-2003 по нормам приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций зданий; допускается – по нормативному значению удельного расхода тепла на отопление и вентиляцию здания в целом за отопительный период. Нормы устанавливают обязательные минимальные требования по теплозащите здания. Таким образом, основным техническим нормативным документом, регламентирующим требования к энергоэффективности жилых и общественных зданий, является СНиП 23-02-2003, актуализированный как СП 50.13330.2012. Данные нормативные документы являются модификацией СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и содержат повышенные требования к теплозащите ограждающих конструкций и расходу энергетических ресурсов зданиями. Актуализация данных

строительных норм и правил вызвана необходимостью ужесточения норм по тепловой защите зданий (в 2003 году), а затем требованиями к учёту не только тепловой энергии, расходуемой зданием на отопление, но и энергии на охлаждение и вентиляцию здания, а также осознанием необходимости учёта многих факторов, формирующих тепловой баланс здания, работу бытовых приборов, теплопоступления от людей, влияющих на микроклимат в здании. Сравнительная характеристика показателей энергоэффективности представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика показателей энергоэффективности по СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012

СНиП 23-02-2003	СП 50.13330.2012
<p>а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания</p> $R_0, \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ <p>Определяются в зависимости от ГСОП района строительства</p>	<p>а) нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций</p> $R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тп}} m_p, \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ <p>Определяются в зависимости от ГСОП и особенностей района строительства</p>
<p>б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы</p>	<p>б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование)</p> $k_{об}^{\text{тп}}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ <p>Определяется в зависимости от отапливаемого объёма здания и ГСОП,</p> $0,084 < k_{об}^{\text{тп}} < 1,206$
<p>в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя:</p> $q_h^{\text{рег}}, \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут)}$ <p>или $\text{кДж/(м}^3 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут)}$,</p> $80 < q_h^{\text{рег}} < 140$	<p>в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование)</p>

В таблице 4 представлено сравнение требований к энергоэффективности по СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012.

Таблица 4 – Сравнение требований к энергоэффективности зданий в СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012

СНиП 23-02-2003	СП 50.13330.2012
Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания
Ограничение температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции, за исключением окон с вертикальным остеклением	Ограничение минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодные период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (с углом наклона заполнения к горизонту 45° и более)
Удельный показатель расхода тепловой энергии на отопление здания	Удельная теплозащитная характеристика здания
Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года	Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года
Воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений зданий	Воздухопроницаемости ограждающих конструкций
Защите от переувлажнения ограждающих конструкций	Влажностному состоянию ограждающих конструкций
Теплоусвоение поверхности полов	Теплоусвоение поверхности полов
Классификация, определение и повышение энергетической эффективности проектируемых и существующих зданий	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий
Контроль нормируемых показателей, включая энергетический паспорт здания	Контроль показателей отсутствует

Сравнивая эти два документа, можно сделать вывод о том, что порядок проектирования уровня тепловой защиты зданий не изменился. Различия прослеживаются в требованиях к уровню энергоэффективности, а именно, какой показатель выступает в знаменателе формулы удельного расхода энергетических ресурсов: в СНиП 23-02-2003 это квадратный и метр общей площади здания или кубический метр объёма здания, а в СП 50.13330.2012 это только кубический метр объёма здания, кроме этого, в СП появились дополнительные коэффициенты.

Анализируя таблицу 4, можно сделать вывод о том, что СП 50.13330.2012 содержит требования к энергоэффективности зданий, аналогичные СНиП 23-02-2003, с некоторым уточнением и учётом расхода энергоресурсов на вентиляцию зданий. Следует подчеркнуть, что в актуализированном своде правил отсутствует показатель контроля нормируемых показателей, что противоречит закону № 261-ФЗ, в котором требования к энергоэффективности являются обязательными.

Требования СНиП 23-02-2003 выполняются, если при проектировании жилых и общественных зданий соблюдаются требования показателей групп «а» и «б» либо «б» и «в», и для зданий производственного назначения - показателей групп «а» и «б». Выбор показателей, по которым будет вестись проектирование, относится к компетенции проектной организации или заказчика. Методы и пути достижения этих нормируемых показателей выбираются при проектировании. Требования СП 50.13330.2012 выполняются при одновременном выполнении требований «а», «б» и «в». Таким образом, требования к тепловой защите здания ужесточаются.

При проектировании здания допускается применять более высокие требования по теплозащите, устанавливаемые заказчиком, для достижения более экономичного использования энергетических ресурсов. За базовый уровень энергоэффективности принимается класс энергоэффективности С. Всего в данном СНиП указаны 5 классов энергетической эффективности зданий, устанавливаемых на стадии проектирования (таблица 5). Необходимо отметить, что стадия эксплуатации здания в СНиП 23-02-2003 отсутствует.

Таблица 5 – Классы энергетической эффективности зданий
(СНиП 23-02-2003)

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
Для новых и реконструированных зданий			
А	Очень высокий	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
В	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
С	Нормальный	От плюс 5 до минус 9	-
Для существующих зданий			
Д	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Е	Очень низкий	Более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

Таким образом в СНиП 23-02-3003 установлено 5 классов энергоэффективности. За базовый уровень принимается величина удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{reg} кДж/(м²*°С*сут) или кДж/(м³* °С*сут). В СП 50.13330.2012 установлены уже 10 классов не энергоэффективности, а энергосбережения для жилых и общественных зданий (таблица 6). За базовый уровень принята удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий ($q_{от, вент}^{тр} \frac{Вт}{м^3} * °С$).

Таким образом, актуализация СНиП 23-02-2003 привела к разнице в определении терминов «энергоэффективность» и «энергосбережение», отождествляя их, что является противоречием и приводит к неверному истолкованию нормативно-правовых документов, в том числе, основного закона об энергоэффективности № 261-ФЗ.

Таблица 6 – Классы энергосбережения жилых и общественных зданий
(СП 50.1330.2012)

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчётного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++	Очень высокий	Ниже -60	Экономическое стимулирование
A+		От -50 до -60 включительно	
A		От -40 до -50 включительно	
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно	
B		От -15 до -30 включительно	
C	Нормальный	От -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
		От +5 до -5 включительно	
		От +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании или снос
E	Низкий	Более +50	

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий в СНиП 23-02-2003 находится в пределах от 80 до 140 кДж/(м² * °C * сут), для жилых многоквартирных домов и в пределах от 20 до 42 кДж/(м³ * °C * сут) для остальных домов. А в СП 50.1330.2012 аналогичный показатель имеет другие единицы измерения и находится в пределах от 0,336 до 0,579 ($q_{от}^{тр}, \frac{Вт}{м^3 * °C}$) для малоэтажных жилых многоквартирных зданий и в пределах от 0,232 до 0,455 ($q_{от}^{тр}, \frac{Вт}{м^3 * °C}$) для остальных зданий.

Таким образом, можно сделать вывод, что переход от СНиП 23-020-2003 к СП 50.13330.2012 показал ужесточение нормативных требований к энергосбережению в зданиях. По мнению автора, актуализация данного документа показала несоответствие в определениях и требованиях: так, классификация классов зданий по энергоэффективности преобразована в классификацию зданий по энергосбережению, которая не указана в законе № 261-ФЗ, и, следовательно, не является обязательным требованием. Очевидно, что такой подход к техническому нормированию в строительной отрасли является недопустимым.

Анализируя строительные нормы и правила, регламентирующие энергетическую эффективность производственных зданий, также можно сделать вывод об их недостаточности. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий производственного назначения регламентируется СНиП 31-03-2001 «Производственные здания», в котором также не содержится раздела по энергосбережению, таким образом, проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных общественных зданий осуществляется по СНиП 23-02-2003, что существенно ограничивает их энергетическую эффективность. Свод правил СП 56.13330.2011 «Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001» не содержит требований к энергоэффективности производственных зданий.

В развитие и дополнение общефедеральных норм и правил в субъектах РФ приняты ТСН, которые установили обязательные для применения в пределах соответствующих территорий и рекомендуемые положения, учитывающие природно-климатические и социальные особенности, национальные традиции и экономические возможности республик, краев и областей России. Основой для ТСН по энергетической эффективности стали Московские городские строительные нормы «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектрообеспечению» (МГСН 2.01-99), однако по существующему законодательству МГСН, как и другие территориальные строительные нормы, не имеют юридических оснований для своего существования. ТСН, безусловно, относятся к сфере технического регулирования, но в законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулирова-

нии» территориальный аспект вообще не отражен – территориальные строительные нормы не предусмотрены. В Градостроительном кодексе прописано, что техническое регулирование в строительстве относится к полномочиям федеральных властей. Фактически закон «О техническом регулировании» и Градостроительный кодекс лишают территории права устанавливать технические нормы.

Анализируя подзаконные акты к закону № 261-ФЗ, можно сделать вывод о том, что они обязывают учитывать показатели энергоэффективности зданий, но не на всех этапах жизненного цикла, а только на этапах проектирования и эксплуатации, таким образом, системный подход к организации жизненного цикла не соблюдается. Основной эффект повышения энергоэффективности планируется достигнуть начиная с 2016 года: усредненное снижение энергопотребления на 30%, а к 2020 г. на 40%. При этом обязанность обеспечения заложенных в проект показателей энергоэффективности возложена в основном на застройщика. В связи с этим становится актуальной характеристика современного состояния нормативно-методической базы создания и управления энергоэффективным зданиями, позволяющая оценить законодательный процесс в области их проектирования, строительства и эксплуатации как целостную систему, определить основное направление его развития, внутреннюю организацию, взаимодействие с внешней средой и выявить существующие противоречия. Автор считает целесообразным представить нормативно-правовую базу процесса создания энергоэффективных зданий как систему. С этой целью предлагается использовать матричный подход [178].

Впервые классификация проблем развития механизма жилищных облигационных займов в форме матрицы была выполнена автором в её диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук [32]. Данный подход успешно апробирован автором диссертационного исследования в соавторстве с Петрухиным А.Б. и Овчинниковым А.А. в работе [197]. Данная форма представления позволяет оценить нормативные документы, регламентирующие все этапы жизненного цикла энергоэффективных зданий от проектирования до эксплуатации (строки матрицы) с учётом их типов, классифицированных согласно (столбцы матрицы). Матрица представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Матрица нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий

Стадия		Проектирование		Строительство	Эксплуатация	
Нормы						
Федеральные нормативные документы		Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» Федеральный закон № 384-ФЗ от 31.12.09. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей» ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» ГОСТ Р 51388-99 «Энергосбережение. Информирование потребителей об энергоэффективности изделий бытового и коммунального назначения» ГОСТ Р 51379-99 «Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР» ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»				
Строительные нормы и правила и Своды правил по типам зданий	Гражданские	Одноквартирные	СП 50.13330. 2012 (СНиП 23-02-2003) «Тепловая защита зданий» СП 23-101-04 «Проектирование тепловой защиты зданий»	СП 55.13330.2011 (СНиП 31-02-2001) «Дома жилые одноквартирные»	Отсутствует	СП 50.13330. 2012 (СНиП 23-02-2003) «Тепловая защита зданий»
		Многоквартирные		СП 54.13330.2011 (СНиП 31-01-2003) «Здания жилые многоквартирные», СП 31-107-2004 «Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий»	Отсутствует	
		Общественные		СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения»	Отсутствует	
	Производственные	СП 56.13330.2011 «Производственные здания» (показатели энергоэффективности отсутствуют)		Отсутствует		
Нормативные документы субъектов РФ		МГСН 2.01-99, ТСН «Энергетическая эффективность в жилых и общественных зданиях» Постановление Правительства Москвы от 5 октября 2010 г. № 900-ПП		Отсутствует		

На основе представленной матрицы можно сделать вывод о том, что, несмотря на то, что СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) и СП 23-101-2004 позволяют обеспечить тепловую защиту зданий на всех стадиях создания и эксплуатации, они ограничивают энергетическую эффективность зданий пределами минимального расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, не рассматривая другие виды энергетических ресурсов. Также в них не рассмотрены вопросы энергетической эффективности производственных зданий по их типам. СП 55.13330.2011 (СНиП 31-01-2001) и СП 54.13330.2011 (СНиП 31-01-2003) также ограничивают энергетическую эффективность зданий пределами минимального расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, не рассматривая другие виды энергетических ресурсов. Таким образом, необходимым становится разработка СНиП, регламентирующих энергетическую эффективность зданий, учитывающую другие виды потребляемых энергетических ресурсов, учитывающие их на протяжении всего жизненного цикла зданий.

Обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики отдельных частей зданий и сооружений, строительных изделий и материалов и обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве и эксплуатации этой продукции устанавливают государственные стандарты Российской Федерации в области строительства. Государственная стандартизация энергосбережения и энергоэффективности в строительстве проводится в соответствии с ГОСТ Р 1.2 и ГОСТ Р 1.5 на базе организаций Госстандарта России и Госстроя России. Основными из стандартов по энергетической эффективности в РФ можно считать ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей», ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения» и ГОСТ Р 51379-99 «Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов». Анализируя нормативно-методическое обеспечение процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий, можно сделать вывод о том, что в целом, уровень стандартизации в данной сфере для страны явно недостаточен. Стандарты энергоэффективности в сфере строительства перерабатывались в 2000 году. В

настоящее время объекты строительства, во многом, не соответствуют требованиям этих стандартов. Тем не менее, уже реализованные в стране технологии требуют введения новых стандартов энергоэффективности зданий и сооружений. Особенно это относится к реализации концепций «нулевого» и «умного» дома, применению средств энергообеспечения на возобновляемых источниках энергии (ветер, энергия солнца, тепловые насосы, геотермальные источники). С 1 марта 2013 года в России введён в действие новый стандарт ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», рассмотренный в п. 2.1 диссертационного исследования.

Таким образом, построенная матрица обладает научной новизной, так как она основана на авторском матричном подходе и позволяет выявить проблемы и определить направления развития нормативно-методического обеспечения строительного производства энергоэффективных зданий, а именно:

- ограничение энергетической эффективности зданий пределами минимального расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, не рассматривая другие виды энергетических ресурсов;
- отсутствие учёта специфики проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных общественных зданий неадминистративного назначения и производственных зданий;
- отсутствие актуальных СНиП по организации строительного производства энергоэффективных зданий, так как в настоящее время процесс организации строительного производства регламентируется СП 48.13330.2011, не содержащий разделов по энергосбережению и энергетической эффективности. Таким образом, становится необходимым разработка СНиП, регламентирующих организацию процесса строительства энергоэффективных зданий, которые должны обеспечивать целенаправленность всех организационных, технических и технологических решений на достижение конечного результата – ввода в действие объекта с необходимыми параметрами энергетической эффективности в установленные сроки.

В связи с этим можно сделать вывод о том, что на данный момент времени нормативно-правовая система проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий находится в начальной стадии становления, гармонизации с зарубежными нормами, частично противоречива и не способствует эффективности процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.

2.3. Выявление организационных аспектов процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий

Эффективная организация процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий неразрывно связана с выявлением организационных аспектов на всех стадиях жизненного цикла. Под организационными аспектами авторами понимаются управленческие воздействия на процессы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, рассмотренные с точки зрения науки об организации строительного производства [176].

Необходимость выявления данных аспектов обусловлена несогласованностью действий органов, управляющих энергетической эффективностью, а также недостаточностью методологической поддержки процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий. Так, согласно «Плану мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации», направленному на реализацию Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», утверждённому распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 1830-р, ответственными исполнителями в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности определены Минэкономразвития, Минэнерго, Минпромторг, Минрегион, ФАС, ФСТ, Ростехнадзор, Роспотребнадзор, а также органы исполнительной власти субъектов РФ и органы местного самоуправления. Становится очевидным, что такое количество органов приводит к неизбежным разногласиям в распорядительных документах и, как следствие, снижению эффективности организации

и управления энергетической эффективностью не только в строительной отрасли, но и в экономике в целом.

Правительство России своим Постановлением № 318 от 25 апреля 2011 г. приняло «Правила осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». Там же внесены изменения в некоторые акты Правительства, определяющие полномочия органов исполнительной власти при осуществлении государственного контроля. Правилами установлено, что госнадзор за соблюдением требований законодательства об энергетической эффективности осуществляется уполномоченными на то органами исполнительной власти федерального и регионального уровня. Конкретно эти органы не названы.

Положение усугубляется тем, что в настоящее время большая часть нормативных документов в строительной отрасли являются рекомендуемыми, кроме тех, которые влияют на безопасность зданий и сооружений. Более того, в РФ отсутствуют актуальные СНиП по организации строительного производства энергоэффективных зданий, так как в настоящее время процесс организации строительного производства регламентируется СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», не содержащий разделов по энергосбережению и энергетической эффективности.

Несмотря на сложившуюся ситуацию, автором проанализированы регламентирующие документы в сфере энергоэффективности строительной отрасли и выявлены организационные аспекты процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий.

Организация строительства – это комплекс взаимоувязанных организационных, технических, планово-экономических и финансовых документов и мероприятий. Организация – это управление процессами, следовательно, организационные аспекты являются управленческими, состоящими из нескольких элементов – сбор информации, обработка информации, управленческое воздействие и контроль. Необходимость выявления данных аспектов обусловлена, по мнению автора, недостаточностью методологической поддержки процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. В настоящее время большая часть нормативных

документов в строительной отрасли являются рекомендуемыми, кроме тех, которые влияют на безопасность зданий и сооружений. Одной из причин этого является то, что в обеспечении энергетической эффективности, в первую очередь, должен быть заинтересован собственник (заказчик-застройщик), от решений которого зависит уровень энергоэффективности зданий.

Положение усугубляется отсутствием актуальных СНиП по организации строительного производства энергоэффективных зданий, так как в настоящее время процесс организации строительного производства регламентируется СП 48.13330.2011 (СНиП 12-01-2004) «Организация строительства», не содержащий разделов по энергосбережению и энергетической эффективности. Таким образом, организация проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, должна начинаться с выявления организационных аспектов процессов их жизненного цикла.

На стадии **проектирования** достижение показателей энергоэффективности зданий обеспечивается требованиями Письма Госстроя РФ № НК-5607/6 от 10 сентября 2003 г., основные требования которого к соблюдению энергетической эффективности зданий представлены на рисунке 14.

СНиПы и СП, регламентирующие энергоэффективность зданий, устанавливают, проектирование зданий должно быть направлено на достижение необходимого уровня энергоэффективности и энергосбережение, причём оценка этого уровня должна быть построена на теплотехнических характеристиках наружных ограждающих конструкций. Для этого в проекте становится обязательным раздел 10.1 «Энергоэффективность», содержащий в том числе энергетический паспорт здания, содержащий информацию о присвоении класса энергоэффективности здания, заключение о соответствии проекта здания требованиям норм и рекомендации по повышению энергетической эффективности в случае необходимости доработки проекта.

На стадии проектирования при проведении государственной экспертизы проектов необходимо:

- осуществлять жесткий контроль за соблюдением в проектных решениях нормативных требований по экономии энергоресурсов;

- уделять особое внимание применению прогрессивных энергосберегающих технологий, изделий, материалов и оборудования (эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий, стеклопакеты для заполнения оконных проемов, трубы из полимерных материалов для инженерных сетей и др.);

- строго контролировать наличие в проектах приборов учета, контроля и регулирования основных энергоносителей (тепло, горячая и холодная вода, газ) как на вводах в здание, так и поквартирно;

- содействовать широкому применению наиболее перспективных источников теплоснабжения (автономные крышные, встроенные и пристроенные котельные, теплогенераторы и др.);

- не рекомендовать к утверждению и возвращать на доработку проектно-сметную документацию с отступлениями от требований действующих нормативных документов и методических рекомендаций в части энергосбережения и теплозащиты;

- не принимать к рассмотрению проектно-сметную документацию, в которой отсутствуют конкретные технические решения, обеспечивающие соблюдение обязательных нормативных требований в части энергосбережения и теплозащиты

Рисунок 14 – Требования к энергоэффективности зданий на стадии проектирования зданий [145]

Необходимо подчеркнуть, что важным организационным аспектом на стадии проектирования является мотивация проектировщиков на достижение показателей энергоэффективности, так как в настоящее время мотивационные механизмы проектирования зданий с необходимым уровнем энергоэффективности недостаточно проработаны. Принятое в нашей стране законодательство о саморегулируемых организациях создает предпосылки к введению новых правил повышения энергоэффективности при строительстве и к повышению заинтересованности проектных организаций в принятии экономичных и эффективных решений. В праве проектных СРО использовать для повышения конкурентоспособности опыт своих коллег за рубежом.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 235 от 13.04.2010, с 1 мая 2010 г. раздел 101 «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» должен содержать:

- перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности;
- обоснование выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта с целью обеспечения соответствия зданий, строений и сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- перечень требований энергетической эффективности, которым здание, строение и сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, и сроки, в течение которых в процессе эксплуатации должно быть обеспечено выполнение указанных требований энергетической эффективности;

- в графической части – схемы расположения в зданиях, строениях и сооружениях приборов учета используемых энергетических ресурсов [141].

В соответствии со ст. 37 Закона № 261-ФЗ, начиная с мая 2010 г. за несоблюдение требований законодательства об энергетической эффективности (стадии проектирования, реконструкции, капитального ремонта, строительства) проектные организации могут быть оштрафованы.

Выявление организационных аспектов на стадии **строительства** энергоэффективных зданий связано, прежде всего, с тем, что во время строительства может произойти существенное отклонение от проектных показателей, что обусловлено технологическими возможностями подрядной организации, сменой поставщика материалов для строительства, форс-мажорными обстоятельствами, возникшими в процессе строительства здания. Данные изменения могут существенным образом повлиять на показатели энергоэффективности, заложенные в проекте, следовательно, необходим инструментальный контроль элементов здания, влияющих на его теплоэнергетические характеристики. Также важно обеспечивать организационные процессы строительства здания, направленные на энергосбережение на всех строительных работах, учитывая при этом характеристики надёжности, прочности конструкций, комфортного микроклимата в построенном здании. Вследствие этого возникает проблема строительной технологичности, в связи с необходимостью согласования требований архитектурно-строительной компоновки, с одной стороны, и организационно-технических решений, их возведения с другой.

Таким образом, организация строительства зданий должна быть направлена на достижение показателей энергетической эффективности, чему способствуют такие организационные аспекты как авторский, государственный и строительный надзор, сертификация производственного процесса строительства для получения запроектированных показателей энергоэффективности. Ввод зданий в эксплуатацию должен осуществляться после строгого соответствия построенного здания проектным данным по энергетической эффективности, что в настоящее время не всегда соблюдается. Согласно закону № 261-ФЗ, соответствие показателям энергоэффективности зданий, а также их оснащение приборами учёта энергоресурсов

обязаны застройщики [157]. Они же наряду с Госстройнадзором несут ответственность за результаты проверки соответствия вводимых в эксплуатацию зданий. Таким образом, в иных случаях застройщик проверяет сам себя.

Энергетическая эффективность зданий на стадии эксплуатации зависит не только от организации их проектирования и строительства, но и в значительной степени от реального технического состояния этих строительных объектов. Большая часть нормативных документов по проектированию зданий и сооружений регламентирует лишь обеспечение начальной энергетической эффективности. Вместе с тем изменения, происходящие в окружающей среде, как природного (глобальное потепление климата, изменение сейсмичности и др.), так и техногенного характера (интенсивное развитие производств и транспорта, увеличивающее промышленную динамику; местные изменения экологического состояния окружающей среды и локальные изменения физико-химических свойств грунтов под зданиями и сооружениями и др.) оказывают существенное влияние на техническое состояние строительных объектов, а, следовательно, и на энергетическую эффективность, меняя её в худшую сторону.

Для принятия эффективных решений по повышению энергетической эффективности в эксплуатируемых зданиях необходима объективная информация о количестве потребляемых энергетических ресурсов, которую можно получить лишь с помощью регулярного обследования или мониторинга. Для этих целей необходим анализ не только несущей способности объектов, но и обследование технического состояния инженерных систем, теплотехнических и акустических свойств конструкций.

В настоящее время нормативными документами, связанными с обследованием технического состояния объектов являются ВСН 58-88(р) и СП 13-102-2003, в которых приведена классификация технического состояния зданий и сооружений, даны определения категорий их состояния, включающие необходимые действия заказчика работ при установлении той или иной категории объекта обследования. Однако эти документы не касаются обследования технического состояния

инженерных систем (оборудование, трубопроводы, электрические сети, сети газификации, водоснабжения и водоотведения и др.), теплотехнических и акустических свойств конструкций и мониторинга показателей потребления энергетических ресурсов зданиями. Данные организационные аспекты процесса эксплуатации зданий должны учитываться посредством периодически проводимого энергетического аудита новых и реконструируемых зданий, а также мониторинга показателей приборов учёта энергоресурсов.

Выявленные организационные аспекты процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий представлены автором в таблице 8.

Таблица 8 – Организационные аспекты процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий

Стадия	Организационные аспекты	Регламентирующие документы
Проектирование	выбор материалов и конструкций, оборудования, обеспечивающих оптимальное расходование энергоресурсов в конкретной ситуации	Письмо Госстроя РФ № НК-5607/6 от 10.09.2003 г. Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г.
	контроль за соблюдением в проектных решениях нормативных требований по экономии энергоресурсов	Постановление Правительства РФ № 235 от 13.04.2010 г.
	контроль наличия в проектах приборов учета, контроля и регулирования основных энергоносителей	Приказ Минэкономразвития РФ № 229 от 4.06.2010 г.
	раздел «Энергетическая эффективность» проектной документации	
	энергетический паспорт здания, заполняемый на стадии проекта определение класса энергоэффективности здания	Приказ Минрегион-развития № 262 от 28 мая 2010 г. Постановление Правительства РФ № 318 от 25.04.2011 г.

Окончание таблицы 8

Строительство	получение разрешения на строительство	Закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 Закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. Постановление Правительства РФ № 318 от 25.04.2011 г.
	выбор подрядной организации	
	сертификация производственного процесса строительства для получения запроюктированных показателей энергоэффективности	
	внутренний надзор за строительным процессом и контроль показателей энергоэффективности	
	внешний государственный, административный, авторский, технический строительный надзор и контроль показателей энергоэффективности	
	сдача объекта приемочной комиссии и оценка соответствия построенного здания запроюктированным показателям энергоэффективности	
Эксплуатация	повторное заполнение энергетического паспорта	Приказ Минрегионразвития № 262 от 28.05.2010 г. Приказ Минэнерго России от 19.04.2010 №182 Постановление Правительства РФ № 19 от 25.01.2011
	контроль показателей удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания	
	периодичное/внеплановое обследование здания и его инженерных систем	
	периодический энергетический аудит здания и показаний приборов учета энергоресурсов разработка мероприятий по повышению энергетической эффективности зданий	

Как видно из таблицы 8, законодательных и регламентирующих документов в области энергетической эффективности достаточно много, причём автором при-

ведён не полный перечень, а только основные из них. Таким образом, можно выделить недостатки существующей нормативной базы, регламентирующей процессы жизненного цикла энергоэффективных зданий:

- Отсутствие эффективных мотивирующих механизмов к достижению проектировщиками, застройщиками и собственниками зданий показателей энергоэффективности и обеспечения в них комфортного микроклимата на всех стадиях их жизненного цикла.
- Отсутствие единой системы подзаконных актов к закону № 261-ФЗ и несоординированность действий министерств и ведомств по обеспечению энергетической эффективности зданий.
- Отсутствие системности требований в области энергосбережения, а именно: по расходу энергии, по требованиям к ограждающим конструкциям зданий и оборудования, по требованиям к методам контроля приборов учёта и показателей энергоресурсов.
- Отсутствие единых рекомендуемых показателей энергетической эффективности зданий.

Автор считает, что работа по преодолению выявленных недостатков является необходимым условием внедрения стратегии развития и планирования организационных структур и процессов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Необходимо разработать единую методологическую основу политики энергосбережения в зданиях, направленную, в первую очередь, на совершенствование процессов организации жизненного цикла зданий. Данный подход позволит системно подойти к проблеме повышения энергоэффективности и распространится на все аспекты проектирования, строительства и эксплуатации: от выбора строительных материалов и энергосберегающих способов СМР до их утилизации после демонтажа здания, а также возможности рециклинга.

ГЛАВА 3. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

3.1. Обоснование применения IDEF0 методологии к моделированию процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий

Необходимым условием развития современной науки организации производства является внедрение информационных технологий, направленных на эффективное функционирование и совершенствование производственных процессов. К современным зданиям предъявляются высокие требования соответствия показателям безопасности, комфортности, энергоэффективности. Реализация данных требований должна обеспечиваться на протяжении всего жизненного цикла зданий [180]. Автор считает целесообразным провести исследование основных технологий моделирования зданий, применяющихся на различных этапах их жизненного цикла. В настоящее время архитектурно-строительное проектирование основано на применении систем автоматизации и компьютеризации проектных работ (САПР), позволяющих проектировщику собирать и обрабатывать информацию на ПК. Основная функция САПР состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей [50]. Зарубежным эквивалентом САПР являются САД-системы (computer-aided design/drafting), представляющие собой интегрированные автоматизированные системы для конструирования, проектирования и управления проектами. В современные САД-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.).

В настоящее время в архитектурно-строительном проектировании и строительстве используются методы информационного описания объекта на электронном носителе (EPD Electronic Product Definition). Которые позволяют разрабаты-

вать и поддерживать информационную модель жизненного цикла здания в электронном виде. Вследствие разработки EPD-концепции и появились основания для превращения автономных CAD-, CAM- и CAE-систем в интегрированные, которые не только дают возможность сократить срок проектирования зданий, но и оказывают существенное влияние на технологию строительства, позволяя повысить качество, надежность и энергетическую эффективность [241].

Таким образом, описанные выше технологии проектирования направлены на параметрическое моделирование зданий.

Развитием параметрического моделирования зданий является информационное моделирование (BIM - Building Information Modeling), в основе которого лежит концепция объектно-ориентированного параметрического проектирования (моделирования) зданий. Информационное моделирование здания – это подход к управлению жизненным циклом объекта, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Цели строительства энергоэффективных зданий достижимы только при условии тесного взаимодействия всех участников не только проектно-строительного процесса, но и эксплуатации здания, что зафиксировано в концепции интегрированного проектного процесса. Реализовать эту концепцию на практике позволяет применение технологии информационного моделирования зданий. Информационное моделирование связывает параметрическую модель здания с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты. В течение жизненного цикла здания информация может изменяться, дополняться и объединяться. Информационная модель существует в течение всего жизненного цикла здания, и даже дольше. Содержащаяся в ней информация может изменяться, дополняться, заменяться, отражая текущее состояние здания. Таким образом, информационное моделирование зданий позволяет совмещать работу над проектом не только в пространстве, но и во времени [89].

В настоящее время концепция BIM рассматривается в тандеме с концепцией PLM (Product Lifecycle Management), моделирующей управление жизненным циклом изделия. При этом в качестве изделий могут рассматриваться всевозможные технически сложные объекты. Концепция PLM предполагает, что создается единая информационная база, описывающая три основных компонента создания чего-то нового по схеме «Продукт – Процессы – Ресурсы», а также связи между этими компонентами. Наличие такой объединенной модели обеспечивает возможность быстро и эффективно увязывать и оптимизировать всю указанную цепочку. Применение информационной модели здания существенно облегчает работу с объектом и имеет массу преимуществ перед иными формами проектирования [241, 242].

Несмотря на то, что информационное моделирование обеспечивает создание, хранение и обмен информацией, по мнению автора, этого недостаточно для обеспечения жизненного цикла здания, так как не рассматриваются процессы, происходящие в течение жизненного цикла здания как системы. Строительное производство – это, в первую очередь, процесс, отображающий последовательную смену стадий жизненного цикла зданий. Поход к жизненному циклу зданий с позиции моделирования систем и входящих в неё функциональных подсистем способствует организации и управлению жизненным циклом здания от «зелёной площадки» до «зелёной площадки», соблюдая при этом необходимый уровень энергоэффективности.

Моделирование жизненного цикла зданий с позиции процессного подхода позволяет обеспечить его важнейшие характеристики, такие как надёжность, функциональность, экологичность, энергоэффективность на всех стадиях жизненного цикла – от инвестиционного замысла строительства до эксплуатации, реконструкции и демонтажа.

Процессный подход к моделированию жизненного цикла зданий реализуется в функциональном моделировании. Основываясь на системотехнических принципах организации производства, он позволяет представить параметрическую и информационную модели здания в динамическом развитии от проектирования до эксплуатации и, таким образом, обеспечить направленность всех организационных,

технических и технологических решений на достижение конечного результата – ввода в эксплуатацию объектов с необходимым уровнем энергетической эффективности и в установленные сроки [180].

Моделирование позволяет адекватно отобразить наиболее существенные стороны исследуемого объекта, оно является особой формой опосредствования, основой которого является формализованный подход к исследованию сложной системы. Учитывая сложность, комплексность понятия энергетической эффективности здания, представляющего собой набор характеристик, а также вероятностный характер строительного производства, становится очевидным, что из существующих научных методов наиболее целесообразным является метод имитационного моделирования, позволяющий заменить реальный объект исследования его компьютерной моделью и оперативно оценить последствия принимаемых организационно-технических решений.

В работе [240] здание рассматривается с позиций системного анализа здания как энергетической системы, которая декомпозируется на взаимосвязанные подсистемы: энергетическим воздействием наружного климата на внешнюю часть здания, энергетических характеристик ограждающих конструкций и внутренне энергией здания. Такой подход научно обоснован и подробно исследован, однако математическое моделирование только тепловой эффективности зданий, по мнению автора диссертационного исследования, не отражает в полной мере энергетическую эффективность здания в целом, формирующуюся на протяжении всего жизненного цикла. На энергетическую эффективность здания влияют различные организационно-технические решения, принимаемые как на стадии проектирования, так и в процессе строительства и эксплуатации. Моделирование многовариантных организационно-технических решений может быть осуществлено при помощи имитационного моделирования.

Рассматривая энергоэффективные здания с позиции развития их жизненного цикла как энергетических систем, можно утверждать, что данные системы являются развивающимися, переходящими из одного качественного состояния (проект) в другое (построенное и эксплуатируемое здание). Таким образом, для изучения

развивающихся систем необходимо уделять внимание условиям перехода в качественные состояния. Данное утверждение основано также на применении системотехнических принципов энергоэффективности, разработанных автором.

Применение системного подхода к моделированию жизненного цикла энергоэффективных зданий возможно при применении сложных методов, учитывающих стохастичность строительного производства и сложность исследуемой системы. Такими методами могут стать методы аналитического и имитационного моделирования. Целесообразно применение методов имитационного моделирования, позволяющих не отрываться от реальных данных и вместе с тем учитывать стохастичность процессов, вероятностный характер развития жизненного цикла системы, а также производить сложные многовариантные расчёты.

По мнению автора функциональное и имитационное моделирование являются следующим этапом развития технологий моделирования зданий (рисунок 15).

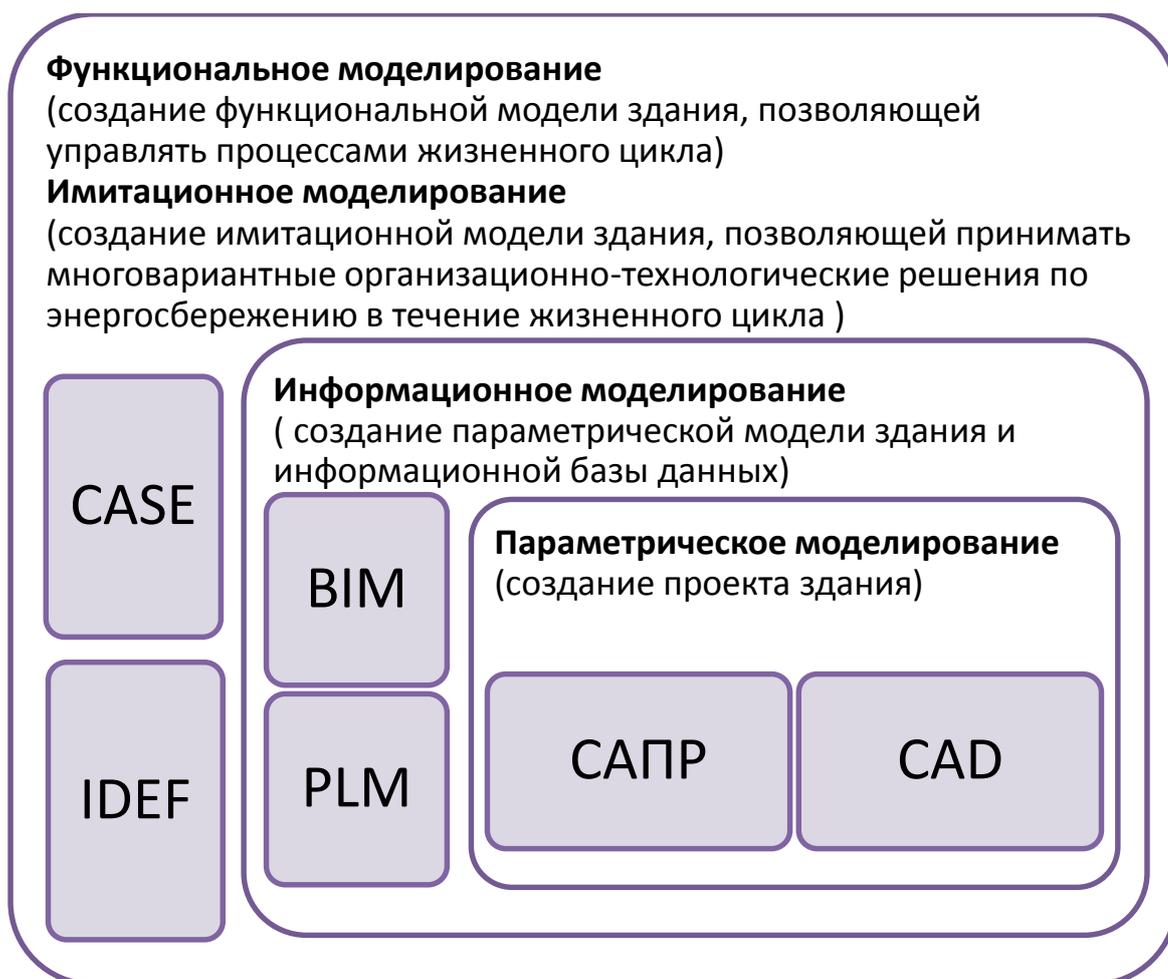


Рисунок 15 – Развитие технологий моделирования зданий

Функциональное моделирование процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий представляет собой сложнейшую задачу, решение которой требует применения специальных методик и инструментов, а именно, CASE-технологий (Computer Aided System Engineering – автоматизированный системный инжиниринг), представляющих собой методологию проектирования информационных систем, а также набор инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать эту модель на всех этапах разработки и сопровождения информационных систем и разрабатывать приложения в соответствии с информационными потребностями пользователей. CASE-средства используют методологию структурного анализа, представляющего собой тексты, графические объекты (диаграммы), связанные между собой посредством специальных интерфейсов. Данные объекты описывают внутренние параметры и внешние данные исследуемой системы.

Одним из наиболее удобных языков моделирования процессов является IDEF, а именно IDEF0, в котором система представляется как совокупность взаимодействующих работ или функций. Такая функциональная ориентация является принципиальной – функции системы анализируются независимо от объектов, которыми они оперируют. Это позволяет более четко смоделировать логику и взаимодействие процессов жизненного цикла системы. IDEF0 реализует методику функционального моделирования сложных систем [207].

Согласно концептуальному принципу методологии IDEF0, моделируемая система изображается в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков. Блоки отображают процессы, а также операции и действия, которые происходят в системе. Методология IDEF0 реализуется в создании функциональной модели, которая позволяет отобразить не только структуру и функции моделируемой системы, а также информационные и материальные потоки. Блоки взаимодействуют с другими блоками и с внешней средой, эти взаимодействия изображаются стрелками: вход, выход, управление и механизм. Таким образом, графический язык позволяет лаконично, однозначно и точно показать все элементы (блоки) системы и

все отношения и связи между ними, выявить ошибочные, лишние или дублирующие связи. Средства IDEF0 облегчают передачу информации от одного участника модели к другому [207].

По мнению автора, функциональная модель процессов организации жизненного цикла здания, созданная в формате IDEF0, отвечает основным принципам САПР:

1. Принцип системного единства, обеспечивающий целостность системы и системную связность проектирования отдельных элементов и всего объекта проектирования в целом.
2. Принцип совместимости, обеспечивающий совместное функционирование составных частей модели и сохранение открытой системы в целом.
3. Принцип типизации, заключающийся в ориентации на преимущественное создание и использование типовых и унифицированных элементов системы.
4. Принцип развития, обеспечивающий пополнение, совершенствование составных частей системы, а также взаимодействие и расширение взаимосвязи с автоматизированными системами различного уровня и функционального назначения.

Функциональная модель является основой для описания процессов, процедур и инструкций, регламентов для участников жизненного цикла здания. К сожалению, в российской системе организации строительного производства сложилась практика, когда сначала пишутся регламенты и инструкции, а затем производится долгая работа по устранению несоответствия между ними, вместо того, чтобы с позиций системного подхода описать цели процесса, и в процессе декомпозиции процессов выявить взаимосвязи между ними и с помощью инструкций и регламентов обеспечить достижение целей. Получается, что у нас существуют регламенты для отдельных процессов, и целью каждого процесса является соблюдение регламентов, т.е. процессы существуют не для достижения общей цели, а сами для себя [180].

Только применяя функциональное моделирование, основанное на системном подходе к организации процессов, возможно добиться достижения целей объекта исследования, будь это оптимизация потребления ресурсов, достижение максимальной прибыли, обеспечение безопасности либо иные другие цели. Таким образом, функциональное моделирование зданий является следующим этапом развития технологий моделирования зданий, позволяет наглядно представить и скоординировать все процессы их жизненного цикла, и обеспечить преемственность необходимых характеристик зданий [180].

Автор считает, что научный подход к моделированию процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий должен быть основан на структурном системном анализе, так как при помощи данного метода можно исследовать систему на всех уровнях – от верхнего и до нижних, посредством детализации до необходимого уровня. Структурный анализ базируется на методологиях, позволяющих анализировать процессы с трех ключевых точек зрения одновременно – IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling), IDEF3 и DFD (Data Flow Diagram). По мнению автора, с целью функционального моделирования жизненного цикла энергоэффективных зданий целесообразно применение методологии IDEF0, позволяющей представить процессы жизненного цикла здания в виде взаимосвязанных проектных, строительных, эксплуатационных процессов (действий, работ), взаимодействующих между собой в соответствии со строительными и эксплуатационными нормами и правилами, учитывающие различные виды ресурсов, имеющие системные входы и выходы. На основе методологии IDEF0 возможно построение моделей IDEF3 и DFD для уточнения технологий сбора данных и структурного анализа потоков данных, возникающих в течение жизненного цикла энергоэффективных зданий.

Данные методологии могут быть реализованы при помощи специальных программных продуктов, одним из которых является ПО BPwin 4.0. применение данного программного продукта позволяет производить моделирование при помощи методов структурного системного анализа, в том числе, по мнению автора, процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий. Важным является то, что BPwin

4.0 является доступным стандартом, находящимся в открытом доступе специалистам и другим пользователям. Целесообразность применения программного продукта VPwin для построения функциональной модели жизненного цикла энергоэффективных зданий обусловлена следующими достоинствами:

- понятный графический интерфейс, позволяющий интерактивно выделять объекты и быстро переходить с одного уровня декомпозиции модели на другой;
- автоматизация процесса моделирования, исключающая возможные ошибки, возникающие при моделировании процессов;
- возможность введения в модель свойств, определяемых пользователем, например, измерять процессы не только с позиции их стоимости, но и с точки зрения их энергоёмкости, в том числе в энергетических единицах, тоннах условного топлива и т.п.;
- диаграммы Swim Lane, позволяющие визуализировать моделируемые процессы;
- возможность построения словарей и электронных таблиц, которые могут использоваться и дополняться другими пользователями, содержать типы зданий и особенности процессов их жизненного цикла;
- иерархическая структура диаграмм, которая позволяет производить декомпозицию диаграмм до простейших процессов;
- возможность построения FEO-диаграмм, позволяющих строить организационные структуры процессов;
- возможность одновременного использования различных технологий моделирования процессов (IDEF0, IDEF3, DFD);
- возможность применения метода функционально-стоимостного анализа процессов (ABC) для определения излишне затратных, дублирующих и неэффективных процессов, что достигается выделением центров затрат, которые могут быть определены на основе сметы на строительство здания, а совмест-

ное использование календарно-сетевых графиков позволит определять максимальные и минимальные стоимости процессов, пиковые нагрузки на стоимость жизненного цикла;

- возможность производить генерирование отчётов по модели, передавать их по сетям интернет и внутренним сетям пользователей модели. Генератор отчётов RTV содержит шаблоны отчетов, которые могут применяться к любым функциональным моделям, что позволяет организации создавать стандарты отчетности, включая RTF, HTML, XLS и DOC.
- Возможность использования интерфейса для имитационного моделирования, связанного с построением сценариев, изменяющихся условий строительной площадки, позволяет разрабатывать модели для изучения изменяющегося процессов жизненного цикла зданий в динамике. Распределение потоков энергопотребления, ресурсов, финансов, информации, полученные из проектов производства работ и проектов организации строительства, могут быть оптимизированы для достижения эффекта энергосбережения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что программный продукт VPwin является одним из ведущих инструментов визуального моделирования процессов. Функциональная модель процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, созданная в VPwin, является основой для координации и управления процессами. Неэффективные, энергозатратные или избыточные процессы могут быть легко выявлены и, следовательно, усовершенствованы, изменены или устранены в соответствии с общими целями процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.

3.2. Создание функциональной модели процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий «AS-IS» в методологии IDEF0

На начальном этапе создания модели необходимо понять, как работает моделируемая система, то есть каким образом в настоящее время осуществляется проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий. Для этого

необходимо построить модель процесса «как есть» (AS-IS). После этого анализ модели позволит её оптимизировать и построить модель «как будет» (TO-BE) – модель идеальной организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.

Процесс моделирования какой-либо системы в IDEF0 начинается с определения контекста, т. е. наиболее абстрактного уровня описания системы в целом. В контекст входит определение субъекта моделирования, цели и точки зрения на модель. Верхний уровень модели является контекстным и называется «диаграмма A0». Она ограничивает область моделирования: жизненный цикл энергоэффективных зданий. На диаграмме A0 стрелками отмечены связи объекта с окружающей средой. Имя диаграммы A0 «Повысить энергетическую эффективность зданий» в модели AS-IS отражает цель, которая в настоящее время является ориентиром при организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. Это имя является общим для модели, так как согласно системному подходу все подсистемы имеют своей целью достижение глобальной цели системы более высокого уровня. Стрелки на контекстной диаграмме обозначают интерфейс блока A0: вход, выход, управление и механизм, связанные с потоками данных о жизненном цикле энергоэффективных зданий в целом, на уровне контекста. Наиболее важные свойства моделируемого объекта (здания), такие как энергоэффективность, определяются на верхнем уровне иерархии, а затем уточняются в процессе декомпозиции.

В результате научно-исследовательской работы автора, выполненного на базе ИВГПУ в рамках научно-исследовательской работы по гранту Российского гуманитарного научного фонда [192] создана новая функциональная модель жизненного цикла энергоэффективных зданий, представляющая собой организационную систему взаимодействия участников процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий в рамках существующей нормативно-методической документации. Проведено моделирование в программе VPwin, являющейся ведущим инструментом визуального моделирования процессов. На начальном этапе построена модель процесса «как есть» (AS-IS). Результаты моделирования представлены Опариной Л.А. в научно-исследовательской работе (грант Рос-

сийского гуманитарного научного фонда на проведение фундаментального научного исследования на тему «Организационно-экономическое моделирование процесса проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий», № 11-32-00360a2, номер госрегистрации 01201169487).

Целеполагание функциональной модели, задаваемое на диаграмме A0, должно быть направлено на причину её создания. Цель создаваемой модели жизненного цикла энергоэффективных зданий сформулирована следующим образом: «снизить энергопотребление зданиями на 40% относительно базового уровня». Данная цель сформулирована автором на основе Приказа Министерства регионального развития № 262, в котором содержатся требования к повышению энергоэффективности зданий, выполнение которых обеспечивается снижением энергопотребления на 40% относительно базового уровня. В настоящее время данный целевой показатель сохраняется, документы, отменяющие его, отсутствуют.

На верхних уровнях иерархии модели определены основные процессы жизненного цикла зданий: проектирование, строительство, эксплуатация. Декомпозиция модели уточняет функции верхнего уровня на составляющие подпроцессы, происходящие на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

Параметры диаграммы A0 функциональной модели «AS-IS», созданной автором в программном продукте VPwin, представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры диаграммы A0 функциональной модели «AS-IS»

Наименование	Обозначение	Значение
Цель	Purpose	Снизить энергопотребление зданиями на 40% относительно базового уровня (2007 год)
Функциональный блок A-0	Activity Box	Повысить энергетическую эффективность зданий
Управление	Control	Федеральные законы
		Организационно-методические и общие технические правила и нормы
Вход	Input	Информация – существующее энергопотребление зданиями
		Существующие здания
		Проекты зданий

Окончание таблицы 9

Выход	Output	Здания со сниженным энергопотреблением
Механизм	Mechanism	Энергосберегающие технологии и материалы
		Заказчики, застройщики, проектные и эксплуатирующие организации

Представленные в таблице 9 параметры первый уровень функциональной модели «AS-IS» в рамках существующей нормативно-правовой базы. Первый уровень декомпозиции состоит из трёх основных процессов: проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий. Автор считает целесообразным декомпонировать модель до второго уровня, так как дальнейшее раздробление процессов приведёт к сложности восприятия и перегруженности модели. Ниже автором представлены названия функциональных блоков, потоков и стрелок функциональной модели жизненного цикла энергоэффективных зданий «AS-IS». В состав блока **A0 «Повысить энергетическую эффективность зданий»** входят:

Блок A1 – «Проектировать энергоэффективные здания»,

Блок A2 – «Строить энергоэффективные здания»,

Блок A3 – «Эксплуатировать энергоэффективные здания».

Входящим потоком для блока **A1 «Проектировать энергоэффективные здания»** является:

- Информация – существующее энергопотребление зданиями;
- Проекты зданий, корректировка проекта.

В результате проведения процесса проектирования энергоэффективных зданий появляются выходящий поток:

- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока A1 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A1 являются:

- Заказчики, проектные организации;

- Энергосберегающие технологии и материалы.

Входящим потоком для блока **A2 «Строить энергоэффективные здания»** является:

- Проектно-сметная и разрешительная документация;

В процессе строительства энергоэффективных зданий возникают следующие выходящий поток:

- Исполнительная документация;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками процесса строительства энергоэффективных зданий являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A2 являются:

- Заказчики, застройщики;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Входящим потоком для блока **A3 «Эксплуатировать энергоэффективные здания»** является:

- Исполнительная документация;
- Существующие здания.

Выходящие потоки из блока A3:

- Здания со сниженным энергопотреблением;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Управляющими потоками для блока A3 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A3 являются:

- Заказчики, эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Блок A1 на втором уровне декомпозиции распадается на следующие четыре блока:

Блок А11 – «Согласовать с Заказчиком задание на проектирование»,

Блок А12 – «Разработать энергоэффективные проектные решения»,

Блок А13 – «Согласовать проект с Заказчиком и заинтересованными сторонами»

Блок А14 – «Провести экспертизу проекта».

Для блока **А11 «Согласовать с Заказчиком задание на проектирование»**

входящими потоками являются:

- Информация – существующее энергопотребление зданиями;
- Проекты зданий.

В процессе согласования с заказчиком задания на проектирование возникают выходящие потоки:

- Задание на проектирование;
- Проектная документация.

Управляющим потоком для блока А11 являются:

- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А11 являются:

- Заказчики, проектные организации;
- Энергоэффективные проектные решения.

Для блока **А12 «Разработать энергоэффективные проектные решения»**

входящим потоком является:

- Задание на проектирование;

В процессе разработки энергоэффективных проектных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Проектная документация;
- Энергоэффективные проектные решения.

Управляющими потоками для блока А12 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А12 являются:

- Заказчики, проектные организации;

- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **A13 «Согласовать проект с Заказчиком и заинтересованными сторонами»** входящим потоком является:

- Проектная документация;

В процессе согласования проекта возникают следующие выходящие потоки:

- Проектная документация для экспертизы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока A13 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A13 являются:

- Заказчики, проектные организации

Для блока **A14 «Провести экспертизу проекта»** входящим потоком является:

- Проектная документация для экспертизы;

В процессе экспертизы проектной документации возникает следующий выходящий поток:

- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока A14 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила, и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A14 являются:

- Органы госэкспертизы.

Блок A2 «Строить энергоэффективные здания» на втором уровне декомпозиции распадается на следующие пять блоков:

Блок A21 – «Получить разрешение на строительство».

Блок A22 – «Производить СМР энергоэффективными способами».

Блок A23 – «Контролировать энергоэффективность материалов и работ».

Блок A24 – «Подготовить исполнительную документацию».

Блок A25 – «Ввести объект в эксплуатацию».

Входящими потоками для блока **A21 «Получить разрешение на строительство»** являются:

- Проектно-сметная и разрешительная документация;

В процессе получения разрешения на строительство возникает следующий выходящий поток:

- Разрешение на строительство.

Управляющими потоками для функций блока A21 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила, и нормы;
- Федеральные законы;

Механизмами функций блока A21 являются:

- Заказчики, застройщики.

Входящими потоками для функций блока **A22 «Производить СМР энергоэффективными способами»** являются:

- Разрешение на строительство;
- Проектно-сметная и разрешительная документация;

Выходящими потоками из блока A22 является:

- Исполнительные схемы;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками для функций блока A22 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;

Механизмами функций блока A22 являются:

- Заказчики, застройщики;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Входящими потоками для блока **A23 «Контролировать энергоэффективность материалов и работ»** являются:

- Исполнительные схемы.

Выходящими потоками для функций блока A23 являются:

- Акты скрытых работ и испытаний.

Управляющими потоками для функций блока A23 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А23 являются:

- Заказчики, застройщики;

Входящими потоками для блока **А24 «Подготовить исполнительную документацию»** являются:

- Исполнительные схемы;
- Акты скрытых работ и испытаний.

Выходящими потоками из блока А24 являются:

- Исполнительная документация;
- Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

Управляющими потоками для функций блока А24 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;

Механизмами функций блока А24 являются:

- Заказчики, застройщики.

Входящими потоками для блока **А25 «Ввести объект в эксплуатацию»** являются:

- Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

Выходящими потоками из блока А25 являются:

- Исполнительная документация;

Управляющими потоками для функций блока А25 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А25 являются:

- Заказчики, застройщики.

Блок **А3 «Эксплуатировать энергоэффективные здания»** на втором уровне распадается на четыре следующих блока:

Блок А31 – «Производить мониторинг состояния зданий».

Блок А32 – «Осуществлять текущие и капитальные ремонты зданий».

Блок А33 – «Внедрять мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности».

Входящими потоками для функций блока **A31 «Производить мониторинг состояния зданий»** являются:

- Исполнительная документация;
- Существующие здания.

Выходящим потоком из блока A31 являются:

- Отчёты о состоянии зданий.

Управляющими потоками для функций блока A31 являются:

- Федеральные законы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока A31 являются:

- Заказчики, эксплуатирующие организации.

Входящими потоками для функций блока **A32 «Осуществлять текущие и капитальные ремонты зданий»** являются:

- Отчёты о состоянии зданий.

Выходящим потоком для функций блока A32 является:

- Акты о проведении ремонтных работ.

Управляющими потоками для функций блока A32 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Федеральные законы.

Механизмами функций блока A32 являются:

- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Заказчики, эксплуатирующие организации.

Входящими потоками для блока **A33 «Внедрять мероприятия по энерго-сбережению и повышению энергоэффективности»** являются:

- Акты о проведении ремонтных работ;

Выходящими потоками для функций блока A33 являются:

- Здания со сниженным энергопотреблением;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Управляющими потоками для функций блока A33 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;

- Федеральные законы.
- Механизмами функций блока А33 являются:
- Заказчики, эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Модель «AS-IS» декомпозируется до третьего уровня.

Блок **А12 «Разработать энергоэффективные проектные решения»** на третьем уровне декомпозиции распадается на следующие три блока:

Блок А121 – «Разработать энергоэффективные архитектурные и объёмно-планировочные решения».

Блок А122 – «Разработать энергоэффективные конструктивные решения».

Блок А123 – «Разработать энергоэффективные инженерные решения».

Для блока **А121 «Разработать энергоэффективные архитектурные и объёмно-планировочные решения»** входящим потоком является:

- Корректировка проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных архитектурных и объёмно-планировочных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Архитектурная часть проекта.

Управляющими потоками для блока А121 являются:

- Федеральные законы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А121 являются:

- Заказчики, проектные организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А122 «Разработать энергоэффективные конструктивные решения»** входящим потоком является:

- Архитектурная часть проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных конструктивных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Конструктивная часть проекта.

Управляющими потоками для блока A122 являются:

- Федеральные законы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока A122 являются:

- Заказчики, проектные организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **A123 «Разработать энергоэффективные инженерные решения»**

входящим потоком является:

- Конструктивная часть проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных инженерных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Энергоэффективные проектные решения;
- Проектная документация.

Управляющими потоками для блока A123 являются:

- Федеральные законы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока A123 являются:

- Заказчики, проектные организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Блок **A22 «Производить СМР энергоэффективными способами»** на втором уровне декомпозиции распадается на следующие пять блоков:

Блок A221 – «Осуществить подготовку строительства».

Блок A222 – «Выполнить работы первой стадии строительства».

Блок A223 – «Выполнить работы второй стадии строительства».

Блок A224 – «Выполнить работы третьей стадии строительства».

Для блока **A221 «Осуществить подготовку строительства»** входящим потоком является:

- Разрешение на строительство;

- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе осуществления подготовки строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы.

Управляющими потоками для блока А221 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А221 являются:

- Заказчики, застройщики;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А222 «Выполнить работы первой стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ первой стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока А222 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А222 являются:

- Заказчики, застройщики.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А223 «Выполнить работы второй стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ второй стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы.

Управляющими потоками для блока А223 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.
Механизмами функций блока А223 являются:

- Заказчики, застройщики.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А224 «Выполнить работы третьей стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ третьей стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками для блока А224 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.
Механизмами функций блока А224 являются:
- Заказчики, застройщики.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Блок **А33 «Внедрять мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности»** на третьем уровне декомпозиции распадается на следующие три блока:

Блок А331 – «Установить приборы учёта энергоресурсов».

Блок А332 – «Провести энергетическое обследование зданий».

Блок А333 – «Производить мониторинг показателей энергоэффективности».

Для блока **А331 «Установить приборы учёта энергоресурсов»** входящим потоком является:

- Акты о проведении ремонтных работ.

В процессе установки приборов учёта энергоресурсов возникают следующие выходящие потоки:

- Информация о потреблении энергетических ресурсов.

Управляющими потоками для блока А331 являются:

- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А331 являются:

- Энергоаудиторские организации.

Для блока **А332 «Провести энергетическое обследование зданий»** входящим потоком является:

- Информация о потреблении энергетических ресурсов.

В процессе проведения энергетических обследований возникают следующие выходящие потоки:

- Энергетический паспорт зданий.

Управляющими потоками для блока А332 являются:

- Федеральные законы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А332 являются:

- Заказчики, проектные организации;
- Энергоаудиторские организации.

Для блока **А333 «Производить мониторинг показателей энергоэффективности»** входящим потоком является:

- Энергетический паспорт зданий.

В процессе производства мониторинга показателей энергоэффективности возникают следующие выходящие потоки:

- Здания со сниженным энергопотреблением;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Управляющими потоками для блока А333 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Механизмами функций блока А333 являются:

- Заказчики, эксплуатирующие организации.

Схемы диаграммы А-0 и уровней декомпозиции, созданные автором в программном продукте ВРwin, представлены на рисунках 16-24.

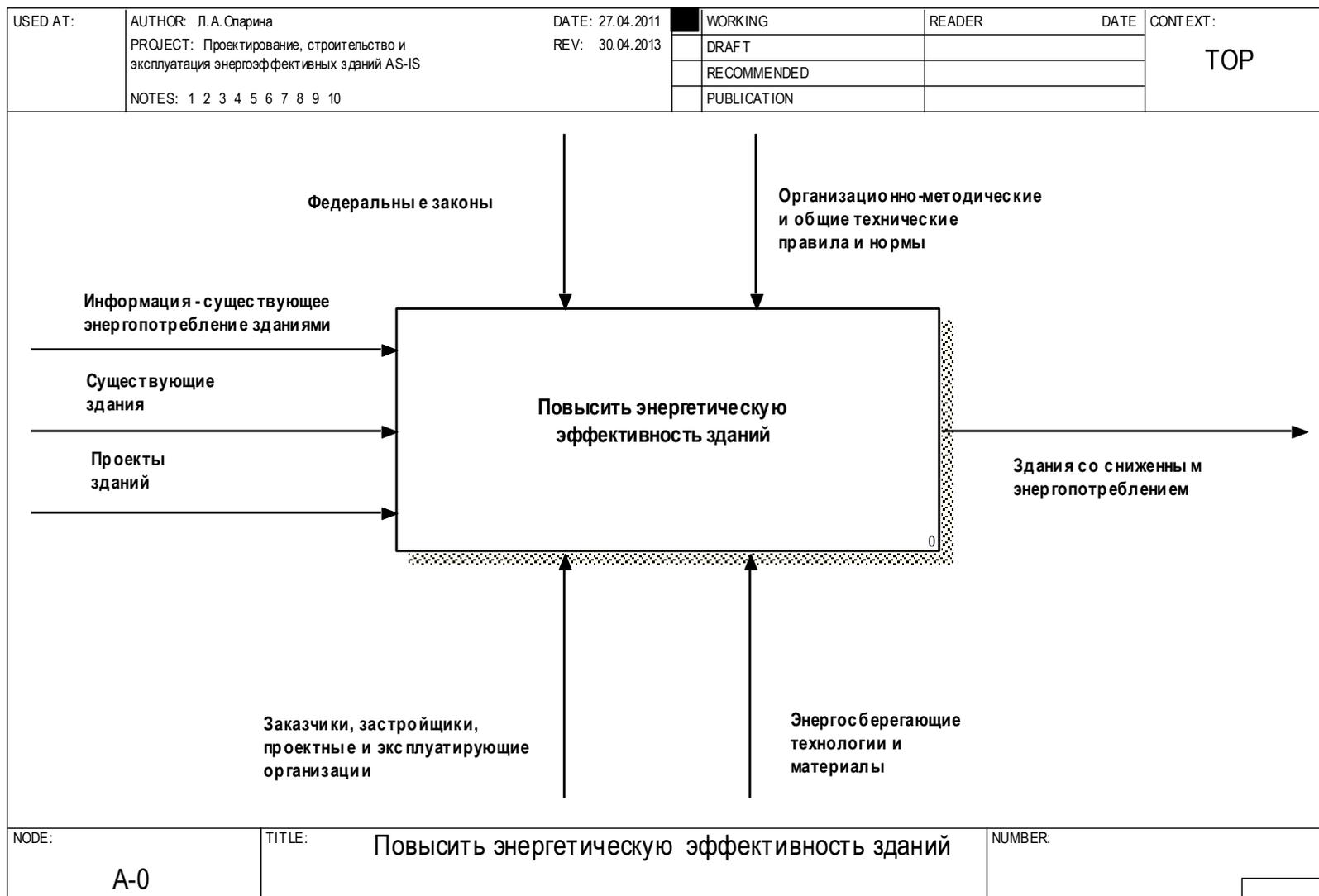
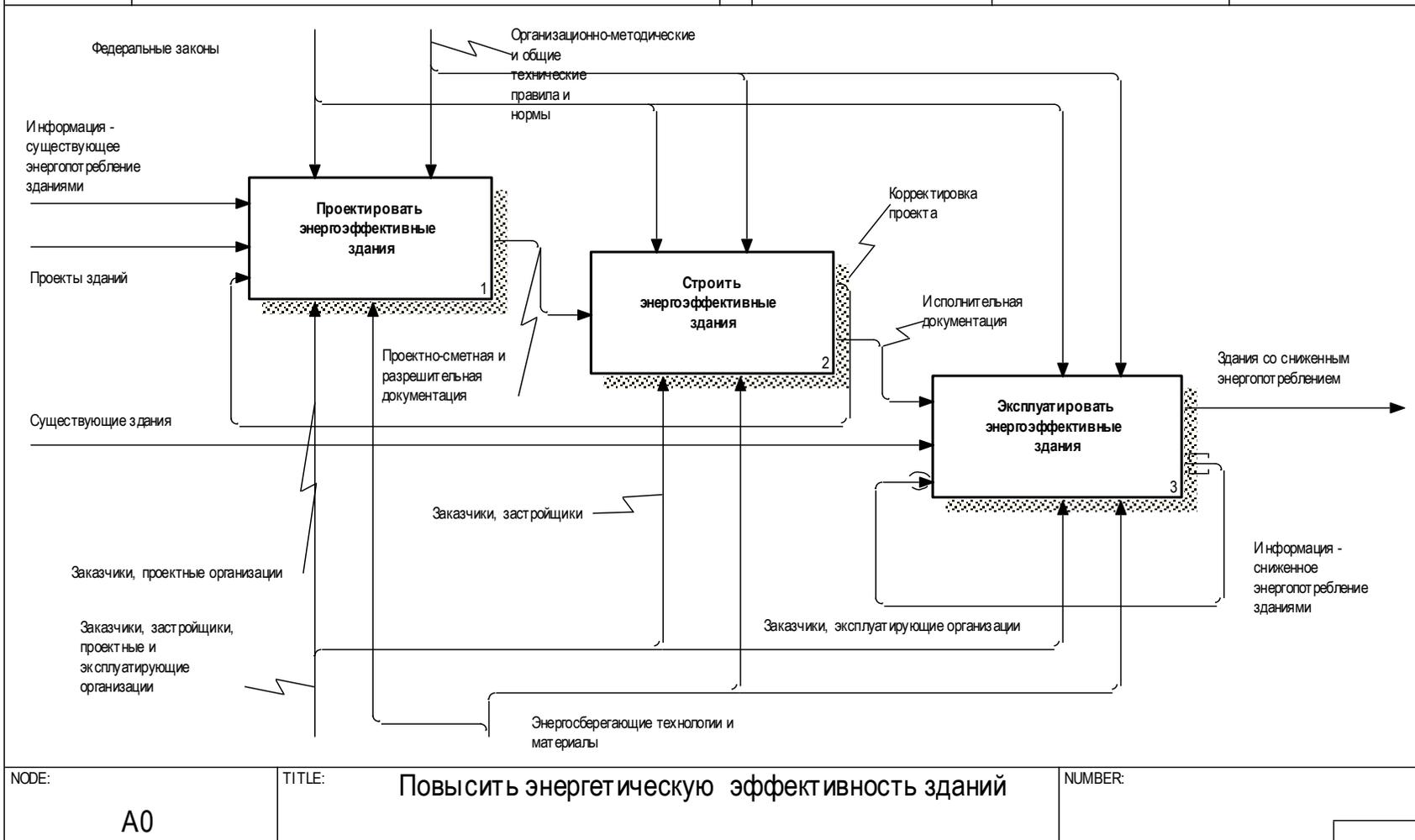


Рисунок 16 – Контекстная диаграмма модели «AS-IS» (блок A0)



NODE: A0

TITLE: Повысить энергетическую эффективность зданий

NUMBER:

Рисунок 17 – Декомпозиция первого уровня модели «AS-IS» (Блоки A1, A2, A3)

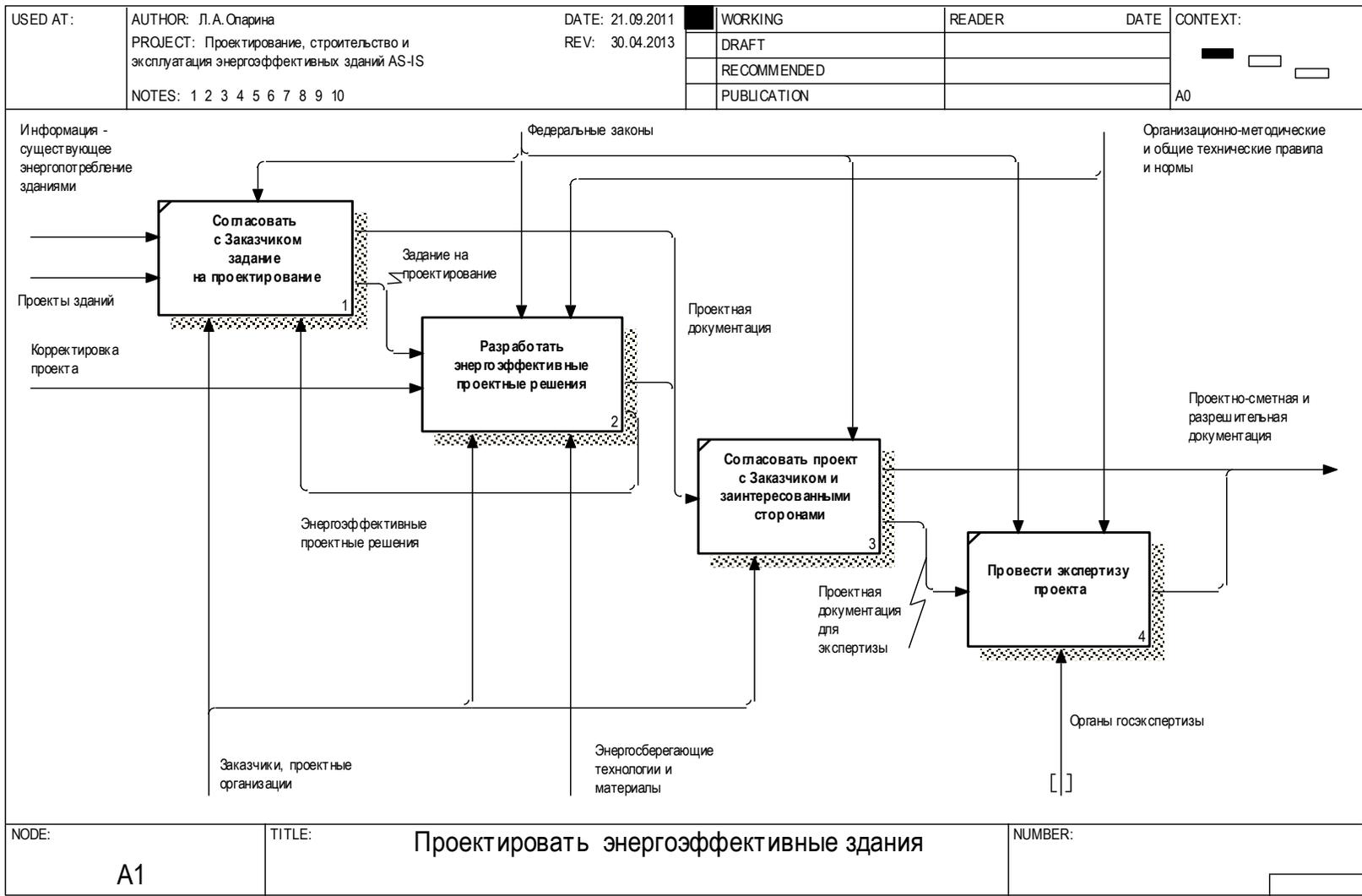


Рисунок 18 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A11, A12, A13, A14)

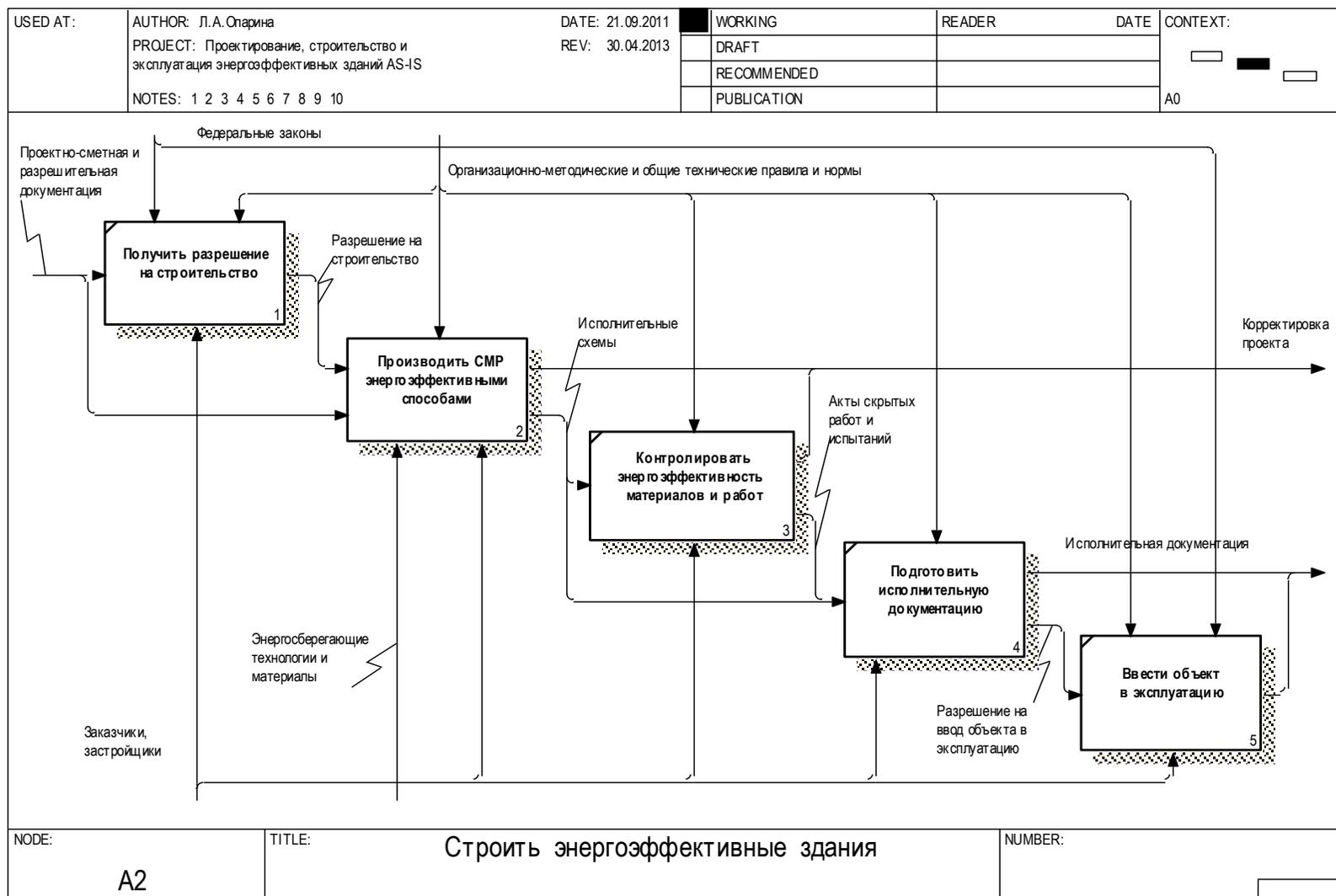


Рисунок 19 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A21, A22, A23, A24, A25)

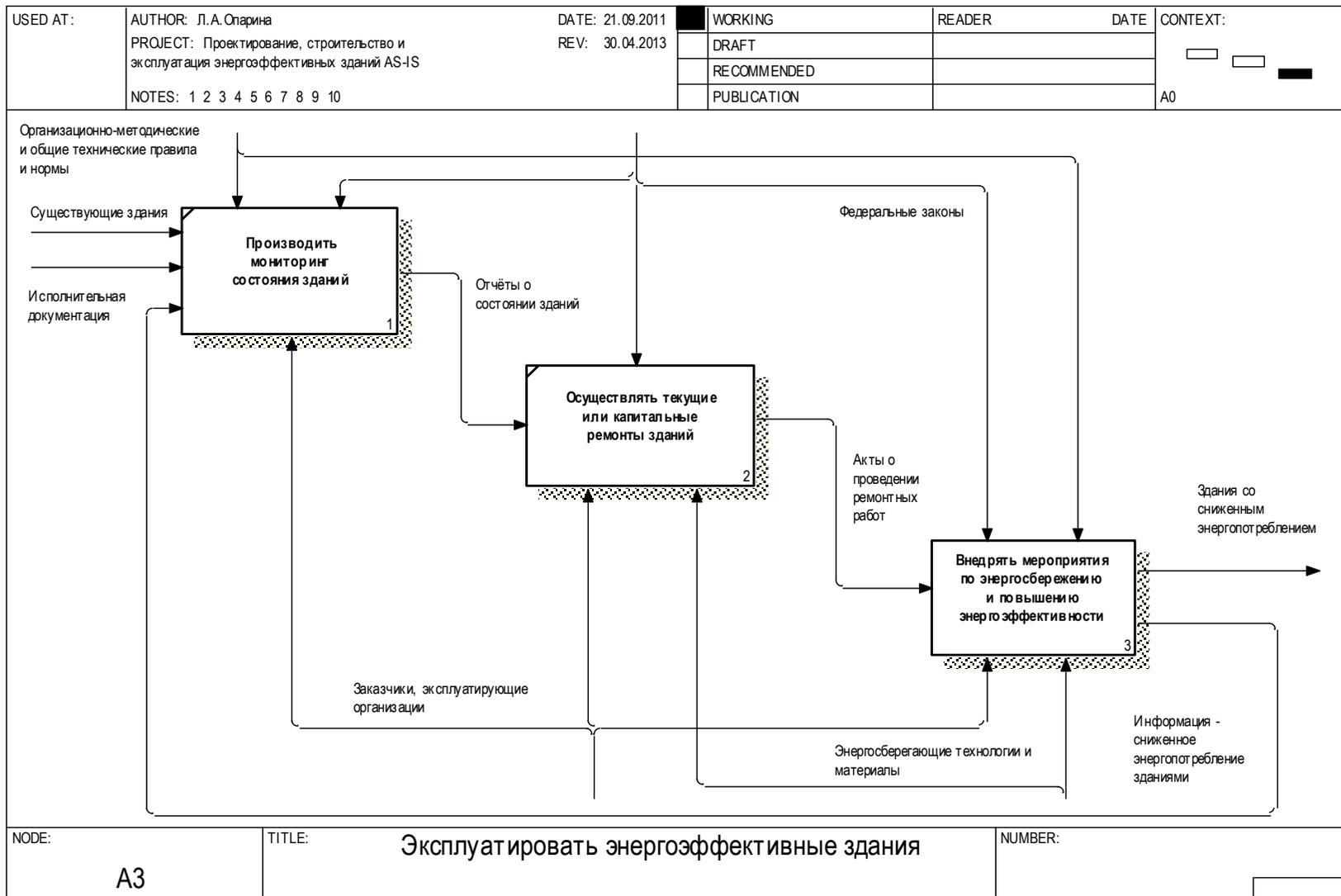


Рисунок 20 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A31, A32, A33)

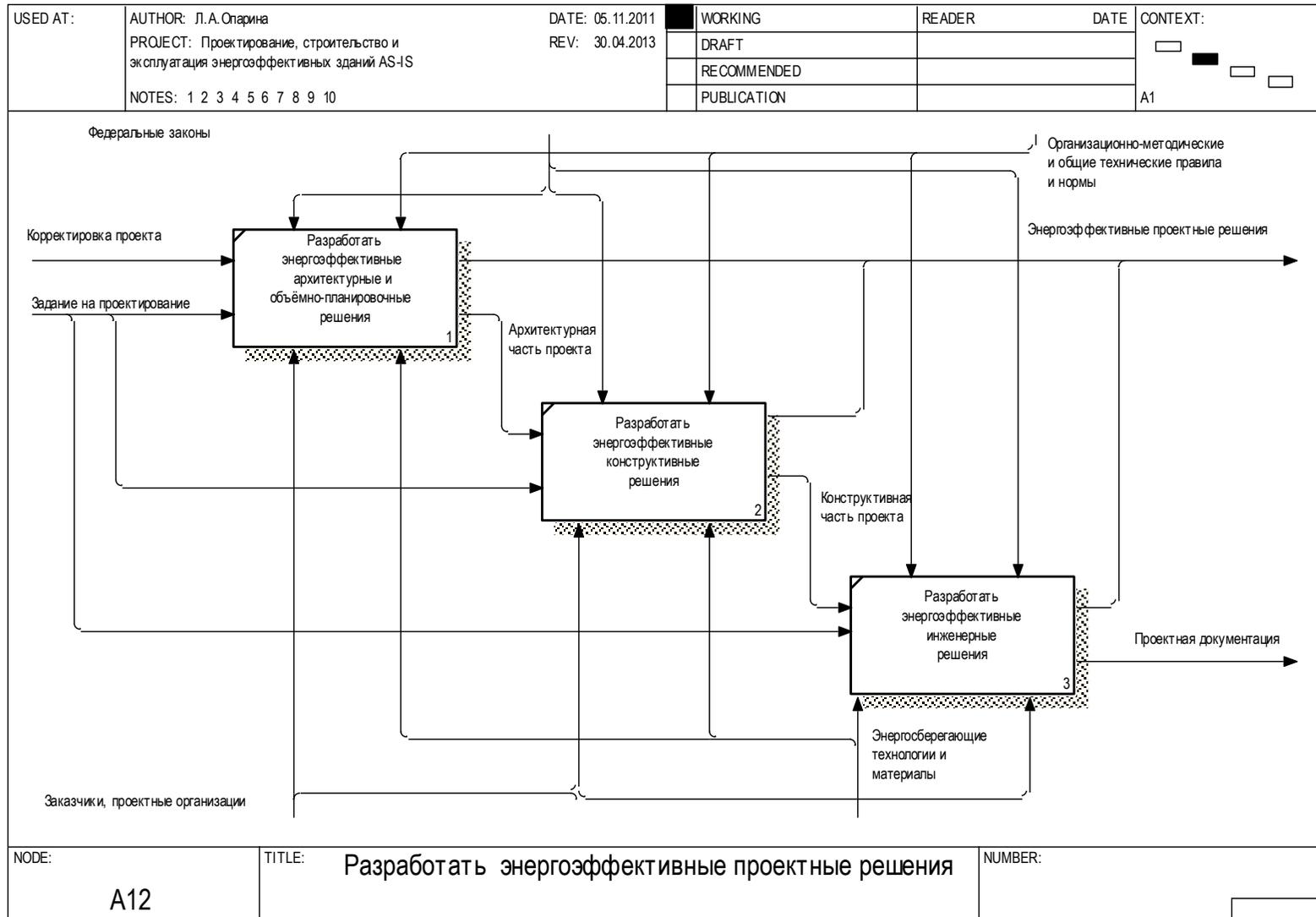


Рисунок 21 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A121, A122, A123)

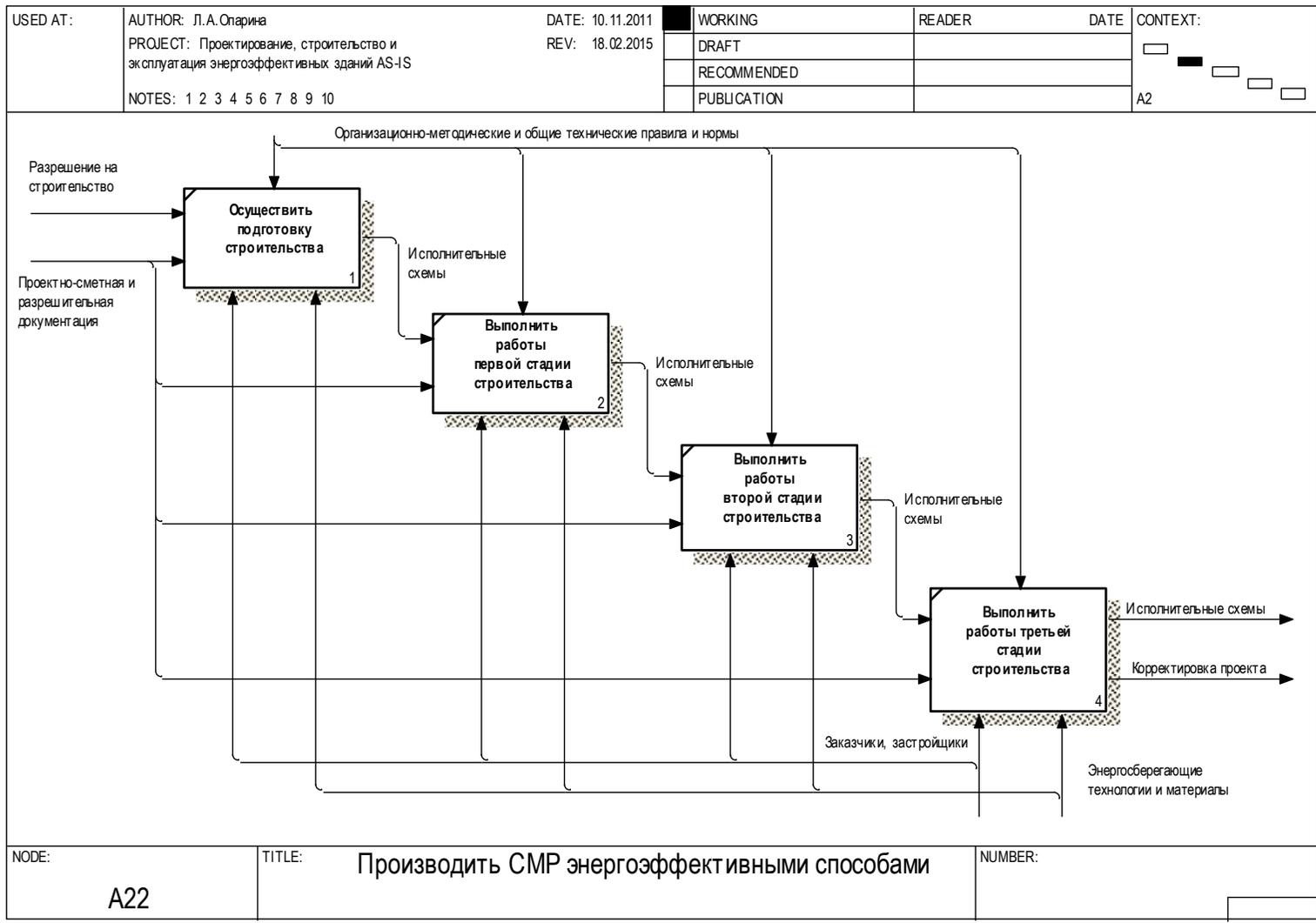


Рисунок 22 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A221, A222, A223, A224)

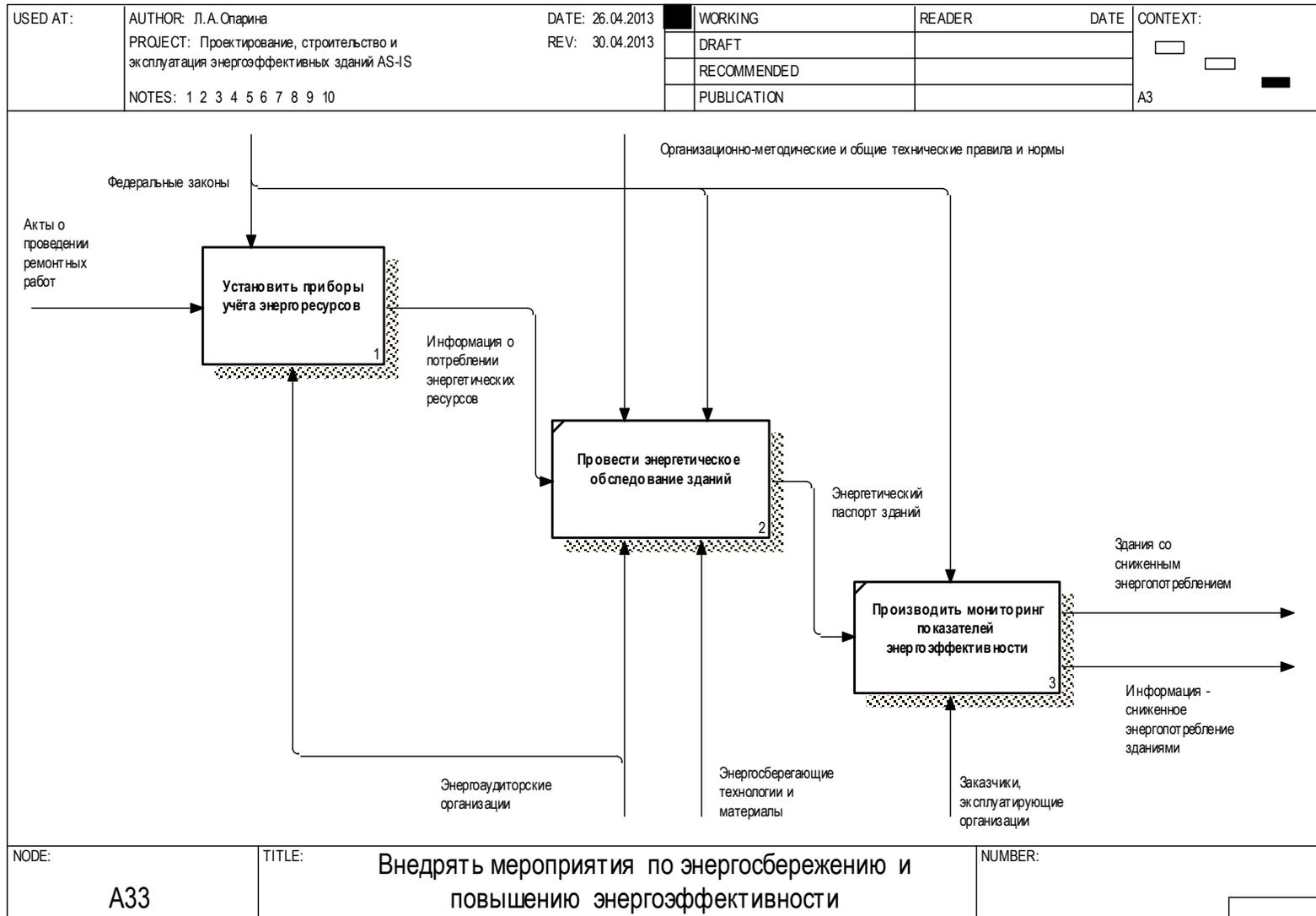


Рисунок 23 – Декомпозиция второго уровня модели «AS-IS» (блоки A331, A332, A333)

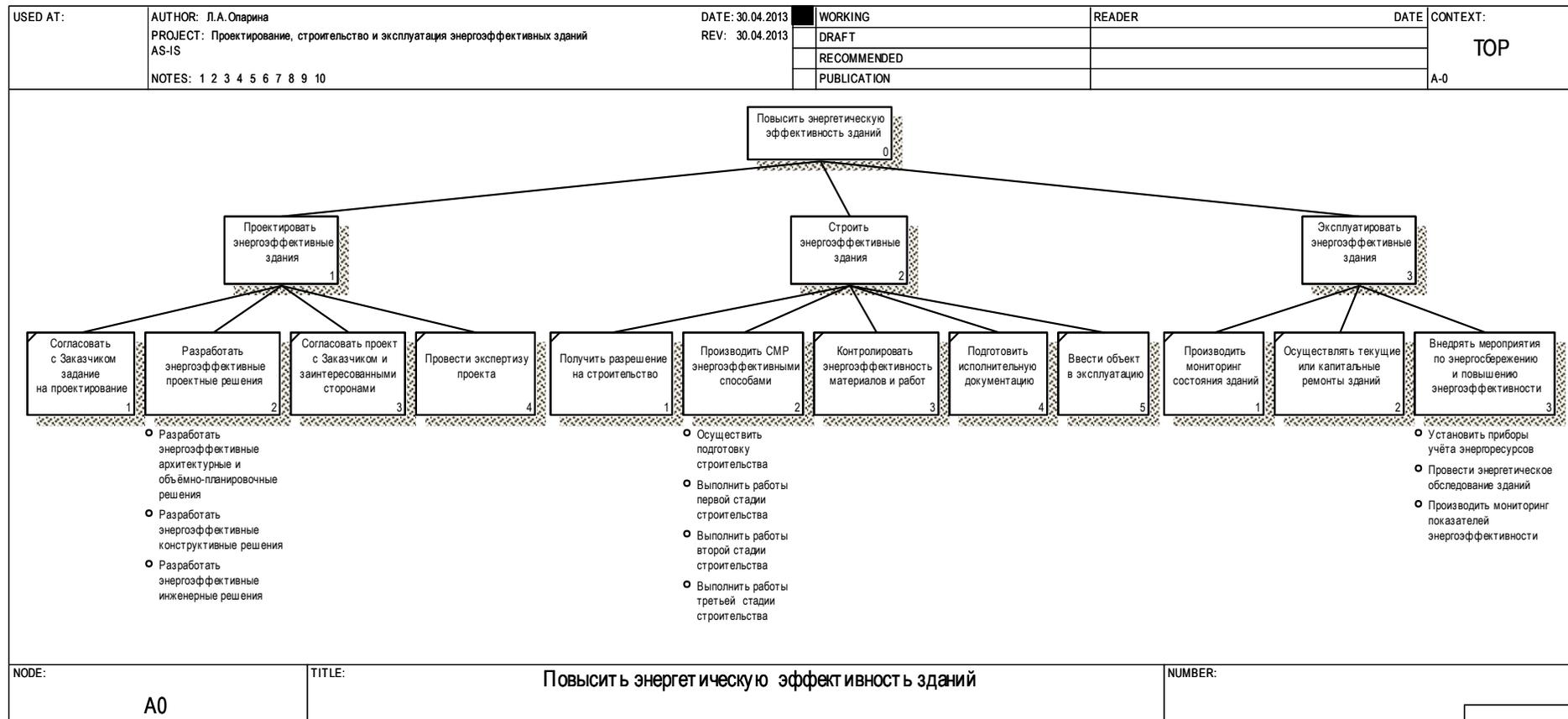


Рисунок 24 – Диаграмма дерева узлов функциональной модели «AS-IS»

Report for Diagram: A-0, Повысить энергетическую эффективность зданий

Activity Name: Повысить энергетическую эффективность зданий

Activity Definition: Проектировать, строить и эксплуатировать здания с уровнем энергопотребления не ниже класса B.

Activity Author: Л.А.Опарина

Object Type: Activity

Activity Number: A0

Link Name: Информация – существующее энергопотребление зданиями

Link Definition: Энергосберегающие планировочные, конструктивные и инженерные решения, энергосберегающие строительные технологии и современные энергоэффективные строительные материалы

Link Name: Энергосберегающие технологии и материалы

Link Definition: Федеральные законы, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию энергоэффективных зданий.

Link Name: Федеральные законы

Link Definition: СНиПы, ГОСТы, ТСН, методические рекомендации, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию энергоэффективных зданий

Link Name: Организационно-методические и общие технические правила и нормы

Link Definition: Функции заказчика-застройщика – в РФ: – получение и оформление исходных данных для проектирования объектов строительства и реконструкции; – техническое сопровождение проектной стадии; – оформление разрешительной документации на строительство и реконструкцию; – обеспечение освобождения территории строительства; – обеспечение строительства материалами и оборудованием; – организация и управление строительством; – координирование деятельности проектных, строительного-монтажных, специализированных и других организаций, осуществляющих проектирование, строительство и реконструкцию объектов.

Link Name: Заказчики, застройщики, проектные и эксплуатирующие организации

Link Definition: Существующие здания должны быть реконструированы с целью снижения энергопотребления и роста энергоэффективности

Link Name: Существующие здания

Link Definition: Здания со сниженным на 40% энергопотреблением по сравнению с уровнем 2007 года

Link Name: Здания со сниженным энергопотреблением

Link Definition: Задание на проектирование, исходные документы и материалы

Link Name: Проекты зданий

Рисунок 25 – Отчёт по функциональной модели «Организация процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий» («AS-IS»)

Представленная функциональная модель «AS-IS» отражает существующую в настоящее время политику в сфере российского законодательства об энергоэффективных зданиях, согласно которой СНиПы наряду с Федеральными законами несут управленческую функцию. В настоящее время строительные нормы и правила, а также государственные стандарты несут управленческие и регулирующие функции с целью реализации требований законодательства [165]. Однако такой подход автор считает неправильным, так как организационно-методические и общие технические правила и нормы должны являться механизмами для реализации процесса, а управленческую функцию должен выполнять заказчик. Данные выводы позволяет сделать представленная на рисунке 16 диаграмма А-0. Дальнейшая декомпозиция диаграммы позволяет выявить другие направления повышения эффективности процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, связанных с необходимостью учёта и контроля показателей энергоэффективности для достижения их преемственности на протяжении всего жизненного цикла [166].

Новизна созданной функциональной модели «AS-IS» заключается в том, что впервые процессы организации жизненного цикла зданий представлены в методологии IDEF0 с точки зрения потребляемых зданиями на всех стадиях энергоресурсов и их энергоэффективности. Представленная модель позволяет увидеть основные процессы организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий во взаимосвязи и непрерывном взаимодействии. Модель описывает существующие организационные процессы, их входящие и выходящие потоки, а также управление и механизмы, построенные в рамках существующей нормативно-правовой системы и технической документации.

На основе выявленных недостатков организации жизненного цикла энергоэффективных зданий в существующем нормативно-правовом поле автором построена модель «как должно быть» («TO-BE»), направленная на достижение главной цели – организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий.

3.3. Создание функциональной модели организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий «ГО-ВЕ» в методологии IDEF0

В результате построения модели «AS-IS» автором (в соавторстве с Алоян А.А., Петрухиным А.Б., Ставровой М.В.) выявлены недостатки существующей системы процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, а именно:

1. Функцию управления энергетической эффективностью зданий выполняют наряду с федеральными законами организационно-методические и общие технические правила и нормы, а заказчику отведена второстепенная роль механизма, реализующего эти функции. Данный вывод следует из закона № 261-ФЗ, закрепляющий за застройщиком обязанности обеспечения соответствия показателей энергоэффективности нормативам, а также установки приборов учёта энергоресурсов. Таким образом, заказчик-застройщик обеспечивает выполнение требований закона, то есть он является механизмом выполнения, а закон является управляющим воздействием. Авторы считают, что данный подход не отвечает требованиям современной рыночной экономики и законам организации производства. Следует учитывать, что в соответствии с теорией функциональных систем системообразующим фактором является результат (целевая функция) функционирования системы, тогда система – это комплекс избирательно вовлечённых элементов, взаимодействующих достижению заданного полезного результата. В данном случае системообразующим фактором является энергоэффективность, и для достижения целевой функции повышения энергоэффективности необходимо устранить нестыковки отдельных элементов в пределах системы, которые в настоящее время имеют место в управляющих воздействиях на процессы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий. Таким образом, организационно-методические и общие технические правила и нормы должны являться механизмами для реализации процесса, а управленческую функцию должен выполнять заказчик.

2. На всех стадиях жизненного цикла отсутствуют мотивирующие механизмы достижения уровня энергоэффективности зданий, как для заказчика, так и

для проектных, строительных и эксплуатирующих организаций. По мнению авторов, государство должно не управлять процессом, а мотивировать заказчика на энергосбережение, а тот стимулировать проектные и строительные организации. Отсутствие мотивирующих механизмов может привести к тому, что ни застройщики, ни инвесторы, ни проектировщики и тем более строители не смогут обеспечить системного подхода к энергоэффективности зданий, т.к. не имеют для этого инструментов [165, 5]. Данные выводы можно сделать на основе Градостроительного кодекса РФ, определяющего основные контролируемые процессы строительного производства:

- госэкспертиза проектной документации;
- госэкспертиза результатов инженерных изысканий;
- федеральный государственный строительный надзор;
- установление перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, влияющие на их безопасность;
- контроль за соблюдением органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления законодательства о градостроительной деятельности.

Вызывает недоумение, что Градостроительный кодекс не содержит указаний на управление, контроль и мотивацию собственников зданий к повышению уровня их энергетической эффективности. Это противоречит актуализированной версии СНиП 23-02-2003 (СП 50.13330.2112), устанавливающей, что на этапе ввода в эксплуатацию соответствие запроектированным показателям энергетической эффективности зданий должна обеспечиваться Госстройнадзором если этот надзор осуществляется, в ином случае это должен делать сам застройщик. В настоящее время строительство контролируют органы Государственного строительного надзора Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору, однако

их деятельность направлена в основном на контроль СРО и на обеспечение безопасности объектов капитального строительства, следовательно, они не готовы взять на себя функцию контроля за повышение энергоэффективности зданий. Для этого нет ни методик, ни механизмов. Они могут проверять только соответствие проекту и техническим нормам и наличие раздела проекта «энергоэффективность». Таким образом, если заказчик не предпримет усилий к энергосбережению, то энергосбережение останется на бумаге. И пуско-наладочные работы для контроля уровня энергоэффективности зданий в настоящее время осуществлять не представляется возможным, т.к. это неизбежно приведёт к увеличению бюрократии. Таким образом, органы Государственного строительного надзора и местные администрации в настоящее время фактически не имеют механизмов управления энергоэффективностью, этот процесс оказывается «размазан» между ними, и они не имеют методик и полномочий для контроля этого процесса. Следовательно, данные функции должны выполняться заказчиком.

3. Заключительной стадией жизненного цикла должен стать блок демонтажа здания или реконструкции с улучшение прочностных, экологических и энергосберегающих характеристик. В существующей в настоящее время системе строительства здания не рассматриваются с точки зрения их жизненного цикла, не учитывается вывод здания из эксплуатации. Между тем необходимо подчеркнуть, что технико-экономические обоснования в строительстве как правило не включают в себя ликвидационные затраты, что стало обязательным для многих других видов продукции в соответствии с международными стандартами качества и управления окружающей средой. В процесс моделирования жизненного цикла зданий необходимо включать расчёты процессов реконструкции, демонтажа, ликвидации, а также утилизации строительных материалов и конструкций и их рециклинга, таким образом, жизненный цикл занимает период времени «от зелёной площадки» до «зелёной площадки».

На основе выявленных недостатков автором построена функциональная модель организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий «как должно быть» («ТО-ВЕ»).

При построении модели «ТО-ВЕ» учтены следующие необходимые условия:

1. На функциональные блоки модели наряду с федеральными законами основное управляющее воздействие должен осуществлять заказчик, так как он является собственником зданий и заинтересован в сбережении энергоресурсов.

2. Моделируемые процессы не должны испытывать несколько управляющих воздействий, так как такой подход приводит к затруднению управления и необходимости разграничения управляющих функций. Эффективное управление должно осуществляться одним органом.

3. Наряду с мотивирующими механизмами в модели необходимы контролирующие, посредством которых государство контролирует соблюдение закона, например, экспертиза проекта, заключение о соответствии, утверждение энергопаспорта. Механизмами контроля могут стать органы госэкспертизы на стадии проектирования, приёмочная комиссия на стадии строительства и контролирующие органы на стадии эксплуатации.

4. При организации жизненного цикла энергоэффективных зданий необходимо с позиции системного подхода моделировать основные процессы: проектирование, строительство, эксплуатацию и вывод из эксплуатации, который может заканчиваться как демонтаж с утилизацией и рециклингом строительных материалов либо реконструкцией здания с улучшением основных характеристик.

5. Процесс эксплуатации энергоэффективных зданий должен быть организован таким образом, чтобы принятию решений о проведении текущего или капитального ремонтов предшествовал глубокий анализ данных и разработка соответствующих проектных решений, также обязательным считаем проведение пусконаладочных работ и проведение ремонтов с учётом энергосберегающих технологий и материалов. При этом целевым показателем является снижение энергопотребление зданием, что обеспечит системный подход, так как цели подсистем должны совпадать с целью глобальной системы – снижение энергопотребления зданиями.

Таким образом, учёт указанных условий и выявленных недостатков позволили создать модель «ТО-ВЕ» – модель идеальной системы организации процессов

жизненного цикла энергоэффективных зданий в границах существующего нормативно-правового поля.

В состав блока А0 «Организовать процессы жизненного цикла энергоэффективных зданий» входят:

Блок А1 – «Проектировать энергоэффективные здания»,

Блок А2 – «Строить энергоэффективные здания»,

Блок А3 – «Эксплуатировать энергоэффективные здания»,

Блок А4 – «Демонтировать здание или реконструировать с улучшением характеристик».

Входящим потоком для блока **А1 «Проектировать энергоэффективные здания»** является:

- Информация – существующее энергопотребление зданиями;
- Проекты зданий, корректировка проекта.

В результате проведения процесса проектирования энергоэффективных зданий появляются выходящий поток:

- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока А1 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А1 являются:

- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Мотивирующие механизмы;
- Проектные организации.

Входящим потоком для блока **А2 «Строить энергоэффективные здания»** является:

- Проектно-сметная и разрешительная документация;

В процессе строительства энергоэффективных зданий возникают следующие выходящий поток:

- Исполнительная документация;

- Корректировка проекта.

Управляющими потоками процесса строительства энергоэффективных зданий являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А2 являются:

- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Застройщики, подрядчики;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Мотивирующие механизмы.

Входящим потоком для блока **А3 «Эксплуатировать энергоэффективные здания»** является:

- Исполнительная документация;
- Существующие здания.

Выходящие потоки из блока А3:

- Здания со сниженным энергопотреблением;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Управляющими потоками для блока А3 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А3 являются:

- Эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Мотивирующие механизмы.

Входящим потоком для блока **А4 «Демонтировать здание или реконструировать с улучшением характеристик»** является:

- Здания со сниженным энергопотреблением;

Выходящие потоки из блока А4:

- Здания с улучшенными характеристиками;
- Строительные материалы для рециклинга или утилизации;

- Чистая строительная площадка.

Управляющими потоками для блока А4 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А4 являются:

- Застройщики;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Мотивирующие механизмы.

Блок А1 на втором уровне декомпозиции распадается на следующие четыре блока:

Блок А11 – «Согласовать с Заказчиком задание на проектирование»,

Блок А12 – «Разработать энергоэффективные проектные решения»,

Блок А13 – «Согласовать проект с Заказчиком и заинтересованными сторонами»

Блок А14 – «Провести экспертизу проекта».

Для блока **А11 «Согласовать с Заказчиком задание на проектирование»**

входящими потоками являются:

- Информация – существующее энергопотребление зданиями;
- Проекты зданий.

В процессе согласования с заказчиком задания на проектирование возникают выходящие потоки:

- Задание на проектирование;
- Проектная документация.

Управляющим потоком для блока А11 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А11 являются:

- Проектные организации;
- Мотивирующие механизмы;
- Энергоэффективные проектные решения.

Для блока **A12 «Разработать энергоэффективные проектные решения»**

входящим потоком является:

- Задание на проектирование;

В процессе разработки энергоэффективных проектных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Проектная документация;
- Энергоэффективные проектные решения.

Управляющими потоками для блока A12 являются:

- Заказчики;

Механизмами функций блока A12 являются:

- Мотивирующие механизмы;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Проектные организации;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы.

Для блока **A13 «Согласовать проект с Заказчиком и заинтересованными сторонами»** входящим потоком является:

- Проектная документация;

В процессе согласования проекта возникают следующие выходящие потоки:

- Проектная документация для экспертизы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока A13 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока A13 являются:

- Проектные организации.

Для блока **A14 «Провести экспертизу проекта»** входящим потоком является:

- Проектная документация для экспертизы.

В процессе согласования проекта возникают следующие выходящие потоки:

- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока A13 являются:

- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А14 являются:

- Проектные организации;
- Мотивирующие механизмы;
- Органы госэкспертизы.

Блок А2 «Строить энергоэффективные здания» на втором уровне декомпозиции распадается на следующие пять блоков:

Блок А21 – «Получить разрешение на строительство».

Блок А22 – «Производить СМР энергоэффективными способами».

Блок А23 – «Контролировать энергоэффективность материалов и работ».

Блок А24 – «Подготовить исполнительную документацию».

Блок А25 – «Ввести объект в эксплуатацию».

Входящими потоками для блока **А21 «Получить разрешение на строительство»** являются:

- Проектно-сметная и разрешительная документация;

В процессе получения разрешения на строительство возникает следующий выходящий поток:

- Разрешение на строительство.

Управляющими потоками для функций блока А21 являются:

- Федеральные законы;

Механизмами функций блока А21 являются:

- Застройщики, подрядчики.

Входящими потоками для функций блока **А22 «Производить СМР энергоэффективными способами»** являются:

- Разрешение на строительство;
- Проектно-сметная и разрешительная документация;

Выходящими потоками из блока А22 является:

- Исполнительные схемы;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками для функций блока А22 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А22 являются:

- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Мотивирующие механизмы;
- Застройщики, подрядчики.

Входящими потоками для блока **А23 «Контролировать энергоэффективность материалов и работ»** являются:

- Исполнительные схемы.

Выходящими потоками для функций блока А23 являются:

- Акты скрытых работ и испытаний;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками для функций блока А23 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А23 являются:

- Застройщики, подрядчики;

Входящими потоками для блока **А24 «Подготовить исполнительную документацию»** являются:

- Исполнительные схемы;
- Акты скрытых работ и испытаний.

Выходящими потоками из блока А24 являются:

- Исполнительная документация;
- Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

Управляющими потоками для функций блока А24 являются:

- Заказчики;

Механизмами функций блока А24 являются:

- Застройщики, подрядчики.

Входящими потоками для блока **А25 «Ввести объект в эксплуатацию»** являются:

- Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

Выходящими потоками из блока А25 являются:

- Исполнительная документация;

Управляющими потоками для функций блока А25 являются:

- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А25 являются:

- Заказчики, застройщики;
- Организационно-методические и общие технические правила и нормы;
- Приёмочная комиссия.

Блок А3 «**Эксплуатировать энергоэффективные здания**» на втором уровне распадается на пять следующих блоков:

Блок А31 – «Производить мониторинг зданий и показателей энергоэффективности».

Блок А32 – «Анализ данных и разработка проектных решений».

Блок А33 – «Пуско-наладочные работы».

Блок А34 – «Текущий ремонт».

Блок А35 – «Капитальный ремонт».

Входящими потоками для функций блока А31 «**Производить мониторинг зданий и показателей энергоэффективности**» являются:

- Исполнительная документация;
- Существующие здания;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Выходящим потоком из блока А31 являются:

- Отчёты о состоянии зданий, энергетический паспорт.

Управляющими потоками для функций блока А31 являются:

- Федеральные законы.

Механизмами функций блока А31 являются:

- Эксплуатирующие организации.

Входящими потоками для функций блока А32 «**Анализ данных и разработка проектных решений**» являются:

- Отчёты о состоянии зданий.

Выходящим потоком для функций блока А32 является:

- Дефектные ведомости.

Управляющими потоками для функций блока А32 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А32 являются:

- Мотивирующие механизмы.

Входящими потоками для блока **А33 «Пуско-наладочные работы»** являются:

- Дефектные ведомости.

Выходящими потоками для функций блока А33 являются:

- Здания со сниженным энергопотреблением.

Управляющими потоками для функций блока А33 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А33 являются:

- Эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Входящими потоками для функций блока **А34 «Текущий ремонт»** являются:

- Дефектные ведомости.

Выходящим потоком для функций блока А34 является:

- Здания со сниженным энергопотреблением.

Управляющими потоками для функций блока А34 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А34 являются:

- Эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Входящими потоками для блока **А35 «Капитальный ремонт»** являются:

- Дефектные ведомости.

Выходящим потоком для функций блока А35 является:

- Здания со сниженным энергопотреблением;
- Информация – сниженное энергопотребление зданиями.

Управляющими потоками для функций блока А35 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А35 являются:

- Эксплуатирующие организации;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Модель «ТО-ВЕ» декомпозируется до третьего уровня.

Блок **А12 «Разработать энергоэффективные проектные решения»** на третьем уровне декомпозиции распадается на следующие три блока:

Блок А121 – «Разработать энергоэффективные архитектурные и объёмно-планировочные решения».

Блок А122 – «Разработать энергоэффективные конструктивные решения».

Блок А123 – «Разработать энергоэффективные инженерные решения».

Для блока **А121 «Разработать энергоэффективные архитектурные и объёмно-планировочные решения»** входящим потоком является:

- Корректировка проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных проектных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Архитектурная часть проекта.

Управляющими потоками для блока А121 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А121 являются:

- Проектные организации;
- Мотивирующие механизмы.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А122 «Разработать энергоэффективные конструктивные решения»** входящим потоком является:

- Архитектурная часть проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных проектных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Конструктивная часть проекта;
- Энергоэффективные проектные решения.

Управляющими потоками для блока А122 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А122 являются:

- Проектные организации;
- Мотивирующие механизмы.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А123 «Разработать энергоэффективные инженерные решения»**

входящим потоком является:

- Конструктивная часть проекта;
- Задание на проектирование.

В процессе разработки энергоэффективных проектных решений возникают следующие выходящие потоки:

- Энергоэффективные проектные решения;
- Проектная документация.

Управляющими потоками для блока А123 являются:

- Федеральные законы;
- Заказчики.

Механизмами функций блока А123 являются:

- Проектные организации;
- Мотивирующие механизмы.
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Блок **А22 «Производить СМР энергоэффективными способами»** на втором уровне декомпозиции распадается на следующие пять блоков:

Блок А221 – «Осуществить подготовку строительства».

Блок А222 – «Выполнить работы первой стадии строительства».

Блок А223 – «Выполнить работы второй стадии строительства».

Блок А224 – «Выполнить работы третьей стадии строительства».

Для блока **А221 «Осуществить подготовку строительства»** входящим потоком является:

- Разрешение на строительство;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе осуществления подготовки строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы.

Управляющими потоками для блока А221 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А221 являются:

- Федеральные законы;
- Застройщики, подрядчики;
- Мотивирующие механизмы;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **А222 «Выполнить работы первой стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ первой стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

Управляющими потоками для блока А222 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока А222 являются:

- Федеральные законы;
- Застройщики, подрядчики;
- Мотивирующие механизмы;

- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **A223 «Выполнить работы второй стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ второй стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы.

Управляющими потоками для блока A223 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока A223 являются:

- Федеральные законы;
- Застройщики, подрядчики;
- Мотивирующие механизмы;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Для блока **A224 «Выполнить работы третьей стадии строительства»** входящим потоком является:

- Исполнительные схемы;
- Проектно-сметная и разрешительная документация.

В процессе выполнения работ третьей стадии строительства возникают следующие выходящие потоки:

- Исполнительные схемы;
- Корректировка проекта.

Управляющими потоками для блока A224 являются:

- Заказчики.

Механизмами функций блока A224 являются:

- Федеральные законы;
- Застройщики, подрядчики;
- Мотивирующие механизмы;
- Энергосберегающие технологии и материалы.

Блок **A31 «Производить мониторинг зданий и показателей энергоэффективности»** на третьем уровне декомпозиции распадается на следующие три блока:

Блок A311 – «Производить плановые периодические осмотры физических показателей зданий».

Блок A312 – «Сбор данных с приборов учёта энергоресурсов».

Блок A313 – «Накопление структурированных данных в формате «план-факт».

Для блока **A311 «Производить плановые периодические осмотры физических показателей зданий»** входящим потоком является:

- Информация – сниженное энергопотребление зданиями;
- Существующие здания.

Выходящим потоком для блока A311 является реляционная база данных.

Управляющим потоком для блока A311 являются Федеральные законы. Механизмами функций блока A311 являются: Энергоаудиторские организации.

Для блока **A312 «Сбор данных с приборов учёта энергоресурсов»** входящим потоком является:

- Существующие здания.

Выходящим потоком для блока A312 является реляционная база данных.

Управляющим потоком для блока A312 являются Федеральные законы. Механизмами функций блока A312 являются:

- Эксплуатирующие организации.

Для блока **A313 «Накопление структурированных данных в формате «план-факт»** входящим потоком является:

- Реляционная база данных.

Выходящим потоком для блока A313 являются: Отчёты о состоянии зданий, энергетический паспорт. Управляющими потоками для блока A313 являются Федеральные законы. Механизмами функций блока A313 являются Заказчики, эксплуатирующие организации.

Схемы диаграммы А-0 и уровней декомпозиции, созданные автором в программном продукте VPwin, представлены на рисунках 26-35.

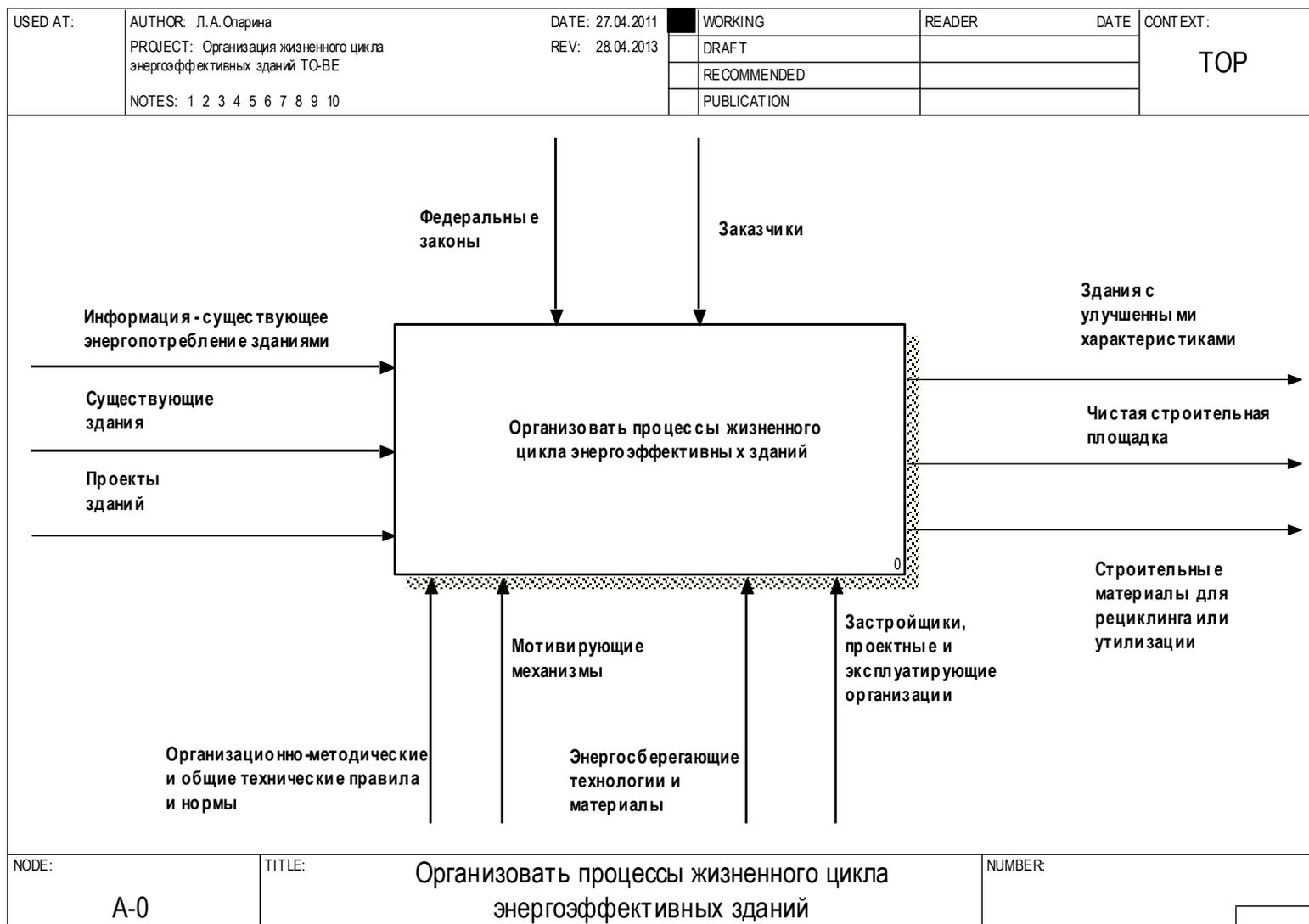


Рисунок 26 – Контекстная диаграмма модели «TO-BE» (блок A0)

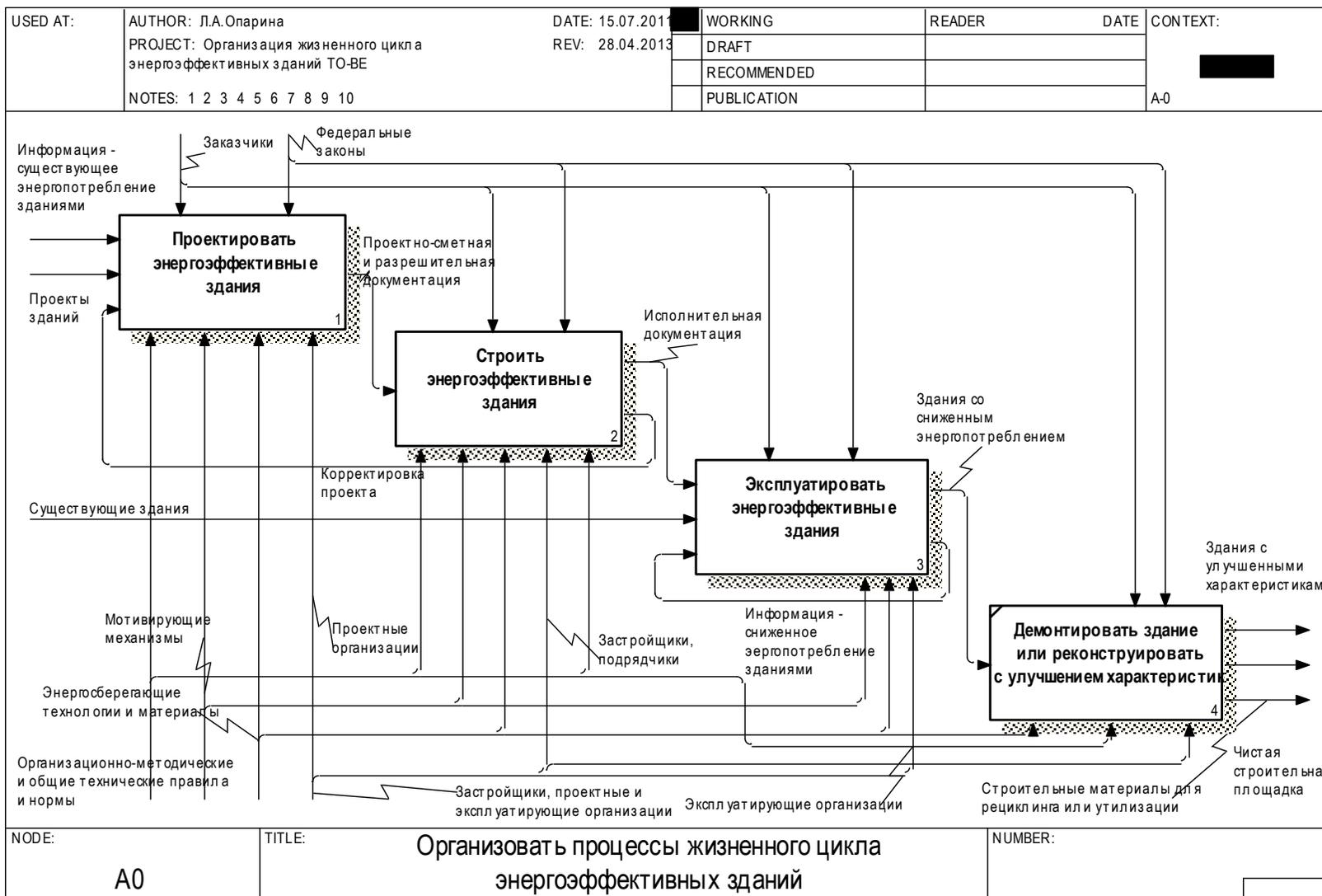


Рисунок 27 – Декомпозиция первого уровня модели «ТО-ВЕ» (Блоки А1, А2, А3, А4)

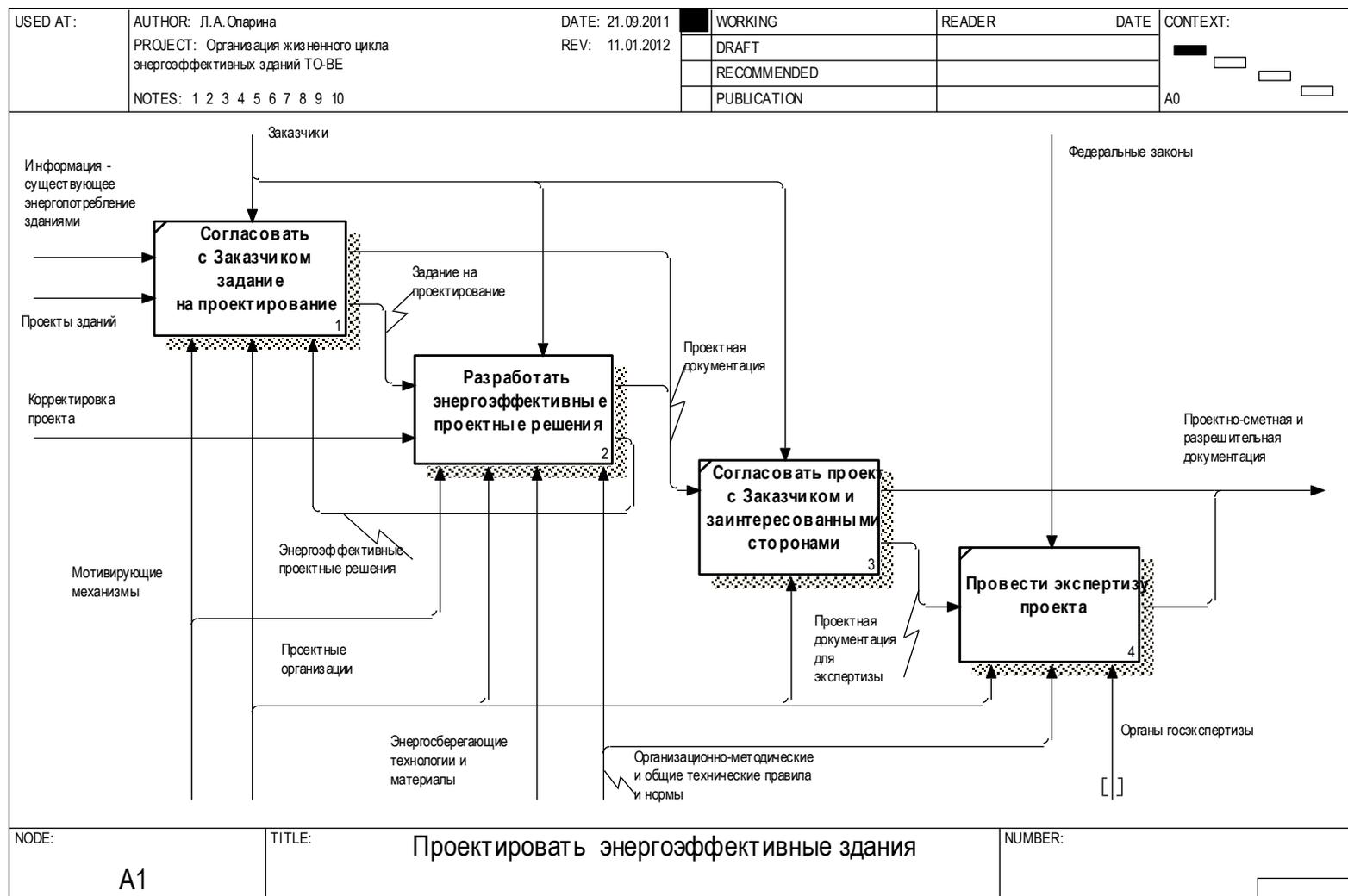


Рисунок 28 – Декомпозиция второго уровня модели «ТО-ВЕ» (блоки A11, A12, A13, A14)

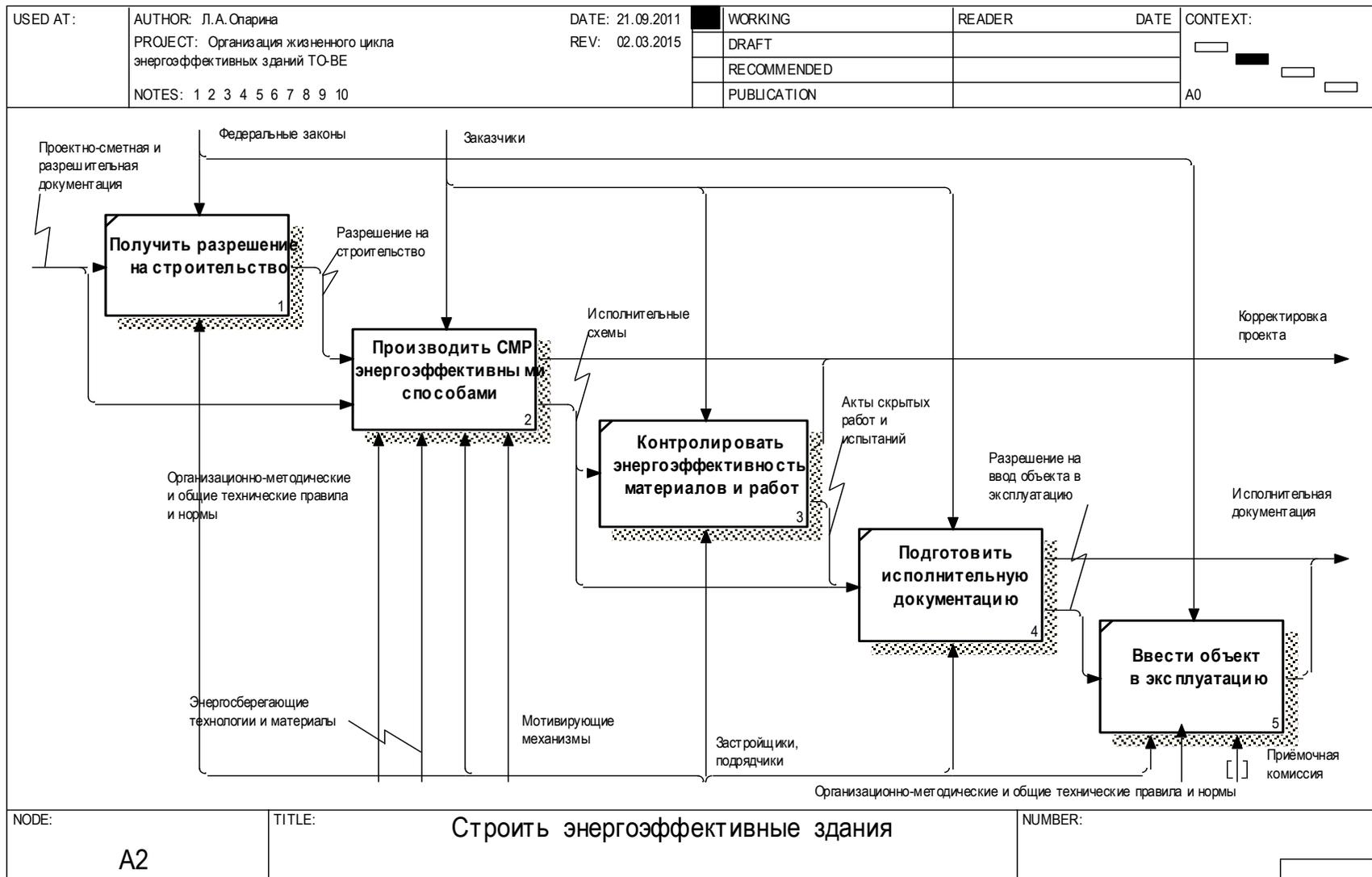


Рисунок 29 – Декомпозиция второго уровня модели «ТО-ВЕ» (блоки А21, А22, А23, А24, А25)

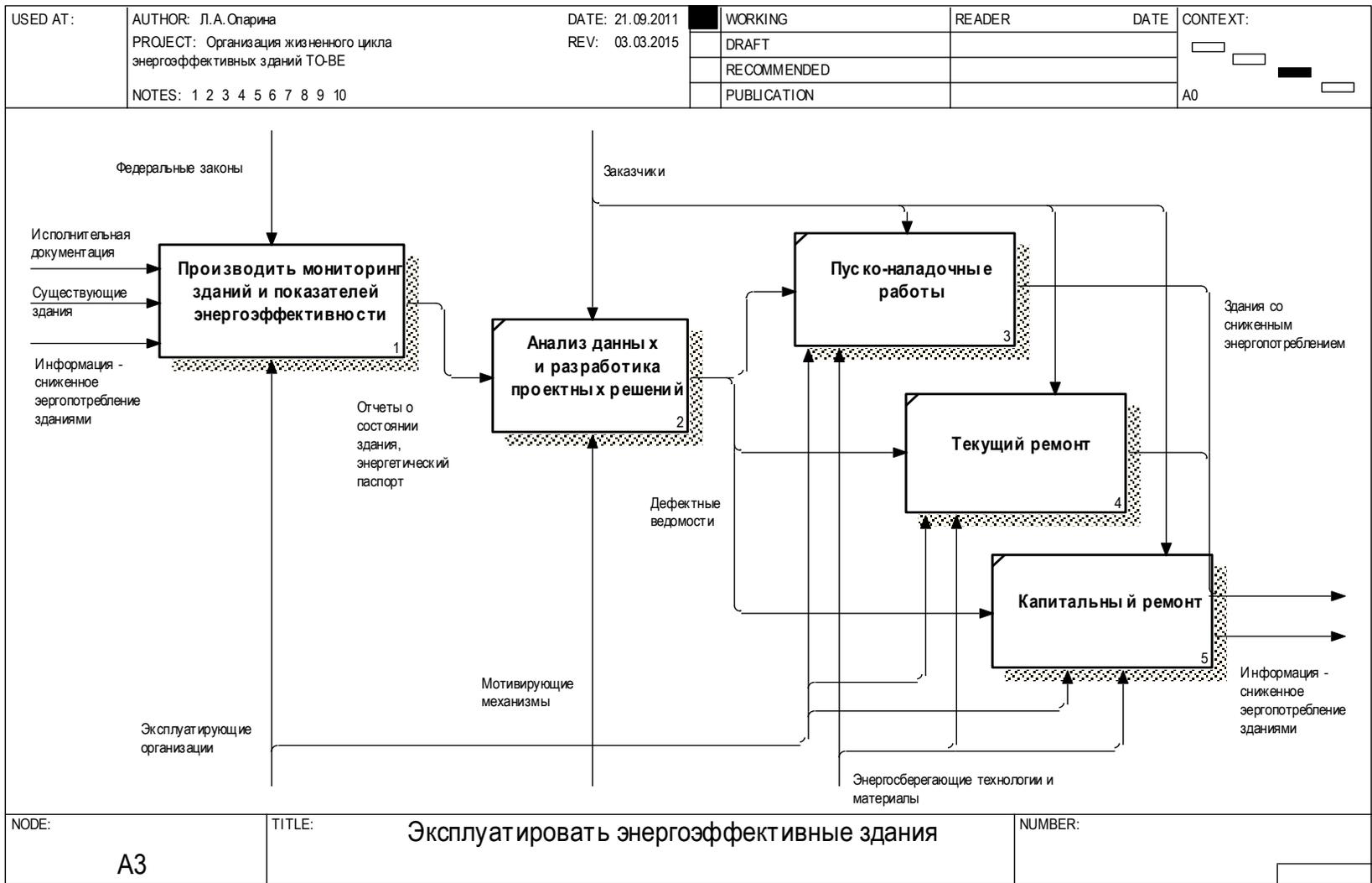


Рисунок 30 – Декомпозиция второго уровня модели «ТО-ВЕ» (блоки А31, А32, А33, А34, А35)

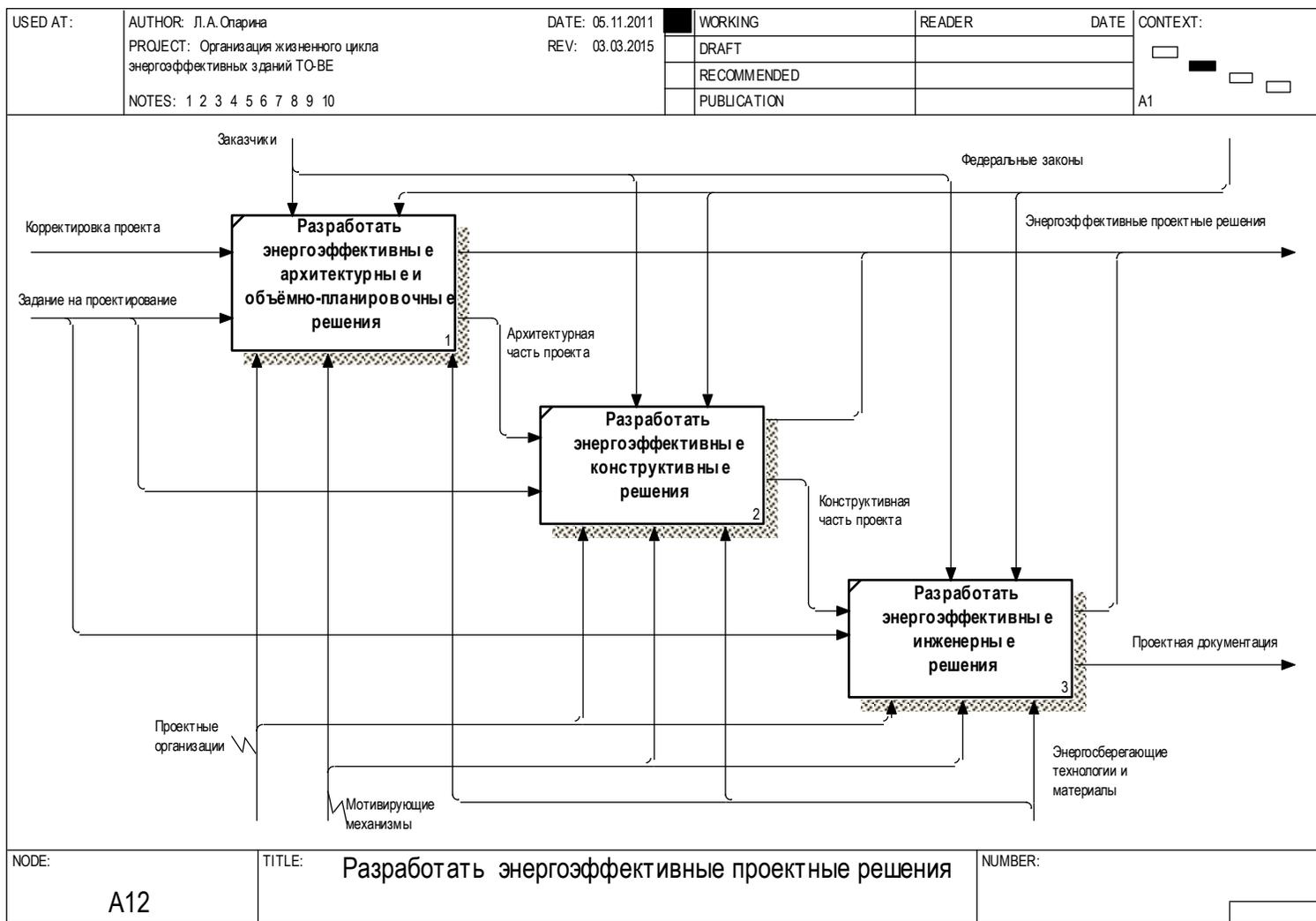


Рисунок 31 – Декомпозиция третьего уровня модели «TO-BE» (блоки A121, A122, A123)

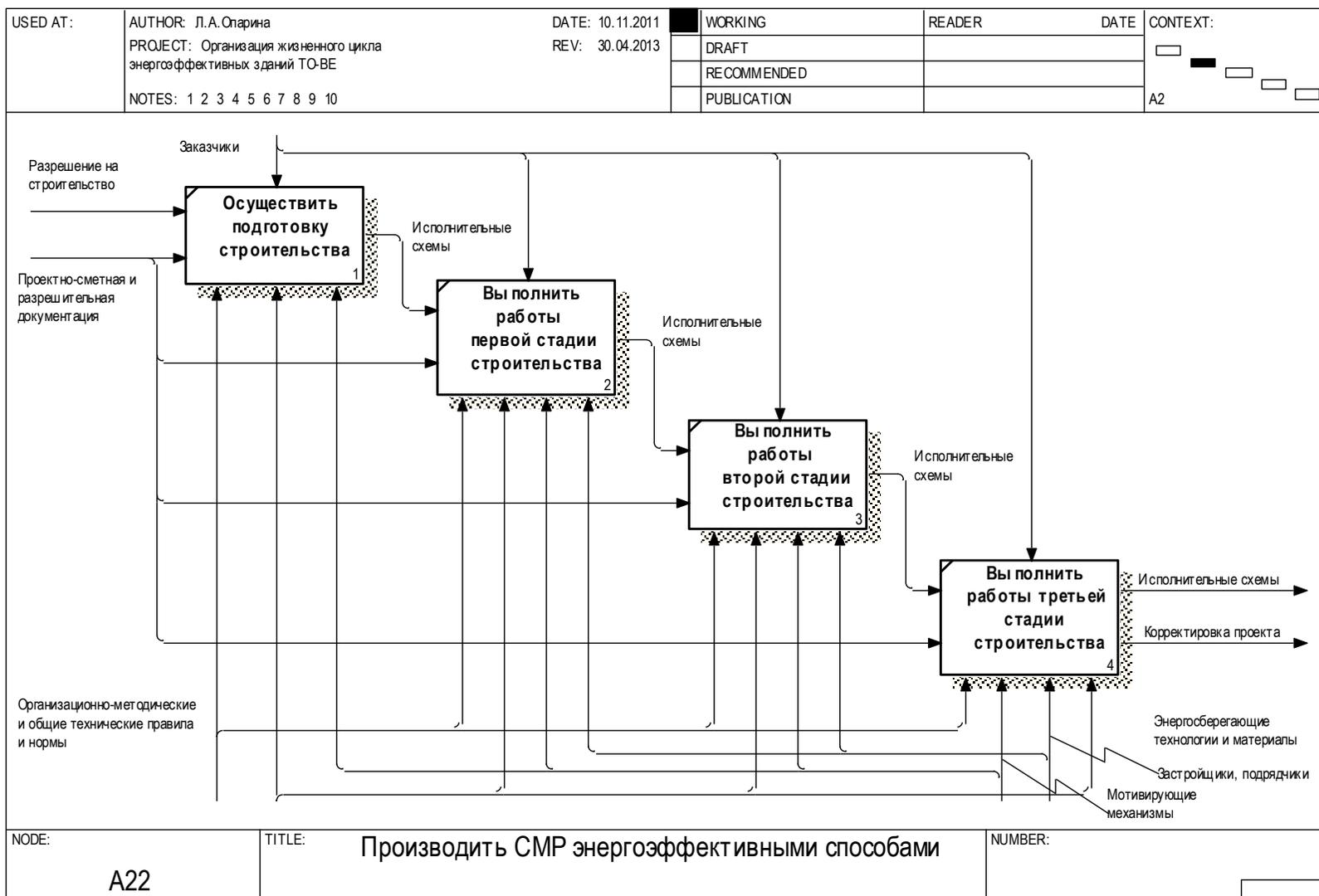


Рисунок 32 – Декомпозиция третьего уровня модели «ТО-ВЕ» (блоки A221, A222, A223, A224)

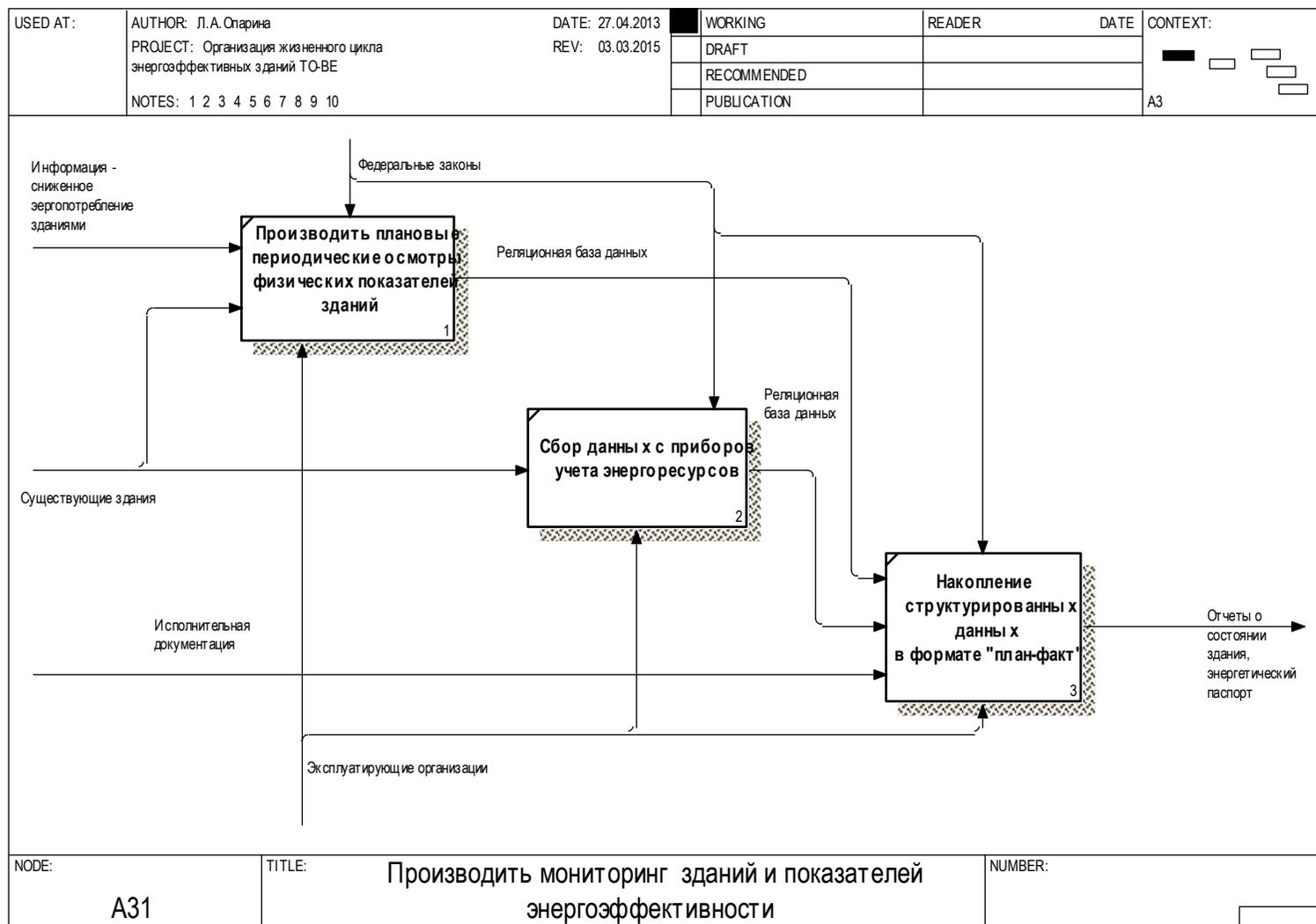


Рисунок 33 – Декомпозиция третьего уровня модели «ТО-ВЕ» (блоки А331, А332, А333)

USED AT:	AUTHOR: ЛАОпарина	DATE: 30.04.2013	WORKING	READER	DATE	CONTEXT: TOP A-0
	PROJECT: Организация жизненного цикла энергоэффективных зданий TO-BE	REV: 30.04.2013	DRAFT			
			RECOMMENDED			
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		PUBLICATION			

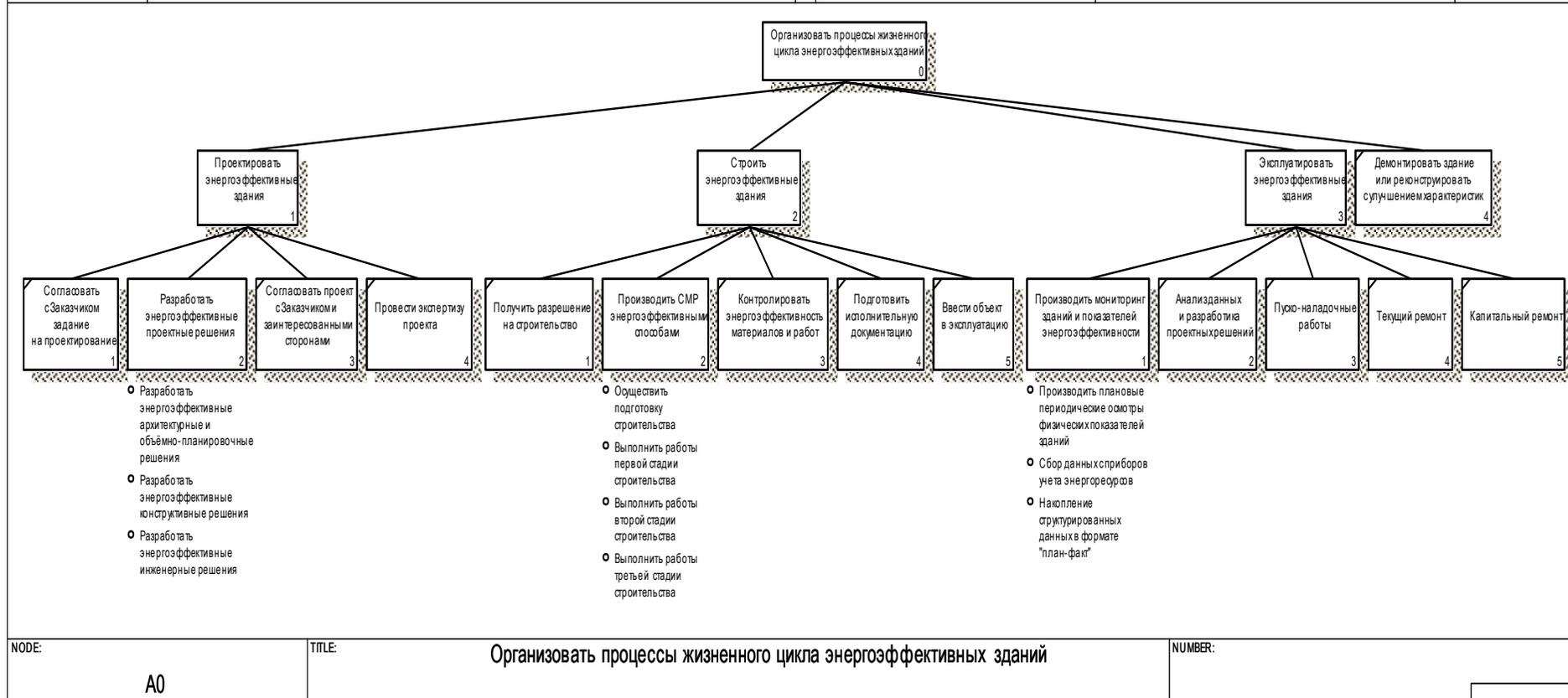


Рисунок 34 – Диаграмма дерева узлов функциональной модели «ТО-ВЕ»

Report for Diagram: A-0, Организовать процессы жизненного цикла энергоэффективных зданий
 Activity Name: Организовать процессы жизненного цикла энергоэффективных зданий
 Activity Definition: Проектировать, строить и эксплуатировать здания с уровнем энергопотребления не ниже класса B.
 Activity Author: Л.А.Опарина
 Activity Status: WORKING
 Object Type: Activity
 Activity Number: A0
 Link Name: Информация – существующее энергопотребление зданиями
 Link Name: Энергосберегающие технологии и материалы
 Link Definition: Энергосберегающие планировочные, конструктивные и инженерные решения, энергосберегающие строительные технологии и современные энергоэффективные строительные материалы
 Link Note: Выбор материалов и конструкций, оборудования, обеспечивающих оптимальное расходование энергоресурсов в конкретной ситуации на всех стадиях жизненного цикла зданий: эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий, стеклопакеты для заполнения оконных проемов, трубы из полимерных материалов для инженерных сетей и др.
 Link Name: Федеральные законы
 Link Definition: Федеральные законы, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию энергоэффективных зданий.
 Link Note: Федеральный закон № 261–ФЗ от 23 ноября 2009 г. "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
 Федеральный закон № 384–ФЗ от 31.12.09. "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
 Link Name: Организационно–методические и общие технические правила и нормы
 Link Definition: СНиПы, ГОСТы, ТСН, методические рекомендации, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию энергоэффективных зданий
 Link Name: Существующие здания
 Link Definition: Существующие здания должны быть реконструированы с целью снижения энергопотребления и роста энергоэффективности
 Link Note: Вводимое в эксплуатацию при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте здание должно быть оборудовано инженерными системами, указанными в приказе Минэкономразвития № 262.
 Link Name: Проекты зданий
 Link Definition: Задание на проектирование, исходные документы и материалы
 Link Note: Обоснование инвестиций для строительства объекта; решение местного органа исполнительной власти о согласовании места размещения объекта; сведения о проведенных с общественностью обсуждениях решений о сооружении объекта; технические условия на присоединение объекта к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям; материалы, характеризующие социально –экономическую обстановку, природную среду, санитарно–эпидемиологические условия в районе строительства и другие материалы для производства проектных и изыскательских работ
 Link Name: Мотивирующие механизмы
 Link Definition: Механизмы, мотивирующие проектные, строительные и эксплуатирующие организации на достижение зданиями необходимого уровня энергоэффективности
 Link Note: Экономическое стимулирование строительных организаций и проектировщиков органами администраций субъектов РФ для достижения классов энергоэффективности А и В
 Link Name: Заказчики
 Link Name: Застройщики, проектные и эксплуатирующие организации
 Link Name: Чистая строительная площадка
 Link Name: Строительные материалы для рециклинга или утилизации
 Link Name: Здания с улучшенными энергетическими характеристиками

Рисунок 35 – Отчёт по функциональной модели «Организация процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий» («ТО-ВЕ»)

В результате моделирования получена новая функциональная модель организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий, представляющая собой организационную систему взаимодействия участников процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий в рамках существующей нормативно-методической документации. Проведено моделирование в программе VPwin.

Новизна созданной функциональной модели состоит в том, что впервые создано графическое представление организационных процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий в методологии IDEF0, с учётом нормативно-правового поля строительной отрасли РФ. Модель показывает взаимосвязь основных процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, входные и выходные потоки, управляющее воздействие и механизмы функционирования процессов. Модель обеспечивает системный подход к процессам организации проектирования, строительства, эксплуатации и окончания жизненного цикла энергоэффективных зданий. На основе созданной модели существующей системы процессов организации жизненного цикла зданий «AS-IS» проанализированы и улучшены основные процессы организации проектирования, строительства и эксплуатации, и на основе анализа создана модель «TO-BE», использование которой позволит системно реализовать реформу строительной отрасли в сторону повышения энергоэффективности зданий на всех стадиях жизненного цикла. С помощью модели автором предлагается перераспределить центры ответственности, внедрить мотивирующие механизмы, процессы демонтажа и план-фактный анализ энергоёмкости основных процессов жизненного цикла зданий. Созданная модель организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий может быть использована в последующих научных исследованиях в области организации строительного производства, в качестве базиса при формировании технических заданий на выполнение ФЦП, целевых программ, финансируемых Государственными корпорациями, а также в учебной практике соответствующих факультетов вузов экономического и архитектурно-строительного профиля.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

4.1. Выявление проблем в системе показателей энергетической эффективности зданий, отражаемых в нормативных правовых и программно-методических документах

Неотъемлемой частью процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий являются показатели энергоэффективности, виды и требуемые значения которых определены в нормативно-методических документах. В настоящее время энергоэффективность зданий в России оценивается по степени их соответствия нормативным удельным показателям расхода тепла на единицу площади или объёма жилых и общественных зданий. Разрабатываемые с 1990-х годов на федеральном и региональном уровне нормативные документы содержат различные показатели оценки энергетической эффективности зданий, имеющие различное содержание и единицы измерения. В отечественных и зарубежных научно-методических работах и регламентах [109, 29, 240, 57, 126, 130, 121, 29] разработано значительное количество методических подходов к определению показателей энергетической эффективности зданий. Большинство показателей, как правило, лимитированы одним из видов энергетических ресурсов или не позволяют оценить здание как единую энергетическую систему. Общие требования к энергоэффективности зданий определены в законе № 261-ФЗ. В нём указано, что в течение пяти лет с момента ввода здания в эксплуатацию застройщик должен обеспечивать выполнение указанных требований. Однако основным мотивом застройщиков и собственников к достижению зданиями определённого класса энергетической эффективности является экономия денежных средств на энергетические ресурсы, потребляемые зданиями, а не достижение показателя физического расхода энергетических ресурсов, являющегося понятным лишь узкому кругу специалистов. Таким обра-

зом, становится необходимым получение показателя, интегрирующего все энергетические расходы здания и позволяющего оценить их как в натуральном, так и в стоимостном выражении.

Согласно принципа нормирования тепловой защиты зданий, разработанного Госстроем РФ в 1994 году, в основу энергетической эффективности зданий положены нормируемые величины удельной потребности в тепловой энергии на отопление (или охлаждение) и вентиляцию зданий. Удельная потребность в тепловой энергии определяется количеством тепла, необходимого для отопления помещений здания в течение отопительного периода, которое необходимо отнести к общей отапливаемой площади или к отапливаемому объему здания и к градусо-суткам отопительного периода. Идея разработки такого параметра относится к 1994 году, когда этот новый параметр был предложен в качестве основного норматива в модели стандарта по энергетической эффективности зданий. Эта модель и соответствующие ей региональные нормы по тепловой защите зданий была разработана НИИСФ РААСН и ЦЭНЭФ с участием Общества по защите природных ресурсов. По этому новому принципу регламентируются требования не к отдельным частям здания (стены, перекрытия, окна и т. д.), формирующим тепловой баланс здания, а к зданию в целом с энергетической точки зрения. Такой энергетический параметр формируется теплозащитой здания, архитектурными, объемно-планировочными и компоновочными решениями, системами отопления и вентиляции, дополнительными теплопоступлениями, учетом эффективности систем теплоснабжения и климатическими параметрами [29].

В 1999 году были разработаны и введены в действие государственные стандарты энергетической эффективности, призванные системно упорядочить активно развивающиеся процессы нормативно-методического обеспечения энергосбережения на федеральном, региональном (субъектов Российской Федерации), ведомственном и локальном уровнях с использованием принципов, учитывающих рыночные условия хозяйствования. Основные показатели энергетической эффективности перечислены в ГОСТ Р 51541-99 «Энергетическая эффективность. Состав

показателей», который устанавливает три группы показателей энергоэффективности: показатели эффективности продукции, показатели эффективности производственных процессов и удельные показатели [57]. Однако данные показатели не формализованы, для зданий не конкретизированы, кроме того, работа по отражению этих показателей в СНиП даже не начиналась. Кроме этого, приведённая в ГОСТ 51541-99 классификация показателей энергетической эффективности не может быть в полной мере отнесена к зданиям, так как не учитывает специфики здания с точки зрения энергетической эффективности.

В ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения» [55] установлены показатели энергоэффективности, часть из них рекомендована СНиП для оценки энергоэффективности зданий. Так, базовый по энергетической эффективности СНиП 23-02-2003 устанавливает показатели энергоэффективности, основным из которых является показатель q_h^{reg} , рассчитываемый в $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ или $[\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})]$. Данный показатель является основным при определении класса энергетической эффективности зданий. В актуализированной версии данного СНиП (СП 50.13330.2012) основным показателем является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^p$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$. Однако, несмотря на то, что данный показатель обеспечивает свободу при выборе проектных решений и возможность контроля энергопотребления при эксплуатации зданий, апробирован и применяется в настоящее время, он не мотивирует застройщиков и собственников зданий на внедрение мероприятий по повышению класса энергетической эффективности зданий, так как не имеет стоимостного выражения. Кроме этого, данный показатель не учитывает все виды энергетических ресурсов, потребляемых и производимых зданием.

Наиболее полная методика оценки энергопотребления зданий, позволяющая учитывать все основные виды энергозатрат и их снижение за счет применения практически любых известных энергосберегающих мероприятий, содержится в общественном Стандарте РНТО строителей и РОИС «Строительная теплофизика.

Нормы проектирования ограждающих конструкций зданий, строений и сооружений». Стандарт введен в действие с 1 января 2006 г. и является документом добровольного применения [140]. В качестве показателя энергоэффективности Стандарт РНТО предлагает показатель энергетической эксплуатационной характеристики зданий. Показатель выражается в кВт·ч/(м²·год) (либо м³·год). Однако, несмотря на то, что в данном показателе учтены многие виды энергетических ресурсов, считаем, что он не может служить стимулом для собственников зданий к энергосбережению, так как содержит сложный алгоритм расчёта, понятный только узкому кругу профессионалов, которыми собственники эксплуатируемых зданий могут не явиться. Данным стимулом может служить предлагаемый стандартом РНТО показатель экономически целесообразного оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий, который может быть определён на всех стадиях жизненного цикла зданий. Однако данный показатель ориентируется только на толщину дополнительного слоя утеплителя и связанного с ним экономически целесообразного сопротивления теплопередаче и не учитывает другие возможности повышения энергетической эффективности зданий. Кроме этого, показатели энергетической эксплуатационной характеристики зданий, экономически целесообразного сопротивления теплопередаче, предлагаемые Стандартом РНТО и показатель, применяемый для присвоения зданиям класса энергоэффективности по СНиП 23-02-2003, не взаимосвязаны между собой.

Появляющиеся в нормативно-методических документах показатели энергоэффективности зданий после 2006 г. по настоящее время не являются принципиально новыми и характеризуют энергетическую эффективность зданий согласно концепции СНиП 23-02-2003. Показатель удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период претерпел модификацию и преобразовался в показатель удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом солнечной радиации через светопроемы и тепловыделений от искусственного освещения и бытовых приборов. Таким образом, в данном показателе учтены основные, однако не все виды энергоресурсов. Новые показатели

энергоэффективности зданий в отношении всех видов энергоресурсов лишь упомянуты в Плане действий Правительства по реализации положений Закона № 261-ФЗ. Актуализированный СП 50.13330.2012 содержит более подробный показатель энергоэффективности, однако он, как и остальные принятые показатели, не учитывает расход энергоресурсов зданиями в течение всего жизненного цикла, что является актуальнейшей задачей развития строительной отрасли в настоящее время. Показатели расхода энергоресурсов зданиями (показатели энергоёмкости зданий) являются ключевыми в системе стандартизации ЕС, основанной на Директиве по энергетическим характеристикам зданий (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) (2010/31/ЕС).

В Европе в качестве критерия, характеризующего энергетическую эффективность зданий, большинство стран используют затраты первичной энергии, выражаемой, как правило, в кВт·ч/м² в год (в Италии в кВт·ч/м³ в год). Только Великобритания и Румыния используют в качестве критерия энергоэффективности количество выбросов CO₂ (в Великобритании ведутся обсуждения о возможности перехода на использование в качестве критерия затрат первичной энергии) [219]. В европейских странах энергоёмкость зданий оценивается не только по критерию тепловой защиты наружных ограждающих конструкций и энергоёмкости систем ИТО, но и оценку энергоресурсов в процессе эксплуатации здания, в том числе тепловой энергии на отопление, вентиляцию и ГВС, с учётом электроэнергии на работу систем здания.

Важно также понимание того, что энергоэффективность зданий и сооружений – это экономически целесообразное энергосбережение, т.е. показатель, характеризующий оптимизацию стоимости жизненного цикла (life cycle cost), включая первоначальные затраты на его жизнеобеспечение, на эксплуатацию, в том числе энергетические ресурсы, и на экологические издержки. Срок службы здания нередко составляет 100 лет и более, и поэтому стоимость его жизненного цикла должна учитывать прогнозы изменения энергетических ресурсов и их стоимости [206].

Исследование эволюции показателей энергоэффективности, проведённое автором [172, 188], позволило сделать вывод о том, что энергетическая эффективность зданий в настоящее время в России определяется расходом всех энергетических ресурсов на обеспечение комфортного микроклимата, а также минимизацией затрат на энергетические ресурсы. Предлагаемые показатели либо учитывают удельный расход только тепловой энергии, либо не формализованы и не конкретизированы для зданий. Существующие методики оценки энергопотребления зданий являются достаточно громоздкими и неудобными для использования и, кроме того, не учитывают расход холодной воды как вида энергоресурса, а также необходимые для определения энергетической эффективности поступления энергии от солнца, ветра, земли, теплопоступления от людей и бытовых приборов, и т.п. В связи с этим становится необходимым разработка показателя, рационально сочетающего виды энергетических ресурсов, потребляемых зданием как единой энергетической системой и обеспечивающего рост энергетической эффективности. Энергетические ресурсы зачастую взаимозаменяемы и имеют свои характеристики в виде энергии, степени загрязнения окружающей среды, стоимости приобретения, использования и утилизации, опасности и трудоемкости использования и т.п. При этом ключевой характеристикой является экономическая целесообразность использования того или иного вида энергоресурса в зданиях, так как использование источников энергии определяется множеством факторов, в числе которых наличие технических условий для подключения к инженерным сетям, географическое расположение зданий, климатические условия района строительства и т.д. Кроме того, такие абстрактные характеристики использования энергетических ресурсов как безопасность, эргономичность, загрязнение окружающей среды и прочие также могут быть оценены в стоимостном выражении. Таким образом, к энергоэффективности зданий нужно подходить системно и применять не только эффективные, но и экономически целесообразные технологии. Ключевым моментом для достижения указанной сбалансированности является учёт всех видов энергетических ресурсов. Кроме этого, актуальной остаётся проблема разработки показателя, учитывающего

энергопотребление зданиями в течение всего жизненного цикла. Анализ существующих в настоящее время показателей энергетической эффективности говорит о том, что учёт энергетических ресурсов только на стадии эксплуатации является узким местом, которое лимитирует движение к точному учёту всех видов потребляемых и производимых зданием энергетических ресурсов. Этим определяется актуальность разработки универсального, интегрирующего все энергетические ресурсы, показателя, учитывающего энергопотребление на всех стадиях жизненного цикла зданий с учётом энергозатрат на ремонтные работы, демонтаж и утилизация строительных материалов или их рециклинг после завершения демонтажа.

4.2. Классификация показателей энергетической эффективности зданий

Наличие большого количества факторов, влияющих на энергетическую эффективность зданий, а также необходимость учёта всех видов энергетических ресурсов, потребляемых и производимых зданием как единой энергетической системой, обусловили необходимость анализа и классификации показателей энергетической эффективности зданий. С целью формирования классификации автором проанализирована эволюция показателей, регламентирующих энергетическую эффективность зданий с момента появления первых показателей в 1999 году до нашего времени, представленная в таблице 10.

Таблица 10 – Эволюция показателей энергетической эффективности зданий

Источник	Наименование показателя
МГСН 2.01-99	Удельный расход тепловой энергии системой отопления проектируемого здания за отопительный период
	Приведенное сопротивление теплопередаче для ограждающих конструкций
ГОСТ Р 51387-99	Показатель энергетической эффективности: абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса

Продолжение таблицы 10

	Коэффициент полезного использования энергии: отношение всей полезно используемой в хозяйстве энергии к суммарному количеству израсходованной энергии в пересчете ее на первичную
ГОСТ Р 51541-99	Нормируемые показатели энергетической эффективности продукции, которые вносятся в государственные стандарты, технические паспорта продукции, техническую и конструкторскую документацию
	Показатели энергетической эффективности производственных процессов, которые вносятся в стандарты и энергопаспорта предприятий
	Показатели (индикаторы) реализации энергосбережения (отражаются в статотчетности, нормативных правовых и программно-методических документах)
ГОСТ Р 51379-99	Установленная мощность потребителей электроэнергии по направлениям использования
СНиП 23-02-2003	Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания
	Санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы
	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя
СТО 17532043-001-2005	Энергетическая эксплуатационная характеристика зданий

Окончание таблицы 10

Положение Правительства РФ № 87 от 16 февраля 2008 г.	Показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении и сооружении
ФЗ № 261 от 23.11.2009.	Показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении
Приказ Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 г.	Удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом солнечной радиации через светопроемы и тепловыделений от искусственного освещения и бытовых приборов
	Годовое электропотребление на искусственное освещение и бытовые нужды
	Общие годовые удельные расходы конечных видов энергоносителей
Приказ Минрегионразвития № 273 от 07 июня 2010 г.	Целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде
СП 50.13330.2012	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания
	Удельная теплозащитная характеристика здания
	Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Таким образом, эволюция показателей энергетической эффективности демонстрирует переход от учёта только тепловой энергии, потребляемой зданиями за отопительный период к учёту практически всех видов энергетических ресурсов. Очевидно, что показатели энергетической эффективности зданий должны учитывать не только количество потребляемых энергетических ресурсов, но и виды и методы измерения показателей, стадии жизненного цикла зданий, целостность и тип зданий. Указанные направления учёта приняты за основу предлагаемой автором классификации показателей энергетической эффективности зданий, представленной на рисунке 36.

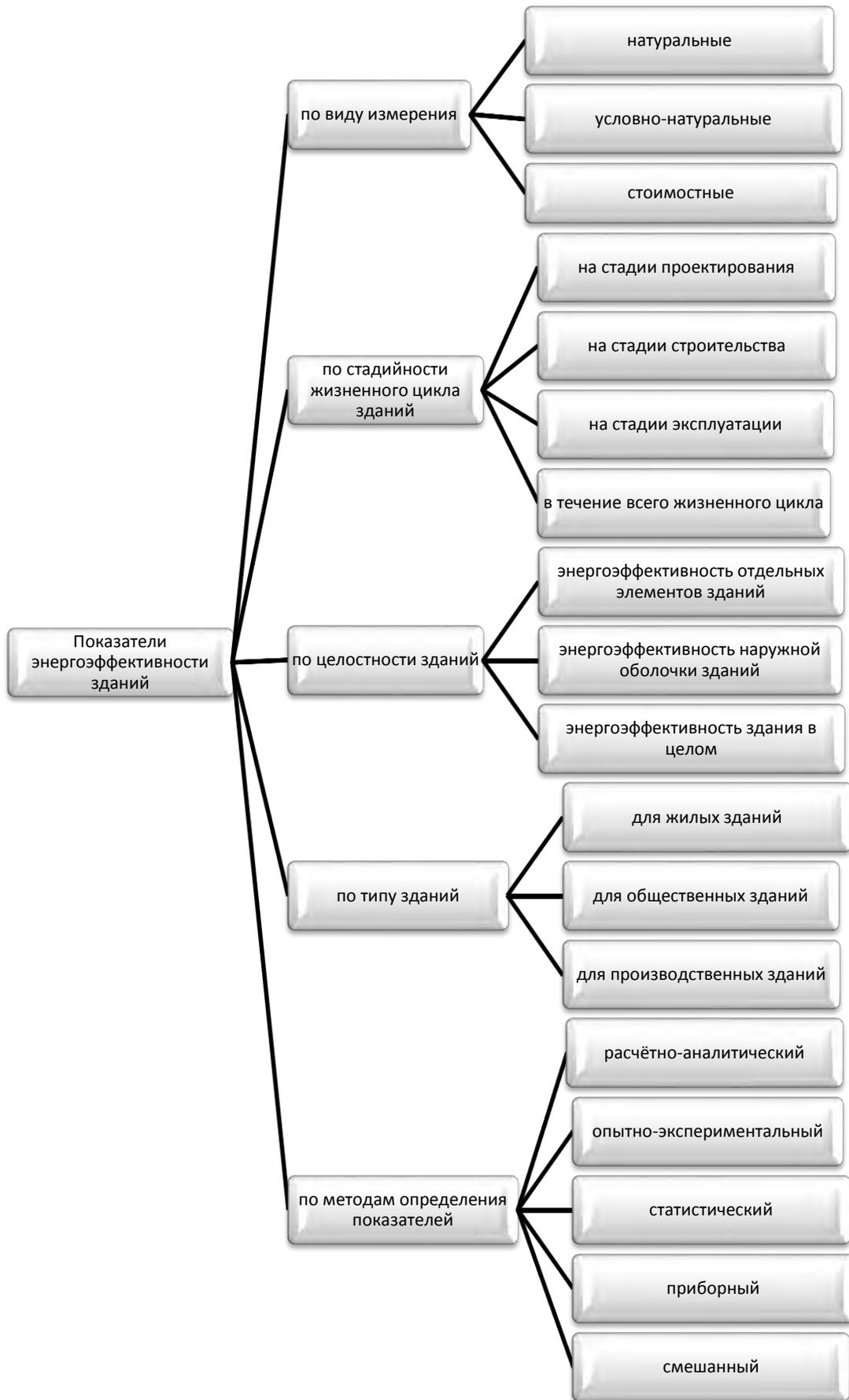


Рисунок 36 – Классификация показателей энергоэффективности зданий

Предлагаемые классификационные признаки группировки показателей оценки энергетической эффективности зданий позволяют оценивать здания как единые энергетические системы, учитывают типы зданий, позволяют достичь необходимого уровня энергетической эффективности зданий на стадии проектирования, контролировать их на стадии строительства и управлять ими на стадии эксплуатации. Новизна предлагаемой классификации состоит в том, что она охватывает различные способы измерения показателей энергоэффективности зданий, как рекомендованных существующими нормативно-правовыми актами, так и находящихся в перспективной разработке. Кроме этого, отдельно в данной классификации рассмотрены показатели, учитывающие как энергоэффективность всего жизненного цикла зданий, так и отдельных стадий. Таким образом, предлагаемая классификация является динамичной, и может быть дополнена новыми группировочными признаками показателей энергоэффективности зданий. Сформированная классификация показателей энергетической эффективности зданий учитывает различные типы и структуру зданий, стадии жизненного цикла, методы и виды измерения показателей.

4.3. Обоснование и формализация интегрального показателя энергетической эффективности зданий

Оценка энергоэффективности зданий в настоящее время производится разными способами. В законе № 261-ФЗ под энергетической эффективностью понимаются характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта. Указывается, что в здании, строении, сооружении энергетическая эффективность должна измеряться удельной величиной расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Данный показатель в отечественной практике является основополагающим, и определять его следует по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», актуализация которого осуществлена в настоящее время как СП 50.13330.2012. Согласно данным СНиП удельный

(на 1 м² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений [или на 1 м³ отапливаемого объема]) расход тепловой энергии на отопление здания q_{des}^h , кДж/(м²·°С·сутки) [или кДж/(м³·°С·сутки)], должен быть меньше или равен нормируемому значению q_{reg}^h , кДж/(м²·°С·сут) [или кДж/(м³·°С·сут)], и определяться путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления:

$$q_{des}^h = 10^3 * Q_h^y / (A_h * D_d) \text{ или } q_{des}^h = 10^3 * Q_h^y / (V_h * D_d) \quad (1)$$

где Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м²;

V_h – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

D_d – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

По интервалам значений удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период СНиП 23-02-2003 устанавливает градацию классов энергетической эффективности здания [235].

Уточнённая формула данного показателя приведена в СП 50.13330.2012. Данный документ устанавливает, что показателем энергетической эффективности жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации, является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м³ отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С, q_{om} , Вт/(м³·°С). Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, q_{om}^{mp} , Вт/(м³·°С), определяется с учетом климатических условий района строительства, на основе выбранных объемно-плани-

ровочных решений, ориентации, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы вентиляции здания, а также применения других энергосберегающих решений по формуле:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) * v * \zeta] * (1 - \xi) * \beta_h \quad (2)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C);

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°C);

$k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°C);

$k_{рад}$ – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C);

ξ – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi = 0,1$;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения;

v – коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций;

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления.

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемого значения $q_{от}^{mp}$, Вт/(м³·°C):

$$q_{от}^p \leq q_{от}^{mp} \quad (3)$$

где q_{om}^{mp} – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³·°С), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий [214].

Российское научно-техническое общество Строителей в стандарте СТО 17532043-001-2005 «Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий» рекомендует в качестве обязательной эксплуатационной энергетической характеристики вновь проектируемых, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий принимать удельные энергозатраты, кВт·ч/(м²·год), отапливаемой площади или, кВт·ч/(м³·год), отапливаемого объема:

$$q = (Q_{расх} - Q_{mn}) * \frac{10^3}{F_{om}}, \quad (4)$$

где $Q_{расх} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ – теплопотери зданий теплопроводностью и дополнительные энергозатраты, МВт·ч/год, соответственно на подогрев инфильтрующегося холодного воздуха, горячее водоснабжение, электропотребление инженерных систем, на освещение помещений, а также электробытовыми приборами;

Q_{mn} – теплоступления от людей, электробытовых приборов и солнечной радиации через световые проемы, МВт·ч/год;

F_{om} – отапливаемая площадь здания, м².

Приведённые показатели не противоречат друг другу, существенной разницей в них является учёт разных видов энергии: в (1) учитывается только тепловая энергия на отопление здания, во (2) и (4) основные виды энергоресурсов, но при этом в показателе (4) не учитываются градусо-сутки отопительного периода. Несмотря на то, что данные показатели общепризнаны, они не стимулируют собственников зданий к энергосбережению, так как не могут быть получены в стоимостном выражении, что, по мнению автора, является их недостатком. Кроме этого, данные показатели не учитывают энергопотребление зданиями в течение всего жизненного цикла.

Проводимая в настоящее время в России актуализация строительных норм и правил (в соответствии с законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании») направлена, в том числе, на изменение требований к энергосбережению и энергетической эффективности зданий. По мнению ведущих российских учёных [105, 30, 116] актуализация СНиП в данном направлении должна ориентироваться на системный подход к определению расхода энергетических ресурсов в здании, то есть учитывать суммарные удельные годовые расходы тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, в том числе отдельно нормировать расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Кроме этого, необходимо установить нормируемые границы для этих показателей, а также нормировать расход электроэнергии на общедомовые нужды.

В отечественных и зарубежных научных работах разработано значительное количество методических подходов к определению показателей энергетической эффективности зданий. Большинство показателей, как правило, лимитированы одним из видов энергетических ресурсов или не позволяют оценить здание как единую энергетическую систему [5]. Показатели, применяемые в настоящее время, подходят для расчёта энергоэффективности зданий только на стадиях проектирования и строительства, а на стадии эксплуатации зданий постоянное вычисление их не имеет экономического смысла. По мнению автора, их применение недостаточно для мотивации собственников к повышению уровня энергоэффективности зданий. Основным мотивом собственников зданий является экономия денежных средств на оплату энергетических ресурсов, потребляемых зданиями, а не достижение показателя физического расхода энергетических ресурсов, являющегося понятным лишь узкому кругу специалистов. При этом важнейшим фактором является снижение издержек строительства и контроль цен [197]. Очевидно, что должен быть внедрён механизм мотивации собственников зданий к энергосбережению, управлять которым должно государство посредством регулирования цен на энергоресурсы. Реализация данного механизма требует разработки адекватного и понятного показателя энергетической эффективности зданий.

С методологической точки зрения при разработке системы показателей энергоэффективности зданий целью является экономия энергоресурсов, потребляемых зданиями без потери необходимого уровня комфортности. Данная цель предполагает решение следующих задач:

1) Разработка и формализация показателей – их не должно быть слишком много, система должна быть сбалансированной для того, чтобы достаточно легко производить их мониторинг, предполагающий учёт и энергоресурсов и накопление данных для репрезентативной выборки зданий. За основу можно использовать классификацию показателей энергетической эффективности зданий, представленную на рисунке 40.

2) Мониторинг, обработка собранных данных – при разработке системы показателей энергетической эффективности зданий необходимо провести статистический анализ, факторный АВС анализ, сформировать «коридоры» энергоэффективности, т.е. интервалы, в пределах которых они должны находиться.

3) Установление нормативных показателей на основе п. 2, с учетом регионов, типов зданий и других особенностей природно-климатических и социальных условий территорий застройки – при этом можно использовать данные СНиП по климатологии и геофизике.

4) Расчёт показателей на всех стадиях жизненного цикла здания, с учётом жизненного цикла строительных материалов и конструкций, проведения ремонтных работ, работ по демонтажу здания и утилизации строительных материалов после ремонтов и демонтажа или их рециклинг.

5) Вышеперечисленные пункты необходимо выполнить для принятой системы показателей. Так как дальнейшая разработка системы мотивации собственников является достаточно сложной и может привести к статистически незначимым результатам, на этом этапе становится необходимым введение интегрального показателя, который должен быть единым для всех, возможно с поправочными коэффициентами. В качестве измерителя данного показателя возможно использовать норматив расходов на энергоресурсы в тоннах условного топлива на 1 кв.м. общей

площади здания, или 1 куб. м. строительного объёма здания, или норматив площади на одного человека, или уровень среднедушевого дохода. Плановые значения норматива можно устанавливать по формуле с учётом существующих тарифов на энергоресурсы для конкретного региона с поправкой на СНиП «Строительная климатология и геофизика».

- 6) Разработать интегральный показатель, для типов зданий, районов, муниципалитетов, регионов.
- 7) Разработать систему мотивации на достижение интегрального показателя.
- 8) Разработать систему отчетности для выполняющих или не выполняющих условия системы мотивации.
- 9) Разработать систему контроля уровня интегрального показателя энергетической эффективности зданий.

Основным преимуществом интегрального показателя является то, что при его расчёте отсутствует необходимость вычленения затрат различных видов энергоресурсов в общем энергопотреблении зданиями и введения вследствие этого разных коэффициентов приведения к единому энергетическому знаменателю. Предлагаемый показатель учитывает, в том числе изменение структуры и объемов потребления энергетических ресурсов. Отсутствует погрешность вычислений, учитываются все виды энергоресурсов, даже такие, как сложно определить (например, теплоступления от людей и бытовых приборов). Кроме этого, выражение в тоннах условного топлива или в рублях является доступным для всех собственников зданий, в отличие от физических измерителей, понятных только узкому кругу специалистов. По мнению А.В. Богданова энергоёмкость необходимо считать только в тоннах условного топлива [т.у.т.] Именно незнание технологии производства и потребления энергии, и расчеты, приведенные в [кВт], и в [Гкал] а не в [т.у.т.] приводит к ошибкам, отличающимся по топливу до 7,2 раз [22]. Автором предлагается следующий организационный механизм внедрения интегрального показателя энергоэффективности зданий (рисунок 37).

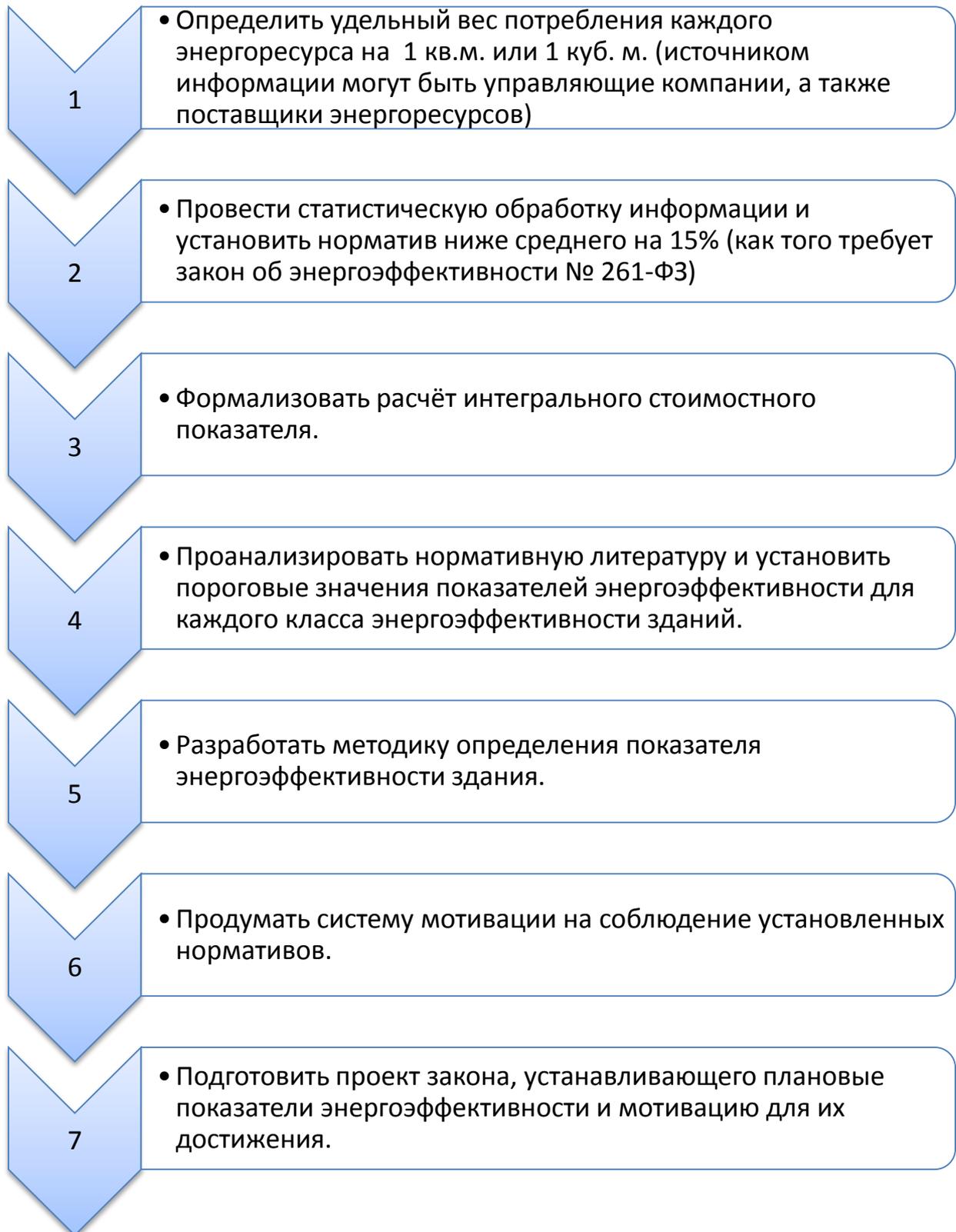


Рисунок 37 – Организационный механизм внедрения интегрального показателя энергоэффективности зданий

Предлагаемый интегральный показатель энергетической эффективности зданий направлен на минимизацию расхода энергетических ресурсов и должен также войти в систему основных технико-экономических индикаторов, как и величина «продуктовой корзины», по которой определяется стоимость прожиточного минимума. Учитывая, что энергоэффективность поставлена в авангарде стратегии инновационного развития России, необходимо рассчитывать его поквартально для оценки эффективности деятельности управляющих компаний, балансодержателей общественных зданий и определения лимитов энергоресурсов для предприятий, а проектировщики, строители и собственники зданий должны ориентироваться на предлагаемый показатель с целью достижения минимизации расхода зданиями энергетических ресурсов.

Автор не претендует на замену существующей системы показателей энергетической эффективности зданий на предложенный интегральный показатель, однако он может занять своё место в системе, войти в «Перечень целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности», указанный в Постановлении Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» и широко применяться в условиях расчёта энергоэффективности зданий, особенно собственниками на различных этапах жизненного цикла для оценки экономичности решений.

Интегральный показатель энергоэффективности в общем виде может быть выражен следующей формулой:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_{\text{баз}}}{I_{\text{жц}}}, \quad (5)$$

где $I_{\text{жц}}$ – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла здания;

$I_{\text{баз}}$ – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла по базовому (или наилучшему из альтернативных) варианту.

Расходы энергоресурсов в течение жизненного цикла здания представляют собой энергоёмкость здания и могут быть выражены как в натуральных (т.у.т.), так и в стоимостных единицах измерения:

$$I_{\text{жц}} = \sum_{j=1}^s a_j \quad (6)$$

где a_j – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла здания;

$j=1..s$ – стадии жизненного цикла здания.

После расчёта энергопотребление соотносится с базовым или нормативным или наилучшим вариантом и таким образом, формируется интегральный показатель энергоэффективности. Из расчёта показателя можно получить различные целевые показатели путём отношения энергозатрат к площади или строительному объёму здания. Достижение целевых показателей способствует выбору различных организационно-технических решений на всех стадиях жизненного цикла здания, организовывать процессы таким образом, чтобы достичь необходимого уровня экономии и эффективного использования энергоресурсов. Интегральный показатель энергоэффективности должен быть направлен на снижение затрат энергоресурсов на всех стадиях жизненного цикла энергоэффективного здания посредством принятия различных организационно-технических решений.

Внедрение интегрального показателя энергоэффективности зданий зависит от обязательности его определения на стадии проектирования и контроля на стадии ввода объекта в эксплуатацию и последующей эксплуатации. Существующая практика проведения теплотехнического расчёта, заполнения энергетического паспорта на стадии проектирования зданий. По мнению автора, недостаточна для достижения цели – повышения энергоэффективности вновь строящихся и реконструируемых зданий, так как в процессе организации строительства и производстве строительных работ показатели могут существенно измениться вследствие изменения

условий стройплощадки, замены некоторых строительных материалов, стохастичности строительного производства, необходимостью применения незапланированной технологии и ряда других факторов. Под влиянием указанных факторов удельная величина затрат энергоресурсов на отопление и вентиляцию здания может существенно увеличиться. Таким образом, необходимо ввести контроль изменившихся показателей энергоэффективности при вводе здания в эксплуатацию и сдаче его государственной комиссии. В настоящее время такой контроль отсутствует, разработаны лишь отдельные положения и методики проведения энергетического аудита и заполнения энергетического паспорта здания в момент его ввода в эксплуатацию. К ним можно отнести Постановление Правительства России № 18 от 25 января 2011 года, которые определяют требования к энергоэффективности многоквартирных домов. Согласно п. 13 этих правил: «в гарантийных обязательствах по вводимому в эксплуатацию зданию во всех случаях предусматривается обязанность застройщика по обязательному подтверждению нормируемых энергетических показателей как при вводе дома в эксплуатацию, так и по последующему подтверждению (в т.ч. с использованием инструментальных или расчетных методов) не реже чем 1 раз в 5 лет». Таким образом, застройщик становится обязан подтверждать спроектированные показатели энергоэффективности зданий при вводе в эксплуатацию.

Сложностью с адекватной оценкой существующих показателей энергоэффективности зданий является слабая статистическая поддержка их осуществления, отдельные показатели собираются органами государственной статистики в региональных программах, однако не всегда они являются объективными, следовательно, оценка базовых значений 2007 года затруднена вследствие отсутствия статистического мониторинга за данными показателями в то время. Также затруднительно прогнозировать изменения данных показателей до 2020 г. даже стандартными методами построения прогнозных трендов. Следует отметить, что группа общих целевых показателей Постановления № 1225 полностью игнорирует индикаторы повышения энергоэффективности в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве, на транспорте, а также потребление жидкого топлива, угля и

прочих видов твердого топлива. Например, для регионов, где отсутствует газ, можно оценить только потребление электрической и тепловой энергии.

Целевые показатели энергоэффективности жилищного фонда не учитывают потребление возобновляемых видов энергии, тепловых насосов и энергоэкономичных котлов, также не учитывают потребление энергии бытовыми приборами, системами автоматизации зданий, однако указанные индикаторы используются в России и за рубежом для оценки эффективности использования энергии и воды в жилищном секторе. Кроме того, существующие показатели не учитывают энергопотребления зданием в течение всего жизненного цикла, между тем, энергозатраты на производство основных строительных материалов и конструкций могут быть значительными. В развитых странах в рамках концепции *life cycle analysis* проектируются как строительные материалы, так и конструкции и здания в целом, так как значительные энергозатраты на производство строительных материалов могут вызвать энергозатраты на их замену при ремонте здания, а также на утилизацию строительных материалов после демонтажа. По мнению автора, данная концепция должна применяться и в российском строительстве при организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, при этом учёт затрат энергоресурсов может быть осуществлён на основе предлагаемого интегрального показателя как на стадии строительства здания при принятии организационно-технических решений по экономии энергоресурсов, так и на стадии эксплуатации при планировании ремонтов по показателю затрат энергоресурсов на производство строительных материалов для ремонтов, а также при принятии организационно-технических решений в конце жизненного цикла здания по его реконструкции, либо демонтаже, утилизации или рециклинге строительных материалов. Таким образом, разработанная формула интегрального показателя энергетической эффективности зданий позволяет оценивать энергопотребление зданий и проводить сравнительный анализ различных вариантов энергоёмкости их жизненного цикла.

ГЛАВА 5. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ АГРЕГАТИВНОГО ОПИСАНИЯ ЗДАНИЙ И ИХ СИСТЕМ

5.1. Обоснование применения имитационного моделирования для определения величины энергопотребления зданиями в течение жизненного цикла

Организация строительного производства (проблемы становления, эффективного функционирования и совершенствования производственных процессов, научно-организационные и практические методы и средства решения таких проблем) на этапах жизненного цикла строительных объектов характеризуется сложностью, неопределённостью, наличием огромного количества взаимосвязанных внутренних и внешних факторов, обусловленных, в первую очередь, техническими, организационными, информационными, экономическими, социальными обстоятельствами. Разработка и совершенствование научных, методологических и системотехнических принципов организации производства, исследование и анализ организационных и технических решений на основе широкого использования новых технологий качественно повышает уровень организации производственной деятельности строительных предприятий [106].

Это утверждение в полной мере относится к процессам организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. Энергоэффективное здание – это единая энергетическая система, взаимосвязь архитектурных, конструктивных, инженерных, строительных, технических, организационных, энергетических решений. Современные научные подходы к проектированию энергоэффективных зданий используют методы системного анализа, методы исследования операций, методы моделирования, применение которых требует многовариантных расчётов и обработки большого массива разнородной информации.

При применении системного подхода к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий можно утверждать, что одной из основных проблем является проблема принятия организационно-технических решений, так как имеет место большой уровень неопределённости, стохастичности, многовариантности. Стохастичность, строительного производства вызвана многими факторами: неопределённостью изменения на строительной площадке, альтернативностью выбора подрядных организаций, имеющих разные технологические возможности, неопределённостью в выборе поставщика строительных материалов и конструкций, обусловленная разными логистическими возможностями, неопределённостью изменения климатических условий строительной площадки, неопределённостью поведения людей и хода технологических процессов во введённом в эксплуатацию зданий, изменениями эксплуатационных условий, принятию решений о ремонтах и реконструкции и так далее.

По данным европейского справочного документа по наилучшим доступным технологиям в сфере энергоэффективности [223] для многих технологий целесообразной является оценка затрат и выгод на протяжении всего жизненного цикла. В процессах организации жизненного цикла энергоэффективных зданий существенное значение имеет методология обоснования и оценки организационно-технических решений, направленных на достижение конечного результата – ввода зданий в эксплуатацию с необходимым уровнем энергоэффективности. Необходимость моделирования энергоэффективности обусловлена сложностью здания как энергетической системы, находящейся в непрерывном развитии и взаимосвязи с внешней средой.

Под организационно-техническими решениями понимается конкретное описание технических основ и технологической схемы реализации процессов строительного производства и используемые при этом технические, экономические, нормативно-правовые и прочие мероприятия организационного характера. Существующие в настоящее время документы, регламентирующие организационно-технические в области проектирования, строительства и эксплуатации, посвящены опти-

мизации расходования тепловой энергии, которая является одной из основных составляющих энергопотребления строительных объектов. Так, в [240] предложены методики определения основных расчётных и экономических параметров при оптимизации теплового режима зданий; определения экономической целесообразности применения энергосберегающих мероприятий при оптимизации теплового режима; определение величины капитальных вложений и эксплуатационных затрат на энергосберегающие мероприятия. Важным достоинством предлагаемой экономико-математической модели является её способность определять (с учётом указанных условий) не только экономическую эффективность рассматриваемого энергосберегающего мероприятия в период его разработки или внедрения, но и дать приближённый прогноз о возможности сохранения этой эффективности в последующий период времени.

При разработке и принятии организационно-технических решений повышения энергоэффективности зданий необходимо учитывать региональные особенности. Данный учёт разработан и применён в методиках нормирования зданий, эффективно использующих тепловую энергию, а также подходы к организации строительного производства эффективно использующих тепловую энергию зданий, разработанных НИИСФ РААСН и ЦЭНЭФ [235-237].

Согласно принятой в настоящее время методике определения энергетической эффективности зданий (СНиП 23-02-2003, СП 50.13330.2012), методы их проектирования, могут быть по разному использованы в зависимости от творческого потенциала, квалификации проектировщиков и имеющихся технических возможностей. Здесь имеет место свобода проектирования, при которой важным является достижение конечных характеристик здания, в том числе, энергоэффективности. Установленные критерии могут также использоваться для определения необходимости улучшения энергетической эффективности существующих зданий. Соответственно, такой подход к проектированию вносит серьёзные изменения в весь процесс выработки организационно-технических решений и организации строительного производства энергоэффективных зданий.

Результативность этой работы стала итогом комплекса мероприятий, начало которым положил организационно-технический анализ территориальных решений в области эффективности теплоизоляции перспективных и существующих зданий [44]. Несмотря на то, что предложенный комплекс мероприятий учитывает региональные особенности, что, несомненно, является важным при организации строительного производства энергоэффективных зданий, в них не учитываются использование возобновляемых источников энергии (солнечной энергии, тепловых насосов, ветровой энергии), а также влияние использования систем управления зданиями, автоматически поддерживающими заданные параметры микроклимата и контролирующими показатели расхода энергоресурсов.

По мнению автора, при выборе стройматериалов необходимо учитывать то, что, суммарные удельные энергозатраты на строительство здания (в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительно-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр.) могут существенно превышать удельные эксплуатационные энергозатраты на отопление здания за весь расчетный срок службы дома и затраты на дальнейшую утилизацию здания. Следовательно, критерием оптимальности выбранных проектных решений, в том числе и по выбору строительного материала, наряду с критериями экологической безопасности, должны служить совокупные удельные энергозатраты на строительство здания, его эксплуатацию (отопление, ремонт и т.п.) за весь расчетный срок службы этого здания и дальнейшую утилизацию.

В настоящее время разработаны различные методики определения энергоёмкости зданий [96, 243, 44, 65], однако в них не учтены затраты энергоресурсов на ликвидацию здания и утилизацию строительных материалов, кроме этого, в работе [96] полная энергоёмкость здания не включает в себя расходы энергоресурсов на проведение текущих и капитальных ремонтов в течение расчётного периода, а также расчёт произведён на срок эксплуатации здания 25 лет, в то время как срок службы зданий 1 группы (каменные особо капитальные) составляет 150 лет [124].

В соответствии с методологией системного и функционального подходов, системотехническими принципами энергоэффективности, разработанными автором

в диссертационном исследовании, руководящими документами в области энергосбережения, принципами обоснования энергоэффективных организационно-технических решений в строительстве, а также рядом работ учёных в области системного подхода к энергоэффективности зданий, можно сделать вывод о необходимости моделирования организационно-технических решений, направленных на достижение зданиями необходимого уровня энергоэффективности на всех стадиях жизненного цикла. Учитывая сложность, многовариантность данных решений, стохастичность жизненного цикла зданий, их выбор целесообразно осуществлять на основе имитационного моделирования.

Имитационное моделирование целесообразно применять, так как в настоящее время в современной науке о процессах организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий не решён ряд проблемных ситуаций:

1. Не существует законченной математической постановки проблемы преемственности уровня энергоэффективности на стадиях жизненного цикла энергоэффективных зданий, поэтому показатели, сформированные на стадии проектирования, могут не соблюдаться на стадиях строительства и эксплуатации, так как не существует для этого эффективных мотивирующих и контролирующих механизмов.

2. Аналитические методы проектирования энергоэффективных зданий имеются, но математические процедуры настолько сложны и трудоёмки, что имитационное моделирование даёт более простой способ решения задачи.

3. Имитационное моделирование может оказаться единственной возможностью учёта многовариантности и вероятностного характера строительного производства вследствие трудностей подготовки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях.

4. Для долговременного исследования процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий может понадобиться сжатие временной шкалы. Имитационное моделирование даёт возможность управлять временем процессов, так как модельное время в программе может изменяться.

Таким образом, имитационное моделирование является одним из инструментов методологии процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. Целью имитационного моделирования является проработка и выбор наименее энергоёмкого варианта жизненного цикла здания. Для этого необходимо выявить факторы энергопотребления зданиями в течение жизненного цикла, которые являются переменными в модели, а затем разработать алгоритм их определения и значения занести в соответствующую информационную базу данных.

Учитывая, что энергоэффективность зданий является комплексной характеристикой, зависящей от множества факторов, имеющих вероятностный характер, и то, что здания являются сложными энергетическими системами, имитационную модель процессов их жизненного цикла целесообразно описать с позиции стохастических агрегативных систем. Учёт всех элементов зданий, архитектурно-конструкторских решений, характеристик инженерного оборудования, теплопоступлений от людей и бытовых приборов, использование вторичных источников энергии и других параметров энергоэффективности является сложной и практически нереализуемой задачей. Однако объединение факторов энергопотребления в обобщённые агрегаты позволяет учесть интегральные эффекты от их взаимодействия внутри здания как единой энергетической системы, а также при помощи имитационного моделирования проследить функционирование системы в динамике. Агрегаты – это факторы энергопотребления здания как энергетической системы. Агрегаты имеют численное выражение в натуральных показателях (тоннах условного топлива). Агрегаты привязаны и к жизненному циклу здания и к виду фактора энергопотребления. Здание как энергетическая система представляется таким образом системой элементов, выделенных в зависимости от вида энергоресурсов и от стадии жизненного цикла здания. Таким образом, автором предлагается ввести новый термин **«агрегаты энергопотребления – факторы энергопотребления здания как энергетической системы, интегрирующие расходы энергетических ресурсов по видам энергоресурсов и по стадиям жизненного цикла здания»**.

Понятие агрегата ввёл основатель имитационного моделирования сложных систем Н.П. Бусленко при исследовании сложных систем как абстрактную схему

функционирования сложной системы [26, 27, 28]. Объединение агрегатов представляет собой агрегативные системы (А-системы) построенные на основе универсальных схем, содержащих математические схемы как частные случаи, имеющих динамический характер, описывающих обмен с внешней средой и учитывающие случайные факторы. Агрегативные системы представляют собой сложные системы, состоящие из элементов, обладающих свойствами агрегатов (имеющими входные, выходные и управляющие сигналы). Введённое выше определение агрегата энергопотребления позволяет формально описать элементы зданий как энергетических систем.

В каждый момент времени $t \in (0, T)$ агрегат имеет определённое значение энергопотребления, которое является элементом некоторого множества Z . Агрегат имеет особые входные контакты, к которым поступают в моменты времени τ_i управляющие сигналы (изменяемые пользователем характеристики энергопотребления). Управляющий сигнал g является элементом подмножества Γ . В общем случае последовательности вида (τ_i, g_i) оказываются реализациями случайных последовательностей $L(\theta, \gamma)$. Предполагается, что за конечный интервал времени в агрегат поступает конечное число входных и управляющих сигналов. На выходе агрегата образуются выходные сигналы. Выходной сигнал y является элементом некоторого подмножества Y и определяется по состояниям агрегата $z(t)$ при помощи оператора G (рисунок 38). Аналогично предполагается, что за конечный интервал времени агрегат выдаёт лишь конечное число выходных сигналов.

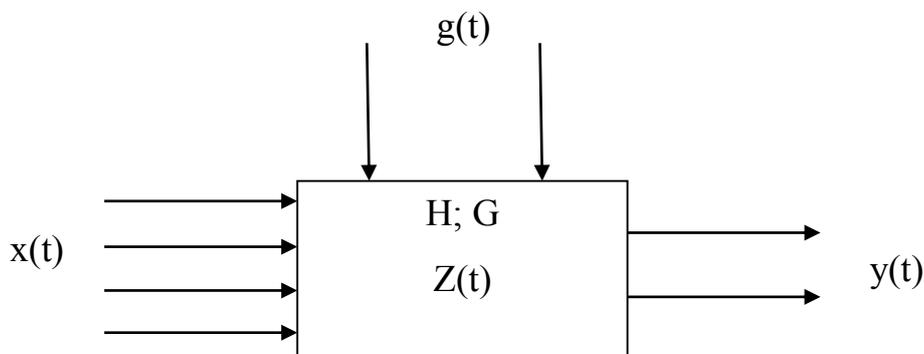


Рисунок 38 – Входные, выходные и управляющие сигналы агрегата

Оператор H называется оператором переходов (в новое состояние), а оператор G – оператор выходов. Вид оператора H зависит от того, содержит ли рассматриваемый интервал моменты времени так называемых особых состояний агрегата или не содержит. При этом под особыми состояниями агрегата понимаются его состояния в моменты получения входного управляющего сигналов или выдачи выходного сигнала.

В работах Бусленко указано, что для упрощения моделируемых алгоритмов возможно рассматривать подсистемные частные алгоритмы, которые сохраняют возможность описания достаточно широкого класса реальных систем. Стохастические динамические системы достаточно широко представляются вероятностными автоматами, переходы которых в новое состояние определяются заданными распределениями вероятностей. Поэтому решение задачи моделирования стохастических динамических систем обеспечивается применением аппарата теории марковских случайных процессов с дискретным вмешательством случая. Большое значение имеет интерпретация некоторого класса таких процессов в виде так называемых кусочно-линейных агрегатов, практически удобных для формализации таких сложных систем как энергоэффективные здания. В данных системах на агрегат не поступают управляющие сигналы g , а поступают лишь входные сигналы x . С формальной точки зрения это не ограничивает общности, поскольку в качестве x можно рассматривать входной сигнал в широком смысле (и входной, и управляющий). В моменты времени t рассматриваемый агрегат (как объект) характеризуется внутренним соотношением $z(t)$, а также он имеет вход и выход. Сигналы поступают на вход агрегата, а с выхода регистрируются аналогично выходные сигналы. Таким образом можно выделить кусочно-линейные агрегаты, формирующие общее энергопотребление здания.

Динамику кусочно-линейного агрегата можно рассмотреть на примере затрат энергоресурсов на отопление здания, зависящих от множества показателей, при этом ключевой является зависимость затрат на отопление от толщины и материала наружных стен здания. При имитационном моделировании агрегатов энергопо-

требления необходимо, прежде всего, учитывать функции, описывающие их изменение в течение жизненного цикла здания. Наиболее простая форма, позволяющая описывать поведение агрегата математически, является линейная. Учитывая неоднородность агрегатов, сложность их зависимостей, целесообразным является представление моделей их изменения в виде кусочно-линейных функций, позволяющих представлять изменение в виде линеаризованных отрезков. Так основным показателем энергоэффективности в настоящее время является повышение сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций. Для этого на стадии проектирования осуществляется выбор материалов ограждающих конструкций с высоким коэффициентом сопротивления теплопередачи и, следовательно, с низкой теплопроводностью.

Коэффициент теплопроводности является физическим параметром вещества, характеризующим его способность проводить теплоту. Коэффициент теплопроводности определяется из уравнения:

$$\lambda = - \frac{d^2 Q_{\tau}}{\frac{\partial t}{\partial n} * dF * d\tau} \quad (7)$$

Таким образом, коэффициент теплопроводности равен количеству теплоты, проходящему в единицу времени через единицу изотермической поверхности при условии $gradt=1$. Его размерность Вт/(м·К). Значения коэффициента теплопроводности для различных веществ определяются из справочных таблиц, построенных на основании экспериментальных данных [254]. Для большинства материалов зависимость коэффициента теплопроводности от температуры приближенно можно выразить в виде линейной функции:

$$\lambda = \lambda_0 [1 + b(t - t_0)], \quad (8)$$

где λ_0 – значение коэффициента теплопроводности при температуре $t_0=0$ °С;

b – постоянная, определяемая опытным путем [253].

Выбор материалов стен зданий основан на подборе многослойной конструкции, позволяющей достигать нормативного или менее значения удельной величины тепловой энергии на отопление здания (по СП 50.1333.2012). Для этого производится расчёт теплопроводности многослойной стенки, состоящей из нескольких разнородных слоёв. На рисунке 39 представлено распределение температур в плоской многослойной стенке.

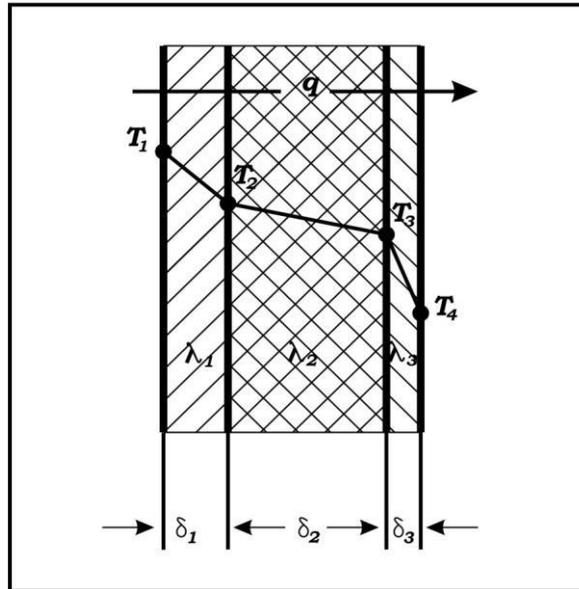


Рисунок 39 – Плоская многослойная стенка: $\delta_1 \dots \delta_3$ – толщины слоёв, $\lambda_1 \dots \lambda_3$ – соответствующие коэффициенты теплопроводности материалов стенки [253]

Если тепловой режим стационарный, то тепловой поток в каждом слое постоянный:

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (T_1 - T_2); \quad (9)$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (T_2 - T_3); \quad (10)$$

$$q = \frac{\lambda_3}{\delta_3} (T_3 - T_4). \quad (11)$$

Соответственно изменение температуры в слоях:

$$(T_1 - T_2) = q \frac{\delta_1}{\lambda_1}; \quad (T_2 - T_3) = q \frac{\delta_2}{\lambda_2}; \quad (T_3 - T_4) = q \frac{\delta_3}{\lambda_3}. \quad (12)$$

Из формул (9-11) можно получить итоговый температурный напор (13) и вывести формулу удельного теплового потока (14):

$$T_1 - T_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right). \quad (13)$$

$$q = T_1 - T_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right). \quad (14)$$

Для n -слойной плоской стенки:

$$q = \frac{T_1 - T_{T+1}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} [213] \quad (15)$$

Видно, что общее сопротивление теплопередачи многослойной плоской стенки линейно и равно сумме сопротивлений составляющих слоёв. Таким образом, приближённо при имитационном моделировании можно рассматривать сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции в виде кусочно-линейной функции как сумма частных сопротивлений отдельных слоёв.

Также в качестве примера кусочно-линейного агрегата можно представить функцию износа ограждающих конструкций здания, исследованную в работе [164]. Динамика физического износа произведена с помощью линейных трендов (рисунок 40).

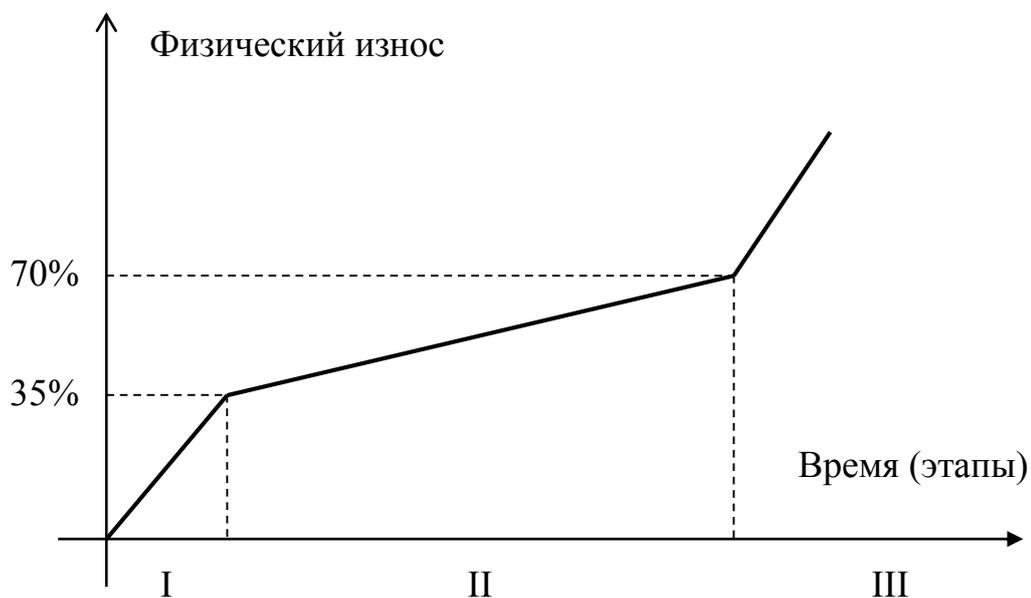


Рисунок 40 – Кусочно-линейная функция износа [164]

Основой организации специальных вычислительных процедур для исследования аппарата стохастических агрегативных систем является методология имитационного моделирования. С помощью агрегативного подхода могут быть описаны практически все системы, а свойства структуры стохастической агрегативной системы позволяют исследователю на основе интуитивных представлений определять возможные варианты функционирования системы – другими словами задавать «каркас» эволюции системы. При использовании стохастических агрегативных систем для построения имитационных моделей процессов развития исследователь должен задать состав системы и наиболее вероятные структуры, образующиеся в различные моменты времени [28].

Основными этапами процесса имитационного моделирования являются:

1. Постановке целей моделирования.
2. Сбор данных об исследуемой системе (объекте моделирования).
3. Поиск и обоснование формализованного представления модели.
4. Формальное описание модели в текстовом виде.
5. Подготовка исходных модулей формального языка.
6. Транслирование исходных модулей в промежуточные модули и сбор в общий файл.
7. Производство вычислений.
8. Получение и обработка результатов моделирования.

В процессе обработки результатов имитационного моделирования пользователь модели получает и накапливает статистические данные, которые могут быть использованы для анализа, различных расчётов и корректировки исходных данных моделирования. После достижения условий завершения эксперимента, с помощью системы анализа результатов можно провести статистическую обработку результатов имитаций и вычислить выбранный критерий функционирования системы. Результаты эксперимента и критерий эффективности подлежит обсуждению с экспертами проблемной области для уточнения и корректировки модели [28].

Таким образом, использование имитационной модели позволяет сочетать экспертные данные и формальный аппарат стохастических агрегативных систем.

Однако, несмотря на неоспоримые достоинства имитационного моделирования, в настоящее время в России этот метод исследования сложных систем используется мало, это связано с тем, что разработка таких моделей требует больших временных и стоимостных затрат. Автор считает необходимым создание концептуальной имитационной модели энергоёмкости жизненного цикла зданий, определяющей состав и структуру системы, свойства элементов и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения целей моделирования – экономии энергоресурсов. Очевидно, что значительная часть параметров системы – это случайные величины. Поэтому особое значение при формировании исходных данных имеют выбор законов распределения случайных величин, аппроксимация функций.

5.2. Формирование агрегатов энергопотребления зданий на основе факторов потребления энергоресурсов в течение жизненного цикла

Построение имитационной модели целесообразно начинать с формирования агрегатов энергопотребления. Формирование агрегатов целесообразно осуществлять в соответствии с методиками, основанными на системном подходе и подробно описанными в [6, 73, 27, 7, 193, 265]. Целесообразно также использовать принципы энергоэффективного проектирования [223], применяемых за рубежом при процессной организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий как сложных энергопотребляющих объектов, от уровня энергоэффективности которых зависит уровень энергоэффективности промышленности и других отраслей народного хозяйства. С точки зрения ЭЭП и системного подхода процесс достижения высокого уровня энергоэффективности зданий должен быть непрерывным и начинаться на самых ранних этапах стадии их проектирования. Важно отслеживать то, удастся ли закрепить уровни энергосбережения, достигнутые в результате внедрения новых технологий или методов. Нередко не принимается во внимание постепенное уменьшение достигнутого эффекта в результате неэффективной эксплуатации и технического обслуживания оборудования, а также

других факторов. Такой подход по данным исследования [11] позволяет обеспечить дополнительное энергосбережение за весь срок службы здания в объеме более 30%.

Уровень энергоэффективности зданий зависит от множества параметров и характеристик. Группировка их по признаку участия в процессах жизненного цикла зданий позволит сформировать агрегаты энергоэффективности. Крайне важным вопросом при формировании агрегатов энергоэффективности является выбор критериев их оценки, так как агрегаты имеют различную физическую природу, а также разное функциональное назначение. В процессе оптимизации энергоэффективности очень важно использовать верные, научно - обоснованные критерии. Критерием оптимальности [9] является количественный показатель, имеющий предельную меру, и пригодный для сравнительной оценки различных вариантов. Поиск оптимального (максимального или минимального) значения выбранного критерия является целью расчетов или целевой функцией.

Общепринятым в российской и зарубежной научно-технической литературе критерием энергоэффективности является удельное энергопотребление (УЭП), которое по отношению к зданиям рассчитывается как отношение потребляемой энергии к общей площади или отопляемому объёму здания [223]. На основе УЭП рассчитывается интегральный показатель энергоэффективности, приведённый в формуле (5). Интегральный показатель энергоэффективности представляет собой безразмерную величину, причём с повышением энергоэффективности здания величина его энергопотребления снижается, а величина $I_{эф}$ увеличивается. Поэтому задачей совершенствования процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий является достижение минимально возможного значения энергопотребления и максимально возможного интегрального показателя энергоэффективности.

Таким образом, критерием оценки работы агрегата с точки зрения системного подхода к энергоэффективному зданию как единой энергетической системы являются удельные энергетические затраты, которые могут быть рассчитаны на всех стадиях жизненного цикла – от проектирования до утилизации здания. Для

достижения цели моделирования целесообразно интегрировать затраты энергетических ресурсов, привести все данные по энергопотреблению агрегата к первичной энергии, а также оценить их в стоимостном выражении. Проигрывая различные сценарии модели, собственник здания (застройщик) может принимать различные организационно-технические решения в процессах проектирования, строительства и эксплуатации здания таким образом, чтобы затраты энергоресурсов были бы наименьшими. В настоящее время показатели энергоэффективности зданий, принятые в нормативно-методических документах, формируются на стадии проектирования зданий на основе предварительных расчётов. При этом не учитываются организационные процессы строительного производства, в результате чего здание, вводимое в эксплуатацию, может иметь уровень энергоэффективности, отличный от проекта. В процессе эксплуатации принятые показатели должны быть пересмотрены не реже, чем раз в 5 лет и приняты меры по повышению энергоэффективности зданий. Однако при этом не производится учёт влияния энергетических затрат, осуществляемых на обеспечение необходимого микроклимата зданий, а также энергозатрат на проведение текущих и капитальных ремонтов и утилизацию здания.

Для формирования агрегатов энергопотребления, целесообразно проанализировать существующую систему показателей, и выявить организационно-технические решения, влияющие на их значение (таблица 11).

Таблица 11 – Ключевые показатели энергоэффективности зданий

Наименование, единицы измерения	Источник	ОТР, влияющие на значение показателей
Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м ³ отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С, $q_{от}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	СП 50.13330.2012	<ul style="list-style-type: none"> – выбор наружных ограждающих конструкций; – выбор планировки и площадей помещений; – климатические условия района строительства; – выбор источников энергоснабжения здания; – выбор системы вентиляции и кондиционирования;

Окончание таблицы 11

Удельный (на 1 м ² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений [или на 1 м ³ отапливаемого объема]) расход тепловой энергии на отопление здания, кДж/(м ² ·°С·сутки) [или кДж/(м ³ ·°С·сутки)]	СП 50.13330.2012	<ul style="list-style-type: none"> – выбор площади и размера световых проёмов; – выбор автоматизированной системы отопления здания
Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, м ² ·°С/Вт	СНиП 23-02-2003	
Энергетическая эксплуатационная характеристика зданий, кВт·ч/(м ² ·год) (либо м ³ ·год)	СТО 17532043-001-2005	<ul style="list-style-type: none"> – выбор ограждающих конструкций с высоким сопротивлением теплопередаче; – выбор окон с повышенным до 0,55 сопротивлением теплопередаче; – выбор системы вентиляции и кондиционирования; – выбор энергосберегающей системы отопления и горячего водоснабжения; – выбор энергосберегающих систем освещения; – выбор энергосберегающих электробытовых приборов; – выбор площади и размера световых проёмов; – выбор отапливаемой площади здания

Приведённые показатели являются ключевыми при определении энергоэффективности зданий в настоящее время. Полный перечень показателей энергоэффективности зданий приведён в ГОСТ 31427-2010 «Здания жилые и общественные. Состав показателей энергетической эффективности». Анализируя приведённые показатели и организационно-технические решения, влияющие на их уровень, можно сделать вывод о том, что, несмотря на их комплексность и то, что они являются

общепринятыми во всех нормативно-методических документах, они учитывают не все энергозатраты, производимые в процессах жизненного цикла энергоэффективных зданий, что является необходимым при оценке здания с точки зрения системного подхода. Объединяя агрегаты энергопотребления как ключевые системообразующие факторы энергопотребления здания по общему признаку функционирования на стадиях их жизненного цикла, автором сформированы следующие (таблица 12).

Таблица 12 – Формирование агрегатов энергопотребления

Стадия жизненного цикла	Наименование агрегата	Обозначение агрегата
Проектирование	расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов и конструкций	a ₁
Строительство	расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки и производство СМР	a ₂
Эксплуатация	расходы энергетических ресурсов на отопление здания	a ₃
	расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании	a ₄
	расходы энергетических ресурсов на водоснабжение и водоотведение здания	a ₅
	расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов	a ₆
	расходы энергетических ресурсов на производство работ по текущему и капитальному ремонтам	a ₇
	расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов и после демонтажа здания	a ₈
	расходы энергетических ресурсов на работы по демонтажу здания	a ₉

Представленные агрегаты состоят из переменных величин, в той или иной степени меняющих своё значение на протяжении жизненного цикла здания. Их комплексное изменение обеспечивает набор характеристик, определяющих величину энергетической эффективности здания. Указанные переменные задаются на стадии проектирования здания в качестве входного интервала x (x_1, x_2, \dots, x_s) и посредством управляющих воздействий z на стадии строительства преобразуются в выходной интервал y (y_1, y_2, \dots, y_s), характеризующих энергоэффективность здания на стадии эксплуатации и на протяжении всего жизненного цикла. Используя системотехнические принципы энергоэффективности, сформулированные в п. 1.3, а именно, вероятностно-статистический и имитационно-моделирующий, автором предлагается использование выявленных факторов в имитационной модели энергопотребления зданиями в течение жизненного цикла. При этом целесообразно использовать аппарат стохастических агрегативных систем для расчёта энергоёмкости жизненного цикла зданий как по отдельным стадиям и агрегатам, так и в течение всего жизненного цикла, что позволяет производить многовариантные расчёты и принимать на их основе многовариантные организационно-технические решения, направленные на повышение энергоэффективности зданий.

Процесс моделирования начинается с обоснования выбора и содержание каждого агрегата, а также его участие в имитационной модели.

a_1 – расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов. На стадии проектирования определяются строительные материалы и конструкции будущего здания. При этом важным критерием отбора является их энергоэффективность, в том числе расходы энергоресурсов на их производство. Технологические процессы производства строительных материалов, изделий и конструкций требуют значительных затрат энергетических ресурсов, особенно таких энергоёмких как бетон, стекло, металлические изделия. Технологические особенности производства стекла требуют высоких температур (до 1500 °С), пено-стекла до 1900 °С, цементный клинкер требует температуры обжига 1450 °С, обжиг извести требует температуры около 1200 °С, при производстве керамического кир-

пича необходима температура 1100 °С. Получение таких высоких температур требует больших энергетических затрат, также больших энергетических затрат требуют технологические процессы, связанные с высокодисперсным измельчением составляющих смеси веществ, и другие процессы, связанные с получением требуемых физических и химических свойств материала. Тонна алюминия в несколько раз более энергоёмка при производстве, чем тонна стали [108]. Диаграмма энергетических ресурсов на производство основных строительных материалов, построенные автором на основе данных исследования [108] представлены на рисунке 41.

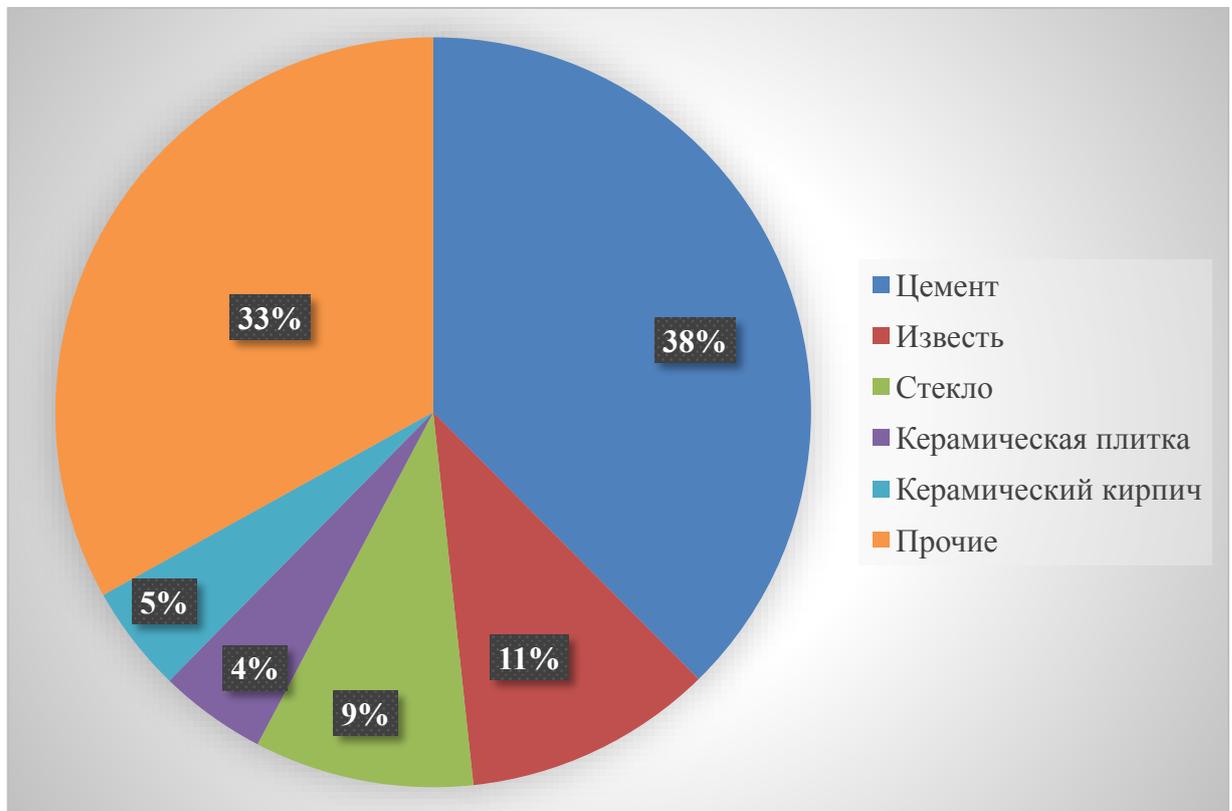


Рисунок 41 – Доли энергетических ресурсов на производство основных строительных материалов

Таким образом, производство строительных материалов сопряжено со значительными потребностями в энергетических ресурсах. По данным, приведённым в методических рекомендациях [128] можно представить энергоёмкость производства основных используемых в строительстве материалов (таблица 13).

Таблица 13 – Энергоёмкость производства основных строительных материалов

Наименование материала	Ед. изм.	Энергоёмкость, кг.у.т.
Портландцемент М-400	т	280
Сталь арматурная	т	920
Металлоконструкции строительные	т	1050
Алюминиевый профиль	т	6120
Кирпич глиняный	тыс. шт. усл. кирп.	260
Кирпич силикатный	тыс. шт. усл. кирп.	85
Щебень, гравий	м ³	30
Песок	м ³	25
Полистирольный пенопласт ПС БС	м ³	35
Плиты минераловатные на синтетическом связующем жёсткие	м ³	91

Таким образом, производство строительных материалов требует значительных энергетических затрат. При выборе стройматериалов необходимо учитывать, что суммарные удельные энергозатраты на строительство здания (в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительные-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр.) могут существенно превышать удельные эксплуатационные энергозатраты на отопление здания за весь расчетный срок службы дома и затраты на дальнейшую утилизацию здания.

a₂ – расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки и производство СМР.

Организация строительной площадки, технология производства строительного-монтажных работ должны быть направлены на снижение энергоёмкости

своих процессов, так как все процессы, связанные с данным агрегатом являются энергопотребляющими. От качества разработанных проекта организации строительства и проекта производства работ зависит, сколько будет потреблять энерго-ресурсов построенное здание, от того, каким образом производятся сами работы, зависит энергоёмкость жизненного цикла зданий в целом.

На стадии строительства осуществляются значительные энергозатраты на организацию строительного производства и производство СМР. В СП 48.13330.2011 (актуализированном СНиП 12-01-2004 «Организация строительства») указано, что выбор решений по организации строительства следует осуществлять на основе вариантной проработки с широким применением методов критериальной оценки, методов моделирования и современных компьютерных комплексов. Однако данный документ не содержит организационно-технических решений и правил организации строительства энергоэффективных зданий, также отсутствует необходимость контроля и учёта экономии энергетических ресурсов в процессе СМР. Формирование и функционирование данного агрегата, по мнению автора, достаточно полно описано в работе [101]. Проблема энергосбережения при организационной подготовке строительства и производстве СМР остаётся актуальной, так как большинство научных работ посвящены проблемам энергосбережения на стадиях проектирования и эксплуатации зданий, однако от организации и технологии строительства зависит энергопотребление не только во время производства СМР, но затем, в процессе эксплуатации, ремонтов, реконструкции и демонтажа зданий.

При определении данного агрегата необходимо проводить сравнительный анализ энергоёмкости строительных процессов при производстве их разными организационными методами и технологическими способами. В настоящее время целостная методика определения энергоёмкости строительных работ отсутствует, отдельные авторы затрагивают разные аспекты данной проблемы. Действительно, энергоёмкость проведения СМР является сложной, многоаспектной задачей, выбор энергосберегающих организационно-технических способов зависит от многих факторов: условия строительства. Тип, назначение здания, производство работ в тёп-

лое или холодное время года, выбор строительных материалов, возможность организации компактной строительной площадки, возможность использования вторичных энергоресурсов при производстве СМР, возможность выбора энергоэкономичных строительных машин и так далее. По усреднённым данным, энергоёмкость процесса возведения строительных объектов составляет 0,076 т.у.т. на кв.м. площади здания [101]. Однако, по мнению автора, здесь необходимо проведение комплексных, масштабных исследований, затрагивающих все аспекты организации и технологии строительного производства, данный пласт научных исследований и методов в настоящее время ещё не освоен.

Период эксплуатации сооружения является наиболее длительной стадией жизненного цикла объекта. Все функциональные подсистемы постоянно подвергаются внешним воздействиям. Вопросы точного расчёта и прогноза всех аспектов устойчивости эксплуатационного цикла объекта строительства анализируются во многих исследованиях, посвящённых теоретической оценке надёжности и долговечности эксплуатации зданий и сооружений [1, 66, 110, 125, 200, 201, 247, 97 и др.]. Выявление количественных закономерностей эксплуатационных этапов объекта строительства и их полной формализации означало бы качественный скачок в технико-экономических обоснованиях и управлении проектами в целом. Необходимо подчеркнуть, что точное прогнозирование параметров энергетической эффективности в процессе эксплуатации здания является практически нереализуемой задачей. На этапе эксплуатации присутствует неопределённость, обусловленная как внутренними свойствами системы объекта строительства, так и объективной неполнотой сведений и реализации жизненного цикла конкретного объекта, связанная с отсутствием аналогов и индивидуальностью большинства параметров объекта [78]. В процессе эксплуатации могут изменяться как внешние системные параметры здания (окружающая среда, нормативно-правовая и законодательная сфера, требования технических регламентов), так и внутренняя среда здания (нелинейная динамика износа строительных материалов и конструкций, инженерных систем, воздействие теплоступлений от находящихся в здании людей и бытовых приборов, от происходящих технологических процессов), влияющих на показатели

энергетической эффективности зданий. Каждое здание уникально, поэтому невозможно прогнозировать точные изменения энергетических характеристик в процессе его эксплуатации. Вследствие этого следует признать стохастическую природу развития стадии эксплуатации объекта строительства.

аз – расходы энергетических ресурсов на отопление здания.

Данный агрегат является основным при определении уровня энергетической эффективности зданий, принятым во всех нормативно-методических источниках по энергоэффективности зданий, а также научной литературе. Согласно ГОСТ 31427-2010 расход тепловой энергии на отопление здания обозначается как удельный расход тепловой энергии на отопление и определяется как количество тепловой энергии за отопительный период, необходимое для компенсации теплопотерь здания с учетом воздухообмена и дополнительных тепловыделений при нормируемых параметрах теплового и воздушного режимов помещений в нем, отнесенное к единице площади квартир или полезной площади помещений здания (или их отапливаемого объема) и градусо-суткам отопительного периода ($\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$) [$\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$]. Он определяется путём выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объёмно-планировочных решений, ориентации здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления. Данный агрегат подробно описан в технической литературе (СП 50.13330.2012, СНиП 23-02-2003), а также в научных и учебных изданиях по теплотехнике [115, 23, 238, 239, 254, 255 и др.]. Его расчёт производится на стадии проектирования на основании теплотехнического расчёта при заполнении энергетического паспорта здания. Данный агрегат рассчитывается повторно при приёмке в эксплуатацию здания при повторном заполнении энергетического паспорта и в процессе эксплуатации подлежит повторному расчёту с периодичностью раз в пять лет [157]. Организационно-технические решения на стадии эксплуатации должны быть направлены на снижение значения данного агрегата. Соответствие проектных значений нормируемым на стадии проектирования устанавливается в энергетиче-

ском паспорте здания. При неудовлетворении приведенных выше требований усиливается теплозащита наружных ограждающих конструкций, либо выполняются мероприятия по повышению энергоэффективности систем отопления и вентиляции [150].

a4 – расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании

Согласно ГОСТ 31427-2010 данный агрегат обозначается как расход электроэнергии на искусственное освещение и определяется как количество электрической энергии, расходуемое на работу осветительных приборов в помещениях здания в периоды недостаточности естественного освещения и необходимости его функционального использования ($\text{кВт}\cdot\text{ч}$). Расчёт данного агрегата может быть произведён по удельным электрическим нагрузкам, приведённым в ВСН 59-88, в котором приведены удельные расчетные нагрузки квартир с учётом электропотребления, освещения и кондиционирования, также они учитывают нагрузку освещения общедомовых помещений [262].

Воздушная среда закрытого помещения должна удовлетворять ряду требований, которые предъявляются людьми, находящимися в данном помещении и размещённым в помещении оборудованием или хранящимся имуществом. Первую группу требований принято называть санитарно-гигиеническими, а вторую – технологическими. Хотя все факторы воздушной среды действуют на людей и оборудование совместно, комплексно, требования к воздуху закрытых помещений можно подразделить на следующие группы:

а) требования к газовому составу воздуха – регламентируют различные отклонения в процентном содержании основных газов, составляющих воздух;

б) требования к чистоте воздуха – ограничивают содержание в воздухе различных посторонних примесей; такими примесями могут быть твёрдые или жидкие частички (пыль, дым, туман), газы, пары и живые микроорганизмы (бактерии);

в) требования к метеорологическим параметрам воздуха (температура, влажность, скорость движения) [226].

В настоящее время влажностный режим помещений зданий устанавливается СНиП 23-02-2003 в зависимости от температуры внутреннего воздуха и условий эксплуатации ограждающих конструкций, определяемых по зонам влажности территории РФ. Поддержание оптимальных параметров микроклимата помещения является важной составляющей устойчивого развития среды жизнедеятельности человека. Допустимые параметры микроклимата помещений указаны в СНиП 2.04.05-91 (таблица 14).

Таблица 14 – Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Тёплый	20-22	60-30	0,2
	23-25	60-30	0,3
Холодный и переходный условия	20-22	45-30	0,2

Данные нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 часов непрерывно. На рабочих местах производственных помещений нормы устанавливаются в зависимости от категории работ.

Согласно ГОСТ 31427-2010 расход тепловой энергии на охлаждение здания определяется как количество энергии, необходимое в теплый период года для снижения температуры внутреннего воздуха до нормируемых значений, расходуемое в результате работы систем кондиционирования и охлаждения воздуха (МДж).

Задача оптимизации затрат энергии на климатизацию помещения подробно рассмотрена в [238], где процесс установления теплового режима помещения описывается уравнением теплового баланса внутреннего воздуха и системой уравнений, описывающих теплопередачу через ограждающие конструкции.

По мнению автора для охлаждения и кондиционирования здания необходимо учитывать расход не только тепловой, но и электрической энергии, что необходимо учитывать при формировании данного агрегата энергоэффективности.

Агрегат энергопотребления систем поддержания микроклимата формируется на основе величины затрат энергоресурсов на работу инженерных систем, отапливающих или охлаждающих помещения в зависимости от условий наружного воздуха и функционального назначения помещения. Он определяется как количество электрической энергии, расходуемое на работу токоприемников вентиляторов, насосов, компрессоров, клапанов, регулирующих устройств систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, теплоснабжения, холодоснабжения и горячего водоснабжения, а также неразрывно связанные с ним потери энергии в сетях (кВт*ч).

Типовой расчет позволяет найти мощность кондиционера для небольшого помещения: отдельной комнаты в квартире или коттедже, офиса площадью до 50 – 70 м² и других помещений, расположенных в капитальных зданиях. Расчет мощности охлаждения Q (в киловаттах) производится по следующей методике [208]:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (16)$$

где: Q₁ – теплопритоки от окна, стен, пола и потолка:

$$Q_1 = S * h * q / 1000, \quad (17)$$

где: S – площадь помещения (м²);

h – высота помещения (м);

q – коэффициент, равный 30 - 40 Вт/м³:

q = 30 для затененного помещения;

q = 35 при средней освещенности;

q = 40 для помещений, в которые попадает много солнечного света.

Q₂ – сумма теплопритоков от людей. Теплопритоки от взрослого человека: 0,1 кВт – в спокойном состоянии; 0,13 кВт – при легком движении; 0,2 кВт – при физической нагрузке;

Q₃ – сумма теплопритоков от бытовых приборов. Теплопритоки от бытовых приборов: 0,3 кВт – от компьютера; 0,2 кВт – от телевизора;

Для других приборов можно считать, что они выделяют в виде тепла 30% от максимальной потребляемой мощности (то есть предполагается, что средняя потребляемая мощность составляет 30% от максимальной). Мощность кондиционера должна лежать в диапазоне Q_{range} от -5% до $+15\%$ расчетной мощности Q [208].

a_5 – расходы энергетических ресурсов на водоснабжение и водоотведение здания.

Согласно закону № 261-ФЗ вода является энергетическим ресурсом. Данный агрегат должен описывать расход энергоресурсов, как на холодное, так и горячее водоснабжение, а также на водоотведение здания. Величина данного агрегата рассчитывается на стадии проектирования здания, включая общий расход воды по зданию и стоков от здания и измеряется в $\text{м}^3/\text{сут}$ или $\text{м}^3/\text{час}$. Вследствие того, что перевод данной величину в тонны условного топлива не имеет физического смысла, данный агрегат следует рассматривать отдельно.

a_6 – расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов.

Данный агрегат формируется на стадии эксплуатации зданий. Методика его формирования аналогична методике формирования агрегата a_1 . Производство строительных материалов, используемых для проведения текущих и капитальных ремонтов, требует значительных энергетических затрат, учитывать которые при эксплуатации энергоэффективных зданий в рамках системного подхода необходимо. Сложившаяся в настоящее время система технического обслуживания и ремонта зданий регламентирует проведение текущих и капитальных ремонтов с установленной периодичностью. Согласно ВСН 58-88р периодичность текущего ремонта должна обеспечивать эффективную эксплуатацию здания с момента ввода в эксплуатацию и до момента капитального ремонта или реконструкции [200]. ВСН 58-88(р) устанавливает сроки минимальной продолжительности эффективной эксплуатации элементов зданий и объектов, при этом указаны элементы, не подлежащие замене на протяжении всего периода использования зданий по назначению, к ним относятся железобетонные фундаменты (срок службы 50-60 лет), крупнопанельные и кирпичные стены (срок службы 40-50 лет), деревянные стены из бруса (срок

службы 30 лет). Периодичность комплексного капитального ремонта установлена равной 30 годам для всех зданий независимо от группы их капитальности [200].

В процессе исследования работ отечественных учёных [1, 255, 1164 и др.], автором был сделан вывод о наличии множества проблем в существующей системе текущего и капитального ремонтов. В частности, межремонтные сроки, регламентируемые нормативными документами, не соответствуют реальным потребностям в ремонтных работах, и это приводит в конечном итоге к усиленному износу отдельных элементов, конструкций, инженерного оборудования здания.

Таким образом, организация системы проведения текущих и капитальных ремонтов должна быть основана на понятии долговечности (срока службы) строительных материалов и изделий. В настоящее время единый нормативный документ, который позволил бы оценивать долговечность, отсутствует.

Тенденции современного строительства энергоэффективных зданий связаны с широким применением утеплителей наружных ограждающих конструкций, в основном это пенополистирол и минеральная вата. Более дешёвым и распространённым утеплителем является пенополистирол. С целью сохранения эксплуатационных качеств материал утеплителя необходимо защитить от атмосферных воздействий при помощи штукатурки или навесной фасадной системы, что приводит к удорожанию стоимости работ, так и повышает энергоёмкость наружных ограждающих конструкций, обусловленной дополнительными энергозатратами на производство облицовочных материалов. Также пенополистирол применяется с целью теплоизоляции фундаментов, междуэтажных перекрытий, утепления чердаков, кровли и строительства зданий из несъёмной опалубки. Однако, несмотря на высокие теплоизоляционные качества пенополистирола ($\lambda = 0,04 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$), он имеет существенные недостатки: небольшой срок службы (от 10 до 50 лет), зависящий от качества облицовочного материала, способность к фото- и теплостарению, пожароопасностью, токсичностью при горении. Пенополистирол разрушается под действием внутренних (естественная деструкция) и внешних (атмосферные явления, жидкие агрессивные среды) факторов, изменяющих структуру материала и его фи-

зико-механические свойства. По данным исследования С.В. Коканина «при проектировании новых и реконструкции существующих зданий теплоизоляция из пенополистирола практически не поддаётся точной оценке на долговечность и гарантированный срок службы» [97]. Таким образом, критерий энергоёмкости при выборе утеплителя является чрезвычайно важным.

В монографии С.В. Александровского «Долговечность наружных ограждающих конструкций» приводятся показатели долговечности трёхслойных стен с пенополистирольным утеплителем в г. Москве. Согласно материалам данной работы снижение прочности утеплителя на 20% в стенах северной ориентации происходит в течение 54 лет, а в стенах южной ориентации – за 32 года. Ю.Д. Ясин (НИИ Строительной Физики) в своей работе «Ресурс и старение материала» приводит такие сроки службы ограждающих конструкций:

- пенополистирол внутри стены – от 15 до 50 лет;
- минеральная вата – от 20-50 лет;
- стеклопакеты клеёные – 10-15 лет;
- панели из тяжёлого бетона с утеплителем внутри – 50 лет;
- однородные стены из пустотелого керамического кирпича – от 100 до 150 лет.

Строительная индустрия в России затрачивает огромные материальные, энергетические и трудовые ресурсы на производство утеплителей и строительство с его применением внутри кладки или панели, в результате чего возводятся объекты, надёжность и долговечность которых невозможно гарантировать более чем на 25 – 30 лет. Подобный подход не только не даёт энергоресурсоэффективности, а наоборот, приводит к необоснованному перерасходу энергии и ресурсов [221]. Применение утеплителей снижает энергозатраты на отопление зданий, но повышает энергозатраты на производство работ по текущим и капитальным ремонтам зданий, требующих замены утеплителей несколько раз в течение периода эксплуатации зданий. В работах [13, 15, 41, 81, 92, 97, 263] обосновано, что пенополистирол, которые в настоящее время широко применяется в строительстве, является

экологически опасным. На основе анализа санитарно-гигиенических, физических и эстетических свойств полимерных строительных материалов или конструкций с их использованием можно утверждать, что все синтетические и полимерные строительные материалы неизбежно обладают четырьмя негативными эксплуатационными свойствами: недолговечностью, пожароопасностью, экологической небезопасностью и высокими энергозатратами на производство и утилизацию, вследствие чего их применение при строительстве любых типов жилых домов недопустимо.

a₇ – расходы энергетических ресурсов на производство работ по текущему и капитальному ремонтам.

Долговечность и надежность конструкций должна соответствовать сроку эксплуатации здания. В противном случае предусматривается возможность восстановительного ремонта ограждения, стоимость которого учитывается при определении экономической эффективности конструкции [255]. Целью текущих и капитальных ремонтов является восстановление ресурса здания, причём текущий ремонт предполагает устранение износа без замены элемента, а капитальный ремонт подразумевает частичную или полную замену ремонтируемого элемента, конструкции, оборудования. Затраты энергоресурсов на проведение текущего и капитального ремонта должны включать в себя затраты энергоресурсов на производство заменяемых элементов, материалов, конструкций, их транспортировку, а также производство ремонтных работ. Структура затрат материальных ресурсов и энергии при проведении ремонтных работ в целом такая же, что и при новом строительстве [87].

a₈ – расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов и после демонтажа здания.

Целью утилизации является обеспечение ресурсосбережения, в том числе энергосбережения посредством вторичной переработки строительных материалов и конструкций с законченным сроком службы. Утилизируемость – требования к

материалам, изделиям, продукции после истечения срока эксплуатации и/или бракованных и отходам в части их приспособленности к дальнейшему использованию или захоронению. Паспортизация отходов детализирует эти требования и обосновывает обезвреживание, утилизацию, захоронение и/или уничтожение отходов [59].

В настоящее время официальный документ, регламентирующий безопасность утилизации строительных материалов и изделий, находится на стадии проекта Федерального закона. Между тем проблема утилизации возрастающих объёмов строительных отходов не теряет своей актуальности как в России, так и зарубежных странах. При организации жизненного цикла энергоэффективных зданий необходимо учитывать, что на утилизацию строительных материалов требуются энергоресурсы. Грамотная утилизация позволяет экономить не только энергоресурсы, но и способствует улучшению экологической ситуации и устойчивому развитию. Вторичное использование утилизируемых материалов, например, производство щебня бетона, позволяет экономить в 8-кратном размере энергоресурсы, затрачиваемые на производства первичного щебня из сырья. Кроме этого, при утилизации железобетона получается вторично использовать энергоёмкий металл.

В России ежегодно образуется всего 15-17 млн. т строительного мусора, 60% которого составляют кирпичные и железобетонные отходы. В Москве доля строительного мусора выросла 25% от общего объёма отходов и составила в 2004 году 4 млн. т (тогда как в 2001 году образовалось всего 1,7 млн. т). Темпы роста объёма строительных отходов составляют до 25% в год. Ежегодно в нашей стране образуется около 12-14 млн. т строительных отходов от ремонта и реконструкции, нового строительства и разборки (сноса) зданий и сооружений, а также от брака на предприятиях строительной индустрии. Расчеты показывают, что в ближайшие годы рост строительных отходов в силу увеличения темпов разборки (сноса) жилых зданий первых индустриальных поколений составит свыше 35-45 млн. т в год. При этом отходы бетонного лома и кирпича достигнут 78% от общего объёма отходов [162, 252].

Утилизация твердых отходов и любого строительного мусора требует, прежде всего, сортировки по типу. После сноса строений остается, так называемый, бетонный или кирпичный бой, а также твердый строительный мусор разных классов опасности. Если демонтаж крупных строительных объектов сопровождается снятием верхнего слоя грунта на объекте, требуется вывоз пескогрунта и полная утилизация строительных отходов [127, 252]. Основные способы утилизации строительных материалов представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Основные способы утилизации строительных материалов

Наименование материала	Способы утилизации
Железобетон	<ul style="list-style-type: none"> • дробление с получением вторичного щебня; • получение металлолома из железобетона
Арматура	<ul style="list-style-type: none"> • переплавка с получением вторичных чёрных металлов
Кирпич керамический	<ul style="list-style-type: none"> • дробление с получением вторичного щебня
Кирпич силикатный	<ul style="list-style-type: none"> • дробление с получением вторичного щебня
Керамическая плитка	<ul style="list-style-type: none"> • дробление с получением вторичного щебня
Пенополистирол	<ul style="list-style-type: none"> • сортировка и измельчение с повторным использованием в производстве аналогичных изделий; • утилизация на свалках ТБО
Минераловатные плиты	<ul style="list-style-type: none"> • рециклинг с изготовлением новых минераловатных изделий; • утилизация на свалках ТБО
Рубероид, битумосодержащие и гидроизоляционные материалы	<ul style="list-style-type: none"> • использование кровельных нарезок в дорожных покрытиях; • выплавление битума в битумоварочных котлах и в котлах с использованием пара; • механическое измельчение отходов битумосодержащих кровельных покрытий
ГКЛ	<ul style="list-style-type: none"> • вторично перерабатываются в цикле производства новых изделий из гипса
Линолеум и профиль ПВХ	<ul style="list-style-type: none"> • измельчение с получением ПВХ-компаунда для повторного изготовления полимерных изделий • интрузия
Металлические изделия и конструкции	<ul style="list-style-type: none"> • переплавка с повторным использованием в металлоконструкциях

Окончание таблицы 15

Деревянные двери	<ul style="list-style-type: none"> • измельчение для повторного изготовления в теплоизоляционных цементно-стружечных конструкциях
------------------	--

Данный агрегат может быть рассчитан на основе данных производителей строительных материалов, а также организаций, занимающихся вторичной переработкой и утилизацией строительных материалов.

а₉ – расходы энергетических ресурсов на работы по демонтажу здания

Стадия ликвидации изделия – последняя стадия жизненного цикла выводимого из эксплуатации изделия, которая предусматривает рециклинг, а для не утилизируемых его частей – их захоронение и уничтожение [51].

В настоящее время не уделяется должного внимания стадии ликвидации здания, однако, ликвидационные процессы требуют значительных затрат материальных, организационных, финансовых, информационных и энергетических ресурсов. Организационно-технические задачи по ликвидации здания, особенно в условиях существующей застройки, являются сложными и требующими специальных методов решения. Здания подвержены естественному износу, который происходит неравномерно, однако неизбежно практически каждое здание должно быть ликвидировано до состояния «зелёной площадки», а так как в настоящее время построено огромное количество зданий и постоянно осуществляется строительство новых, задача их последующей ликвидации приобретает гигантский характер, является масштабной, растущей в арифметической прогрессии.

Ликвидация зданий требует материальных, финансовых, информационных, организационных и энергетических затрат. Процессы демонтажа и утилизации строительных материалов и конструкций здания связаны со значительными энергетическими затратами, что указано в работах [78, 79, 65, 66]. Таким образом, при организации жизненного цикла энергоэффективных зданий необходимо преду-

смотреть и просчитать энергетические затраты на их ликвидацию, чтобы не допустить ситуации, когда энергетические затраты на ликвидацию здания окажутся выше, чем затраты на его строительство и эксплуатационные эффекты.

Демонтаж зданий и сооружений может осуществляться несколькими способами. Выбор способа сноса зависит от сложности конструкции, ее размеров, возраста, фундамента и материалов, использовавшихся при постройке. К видам демонтажа можно отнести ручной демонтаж, полумеханизированный и механизированный, электрогидравлический, взрывной, термический и комбинированный. Самым сложным считается ручной демонтаж (ручная разборка зданий), осуществляемый при помощи лома, кирки и прочих приспособлений. Иногда при ручном сносе применяются газорезательные установки. Ручная разборка зданий – это, в основном, вынужденный способ сноса. Он применяется в условиях, не позволяющих провести снос каким-либо другим способом или же при малом объеме работ, когда использовать масштабную технику просто нецелесообразно. Полумеханизированный демонтаж зданий и сооружений подразумевает использование электрической и пневматической техники – механические пилы, бетоноломы, лопаты, лебедки, ломы, отбойные молотки, домкраты. Полумеханизированный демонтаж зданий и сооружений эффективный и наиболее популярный метод сноса строений, но имеет свои минусы – трудоемкость, немалые материальные затраты, шум и большое количество пыли. Механизированный снос зданий осуществляется ударным методом при помощи машин и механизированной техники. В качестве основного разрушительного элемента используется шар-молот, крепящийся к стреле экскаватора. Такой метод применяют для разрушения соседствующих строений, для сноса отдельно стоящих зданий и домов применяется тракторная техника и бульдозеры. Техника сноса строений бульдозером отличается от техники полумеханизированного сноса – здесь верхняя часть конструкции привязывается стальным тросом к механизму и тянется до обрушения. Бульдозеры применяются для сбора строительного лома, после чего производится утилизация твердых отходов или переработка строитель-

ного мусора во вторичное сырье. Механизированный демонтаж зданий и сооружений более рационален по сравнению с полумеханизированным, и наиболее эффективен для сноса старых построек.

В современных условиях городских и вынесенных за пределы городской черты построек, наиболее подходящим является комбинированный демонтаж зданий и сооружений, объединяющий в себе несколько видов разрушения зданий. Демонтаж разных элементов здания требует вмешательства разного вида техники – стены здания лучше всего сносить механизированным способом, для демонтажа фундамента наиболее эффективным является взрывной способ, а внутренние помещения требуют осторожной ручной разборки. Если при проведении реконструкции здания требуется демонтаж внутренних конструкций, то на каждый элемент разборки составляется ППР для установления методов и последовательности демонтажных работ. Не менее важным является определение зон опасности и предусмотрение мер по распределению нагрузки на оставшиеся конструкции, для обеспечения устойчивости всего здания. Такой пункт как вывоз и утилизация строительных отходов также должно оговариваться условиями ППР, в частности – предварительный примерный расчет объемов строительного мусора, предназначенного для вывоза и переработки.

Потребность в энергетических ресурсах при демонтаже зданий может быть определена путем прямого подсчета [127]. Она определяется аналогично потребности в энергетических ресурсах для производства строительно-монтажных работ. Для производства работ по демонтажу также разрабатывается ПОС с расчетом потребности в электроэнергии на период выполнения СМР, потребности в воде на производственные и хозяйственно-бытовые потребности, пожаротушение и потребности в сжатом воздухе. По мнению автора, энергозатраты на демонтаж здания могут быть приравнены к затратам на производство строительно-монтажных работ.

5.3. Формализация имитационной модели на основе стохастических систем из кусочно-линейных агрегатов. Разработка моделирующего алгоритма

Сложность и многообразие процессов функционирования реальных систем, таких, какими являются энергоэффективные здания, не позволяют строить для них абсолютно адекватные математические модели. Математическая модель сложной системы состоит из математических моделей элементов и математической модели взаимодействия между ними [28]. Математическая модель, описывающая формализованный процесс функционирования системы, в состоянии охватить только основные, характерные его закономерности, оставляя в стороне несущественные второстепенные факторы. Данными закономерностями являются выявленные факторы энергопотребления зданий в течение жизненного цикла.

Целью создания имитационной модели энергоёмкости жизненного цикла зданий является расчёт энергопотребления по различным вариантам организации жизненного цикла зданий на основе выявленных факторов.

Согласно поставленной цели исследования приняты критерии, которым должна удовлетворять разрабатываемая модель:

1. Описывать все процессы жизненного цикла зданий.
2. Учитывать вероятностный характер изменения значений агрегатов энергопотребления в течение жизненного цикла зданий.
3. Должна быть основана на математических, вероятностных и статистических данных.
4. Учитывать системность воздействий внутренних и внешних условий на величину потребления энергоресурсов, а, следовательно, и на величину энергетической эффективности зданий на протяжении их жизненного цикла.
5. Должна быть объектно-ориентирована на применение современных компьютерных моделирующих комплексов.

Границы разрабатываемой имитационной модели энергоёмкости жизненного цикла зданий находятся в пределах организационных процессов их жизненного цикла. Модельное время дискретно-интервальное по стадиям жизненного цикла зданий: проектирование, строительство, эксплуатация.

При формализации имитационной модели в виде кусочно-линейных агрегатов, множеством основных состояний является множество $I = \{1,2,3\}$, являющихся соответственно, основными состояниями элементов $v \in I$ на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации. Основные состояния агрегата указывают на качественно различные состояния зданий. Каждому основному состоянию $v \in I$ можно представить число больше 0, целое (ранг основного состояния), в данной модели – это величина энергопотребления агрегата, определяемая по формуле (19).

Каждому $v \in I$ можно поставить в соответствие выпуклый многогранник $Z^{(v)}$ в евклидовом пространстве размерности $\|v\|$. При этом $Z = \bigcup_{v \in I} Z^{(v)}$, т.е. Z (пространство состояний) можно представлять, что оно состоит из различных пар вида $(v, z^{(v)})$, где $v \in I$, а $z^{(v)}$ представляет собой размерный вектор, который принимает значения из $Z^{(v)}$. Вектор $z^{(v)}$ является вектором дополнительных координат.

При имитационном моделировании энергоёмкости жизненного цикла зданий основное состояние соответствует заданному значению агрегатов энергопотребления на стадиях жизненного цикла, а вектор дополнительных координат содержит информацию о состоянии агрегата на предыдущей стадии, значения которого необходимы для конструирования будущего течения процесса $z(t)$. Данными являются числовые характеристики объектов, составляющих агрегат и характеризующих его энергопотребление. Динамика кусочно-линейного агрегата задаётся оператором U .

В начальный момент времени t_0 агрегат находится в состоянии $z(t_0) = (v, z^{(v)}(0))$, где $z^{(v)}(0)$ является внутренней точкой многогранника $Z^{(v)}$. Тогда при $t > t_0$ точка $z^{(v)}(t)$ ходит внутри многогранника $Z^{(v)}$, пока не достигнет его грани. Если это происходит в момент t_1 , который называется опорным, тогда при $t_0 < t \leq t_1, \Delta t = t - t_0$, движение агрегата определяется:

$$v(t) = v = \text{const}; \quad (18)$$

Данному значению v соответствует вектор $\alpha^{(v)}$ размерности $\|v\|$ и

$$z^{(v)}(t) = z^{(v)}(0) + \Delta t * \alpha^{(v)}. \quad (19)$$

Значение опорного момента времени t_1 определяется траекторией $z(t)$, при этом t_1 является функционалом, заданным на траекториях рассматриваемого процесса, и может быть найдено из соотношения

$$t_1 = \inf\{t: z^{(v)}(0) + (t - t_0)\alpha^{(v)} \notin Z^{(v)}, t > t_0\}. \quad (20)$$

Так как $Z^{(v)}$ – многогранник, то нахождение t_1 по формуле (19) сводится к следующему. Пусть $Z_j^{(v)}$ – j -я грань многогранника $Z^{(v)}$, при этом $Z^{(v)}$ содержит количество граней $m(v)$. Тогда грани можно выразить линейно:

$$\sum_{i=1}^{\|v\|} \gamma_{ij}^{(v)} z_i^{(v)} + \gamma_{j0}^{(v)} = 0, \quad j = 1, \dots, m(v), \quad (21)$$

где $z_i^{(v)}$ – компоненты вектора $z^{(v)}$, $i = 1, \dots, \|v\|$. Равенство (20) может быть записано в виде

$$t_1 = \min \left\{ t: z_{(0)}^{(v)} + (t - t_0)\alpha^{(v)} \in \bigcup_{j=1}^{m(v)} Z_j^{(v)}, t > t_0 \right\}.$$

или

$$t_1 = \min \left\{ t: t > t_0, \sum_{i=1}^{\|v\|} \left[\gamma_{ji}^{(v)}(0) + (t - t_0)\alpha_i^{(v)} \right] + \gamma_{j0}^{(v)} = 0 \right\}. \quad (22)$$

Минимум берётся по множеству индексов $j = 1, \dots, m(v)$.

Обозначим

$$\tau_i = - \frac{\gamma_{j0}^{(v)} + \sum_{i=1}^{\|v\|} \gamma_{ji}^{(v)} z_i^{(v)}(0)}{\sum_{i=1}^{\|v\|} \gamma_{ji}^{(v)} \alpha_i^{(v)}} \quad (23)$$

Пусть

$$\tau = \min\{\tau_j: \tau_j > 0\}. \quad (24)$$

Тогда из соотношений (22) – (24) следует, что

$$t_1 = t_0 + \tau. \quad (25)$$

В момент времени t_1 состояние кусочно-линейного агрегата изменяется скачкообразно. Именно, значение $z(t_1 + 0)$ является задаваемым распределением P_1 , которое зависит от состояния $z(t_1)$. В момент времени t_1 может выдаваться выходной сигнал (оператор G), содержание которого зависит от состояния $z(t_1)$. Структура множества Y аналогична структуре множества Z , таким образом можно представить сигналы выхода $y = (\lambda, y^{(\lambda)})$, где λ является элементом счётного множества, а $y^{(\lambda)}$ является вектором, который принимает значения из пространства Евклида размерности, зависящей от λ .

Для кусочно-линейного агрегата входные сигналы x представляются в виде $x = (\mu, x^{(\mu)})$, где μ – элемент некоторого конечного множества, а $x^{(\mu)}$ – действительный вектор, размерность которого зависит от μ . Рассмотрим состояние агрегата $z(t) = (v, z^{(v)})$ в момент t , в который поступает входной сигнал $x = (\mu, x^{(\mu)})$. В этот момент происходит скачкообразное изменение состояния агрегата, $z(t + 0)$ является задаваемым распределением P_2 , которое зависит от $z(t)$ и x . Далее движение агрегата происходит в соответствии с приведёнными начальными формулами пока не поступит очередной сигнал либо агрегат выйдет на границу допустимых значений. Таким образом, динамика агрегата энергоэффективности описана.

Основные состояния агрегата указывают на качественно различные состояния зданий в зависимости от стадий жизненного цикла. Дополнительные координаты характеризуют происходящие количественные изменения и носят вспомогательный характер. Следует отметить, что представление реальных систем в форме кусочно-линейных агрегатов неоднозначно, т.к. неоднозначно могут быть выбраны состояния агрегатов. Выбор состояния определяется как целями исследования, так и стремлением уменьшить размерность задачи [28]. По мнению автора, представление энергоэффективных зданий в виде кусочно-линейных агрегатов, в которых конкретизированы распределения P_1 и P_2 , гиперплоскостей $Z_j^{(v)}$ и скоростей $\alpha^{(v)}$, могут быть оставлены некоторые свободные, определяющие их, параметры.

Настройка таких проблемно-ориентированных на энергоэффективность агрегатов на конкретные модели энергоэффективности зданий заключается в выборе соответствующих параметров. Целесообразным является создание информационной базы разнообразных классов причинно-следственных механизмов $(P_1, P_2, Z_j^{(v)}, \alpha^{(v)})$, определяющих функционирование кусочно-линейных агрегатов энергоэффективности, в том числе проблемно-ориентированных классов. Такая база может работать совместно с программной реализацией кусочно-линейного агрегата данного вида, и, таким образом, процесс её настройки сведётся к выбору необходимой процедуры из данной базы.

Обозначим B_1 массив, включающий в себя номера агрегатов $a_1 \dots a_{s_1}$ и содержание соответствующих входных сигналов $x_1 \dots x_s$ на очередной «стадии» передачи сигналов, B_2 – аналогичный массив, характеризующий следующую «стадию» передачи сигналов; количество номеров агрегатов, входящих в него, обозначим s_2 .

Пусть T – длина отрезка времени, на котором функционирует система, N^* – заданное количество реализаций, которое нужно получить на модели, N – номер текущей реализации.

Введём следующие операторы [28]:

F_1 – формирование номера первой реализации $N=1$ (значения и параметры агрегатов энергоэффективности по 1 сценарию: энергозатраты на изготовление строительных материалов; строительно-монтажные работы; эксплуатацию и демонтаж);

Φ_2 – формирование начальных состояний агрегатов, входящих в агрегативную систему;

F_1 – формирование начального момента времени $t=0$;

A_4 – вычисление величин τ_j , $1 \leq j \leq M$, по формулам (5.16), (5.17), где M – число агрегатов в системе;

F_5 – формирование $\theta_j = \tau_j$, $1 \leq j \leq M$;

Φ_6 – формирование времени θ , лет до очередного момента поступления входного сигнала;

A_7 – вычисление времени, через которое наступит ближайшее «особое» событие, $\theta_{\min} = \min \theta_j$, $1 \leq j \leq a$, и номера агрегата k_0 , для которого $\theta_{k_0} = \theta_{\min}$;

P_8 – проверка $t \leq T$;

P_9 – проверка условия $\theta_{\text{лет}} > \theta$;

F_{10} – формирование значения текущего момента времени $t = t + \theta_{\text{лет}}$, а также $\theta = \theta - \theta_{\text{лет}}$, $\theta_j = \theta_j - \theta_{\text{лет}}$, $1 \leq j \leq M$;

A_{11} – пересчёт состояния агрегата с номером k_0 на «текущее» время (основное значение v не изменяется, а $z^{(v)}$ заменяется на значение $z^{(v)} + \alpha^{(v)} \tau_{k_0}$);

Φ_{12} – формирование выходного сигнала агрегата k_0 (выходной сигнал зависит только от «текущего» состояния агрегата);

Φ_{13} – формирование с помощью схемы сопряжения числа s_1 , номеров агрегатов $a_1 \dots a_{s_1}$ и содержаний входных сигналов $x_1 \dots x_{s_1}$ (массива B_1);

Φ_{14} – формирование нового состояния агрегата k_0 ;

F_{15} – вычисление нового значения τ_{k_0} и $\theta_{k_0} = \tau_{k_0}$;

F_{16} – формирование значения текущего момента времени $t = t + \theta$, $\theta_{\text{лет}} = \theta_{\text{лет}} - \theta$;

Φ_{17} – формирование выходного сигнала агрегата с номером a из внешней среды;

F_{18} – формирование с помощью схемы сопряжения числа s_1 и массива B_1 ;

P_{19} – проверка $s_1 > 0$;

F_{20} – формирование $j=1$ (начальное значение счётчика числа агрегатов на очередной «стадии» передачи сигналов);

A_{21} – пересчёт состояния агрегата с номером a_j (см. массив B_1) на «текущее» время (основное состояние v не изменяется, а z_v заменяется на значение $z^v + \alpha^{(v)} (\tau_{a_j} - \theta_{a_j})$);

Φ_{22} – формирование выходного сигнала агрегата с номером a_j ;

F_{23} – формирование с помощью схемы сопряжения числа (r) агрегатов – получателей сигналов, их номеров и содержаний сигналов, посылаемых на соответствующие агрегаты;

F_{24} – пополнение массива B_2 ; $s_2 = s_2 + r$, номера агрегатов и выходные сигналы дополняются выбранным оператором F_{23} ;

Φ_{25} – формирование нового состояния агрегата a_j ;

A_{26} – вычисление $\tau_{a_j}; \theta_{a_j} = \tau_{a_j}$;

F_{27} – вычисление нового значения $j = j + 1$;

P_{28} – проверка $j = s_1$;

P_{29} – проверка $s_2 > 0$;

P_{30} – проверка $\theta < 0$;

F_{31} – формирование $s_1 = s_2; s_2 = 0$;

F_{32} – формирование $B_1 = B_2$; очистка B_2 ;

P_{33} – проверка $N \leq N^*$;

A_{34} – обработка результатов моделирования;

F_{35} – формирование номера очередной реализации $N = N + 1$;

$Я_{36}$ – выдача.

Операторная схема моделирующего алгоритма имеет вид:

$$F_1^{35} \Phi_2 F_3 A_4 F_5 \Phi_6^{19,30} A_7 P_{8 \downarrow 33} P_9^{\uparrow 15} F_{10} A_{11} \Phi_{12} F_{13} \Phi_{14} A_{15}^{19,9} F_{16} \Phi_{17} F_{18}^{20,15} P_{19 \downarrow 7}^{18,32} \\ F_{20}^{28} A_{21} \Phi_{22} F_{23} F_{24} \Phi_{25} A_{26} F_{27} P_{28}^{\uparrow 21} P_{29}^{\uparrow 31} P_{30 \downarrow 31}^{\uparrow 6} F_{32}^{20,8} A_{39} P_{34 \downarrow 36} F_{35}^2 Я_{36}$$

Операторы F_1, Φ_2, F_3 подготавливают данные для работы алгоритма.

Операторы $A_4 \div A_7$ определяют номер агрегата, у которого раньше всего наступит особый момент. Величины θ_j , вычисляемые при этом, необходимы для того, чтобы знать суммарное время, проводимое агрегатами между особыми моментами. Эта же группа операторов формирует очередной момент поступления сигнала извне.

Оператор P_8 проверяет, не окончилось ли уже заданное время моделирования. Если время моделирования не окончилось, то счёт продолжается дальше, а в противном случае, идёт обработка результатов, полученных при моделировании одной реализации (A_{33}), и либо совершается переход к очередной реализации (P_{34}, F_{35}), либо моделирование оканчивается ($P_{31}, Я_{36}$).

Оператор P_9 определяет, что произойдёт раньше: выход состояния агрегата на границу допустимых значений ($\theta_{\text{лет}} < \theta$) или поступление внешнего входного сигнала ($\theta_{\text{лет}} \geq \theta$). Рассмотрим сначала случай $\theta_{\text{лет}} < \theta$. При этом оператор F_{10} производит пересчёт системного времени и величин θ, θ_j . Затем операторы $A_{11} \div A_{15}$ производят пересчёт состояния агрегата k_0 и формируют выдаваемый им выходной сигнал, который с помощью схемы сопряжения «расчленяется» на части, идущие к различным агрегатам, и эти части вместе с соответствующими адресами записываются в массив B_1 . Если таких сигналов нет ($s_1 = 0$), то оператор P_{19} передаёт управление вновь оператору A_7 и т.д. В противном случае алгоритм осуществляет «отработку» всех сигналов, записанных в массиве B_1 (оператор F_{20} и далее).

Если при работе оператора P_9 было найдено, что $\theta_{\text{лет}} \geq \theta$, то F_{16} производит пересчёт системного времени (аналогично F_{10}). Дополнительно здесь полагается, $\theta = -1$, что является далее (см. P_{30}) признаком того, обрабатывался алгоритмом, или нет, внешний выходной сигнал. Операторы Φ_{17}, F_{18} формируют содержание внешнего входного сигнала и записывают его (аналогично F_{13}) в массив B_1 , который до этого был пуст.

Далее начинается отработка сигналов, записанных в массиве B_1 . Число j показывает (F_{20}), какой по счёту сигнал из B_1 обрабатывается в цикле $A_{21} \div A_{28}$. «Длина» цикла равна s_1 – числу сигналов, записанных в B_1 . Операторы $A_{21} \div A_{26}$ (аналогично операторам $A_{11} \div A_{15}$) пересчитывают состояние агрегата с номером a_j и записывают выдаваемые им сигналы в массив B_2 .

После окончания цикла оператор P_{29} проверяет, записан ли хоть один сигнал в B_2 . Если нет, то после проверки того, обрабатывался ли внешний входной сигнал ($\theta < 0$), управление передаётся на Φ_6 (если такой сигнал обрабатывался, то необходимо сформировать новый), либо на A_7 , и работа алгоритма продолжается уже рассмотренным образом. Если же в массиве B_2 записан хотя бы один сигнал, то операторы F_{31}, F_{32} переписывают содержание массива B_2 в массив B_1 и чистят B_2 , а затем управление передаётся F_{20} для проведения очередной «стадии» отработки сигналов. Моделирующий алгоритм представлен на рисунке 42.

Таким образом, при исследовании здания как энергетической системы выявлены агрегаты энергопотребления, значение которых может быть определено посредством использования базы данных энергоёмкости строительных материалов. Целесообразно разработать структуру и затем на её основе саму базу данных энергоёмкости строительных материалов учётом их участия на стадиях жизненного цикла здания.

Предлагаемая концептуальная имитационная модель энергоёмкости жизненного цикла зданий характеризуется интеграцией агрегатов энергопотребления различной природы и сложными, неоднозначными связями между ними. В связи с этим при работе с моделью особую важность имеют возможности получения ответов на формируемые, по мере появления необходимости, запросы на информацию о показателях энергопотребления в течение жизненного цикла зданий.

С этой целью целесообразно разработать и использовать систему управления данными (СУБД). При этом в качестве модели данных автором предлагается реляционная модель, так как она обеспечивает наибольшую гибкость при отображении на неё концептуальной имитационной модели. Применение реляционных баз данных позволяет обеспечить непрерывность процессов обеспечения энергоэффективности, на что направлены все действенные стандарты, программы и руководства в области менеджмента энергоэффективности (а также экологического менеджмента), содержащие понятие постоянного улучшения (*continuous improvement*), подразумевающее, что менеджмент энергоэффективности является процессом, а не проектом, осуществление которого рано или поздно подходит к концу [223]. Для разработки структуры реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов необходимо определить предметную область – совокупность строительных материалов, участвующих в процессах жизненного цикла зданий. Далее необходимо определить модель представления данных, определить их сущности и атрибуты, описать взаимосвязи между ними. Далее необходимо определить СУБД и соответствующее программное обеспечение для хранения и работы с данными.

ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЭНЕРГОЁМКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

6.1. Формирование исходных данных, и оценка результатов сценарного расчёта имитационной модели

В качестве примера для проведения первого сценарного расчёта по разработанной концептуальной имитационной модели рассмотрен жизненный цикл 10-этажного жилого дома, построенного в г. Иваново. Техничко-экономические показатели здания представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Техничко-экономические показатели здания

Наименование	Значение
Шифр проекта	017/11-ОВ
Район строительства	г. Иваново
Назначение	жилое
Размещение в застройке	отдельностоящее
Тип здания	10-ти этажное
Конструктивное решение здания	Кирпичное
Наружные стены	кирпичные с утеплителем из пенополистирольных плит с противопожарными рассечками их минераловатных плит
Внутренние стены	кирпичные
Окна	ПВХ профиль с двухкамерными стеклопакетами
Двери	деревянные
Общая площадь здания	5998 м ²
Площадь квартир	4198,5 м ²

Окончание таблицы 16

Строительный объём здания	25819,0 м ³
Водоснабжение	от существующей водопроводной сети
Горячее водоснабжение	от индивидуальных газовых котлов
Отопление	наружные сети с температурным графиком 110-70°С, системы отопления - зависимое подключение с организацией индивидуального теплового пункта
Вентиляция	приточно-вытяжная с естественным побуждением
Электроснабжение	от встроенной трансформаторной подстанции
Наличие узлов учёта расхода тепловой и электрической энергии, топлива и воды	да
Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	57,8 кДж/(м ² ·°С·сут)
Класс энергоэффективности здания	В

Исследуемый проект разработан для строительства 72-квартирного жилого дома по ул. Революционной в г. Иваново. Многоквартирный жилой дом формируется путем блокировки 2-х секций, являющихся элементами объемно-планировочной структуры здания. Жилой дом запроектированы с развитием в двух направлениях, под углом 90° и размещением лестнично-лифтового узла в центральной части секции с ориентацией на внутреннюю (дворовую) сторону.

Наружные и внутренние стены - кирпичные. Наружные стены с утеплителем из пенополистирольных плит (устанавливаемых в разбежку с горизонтальными рассечками из минераловатных плит по ГОСТ 15588-86), предусмотрены также

противопожарные рассечки из минераловатных плит по периметру оконных проемов. Объемно-пространственное и архитектурно-планировочное решение обусловлено конфигурацией участка, заданием на проектирование. Высотное решение отвечает градостроительному регламенту и правилам землепользования, и застройке г. Иванова. Жилое здание с офисными помещениями, предназначено для строительства в г. Иваново. Наружные стены – силикатный кирпич с утеплителем. Подвал не отапливаемый. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения. Окна – с тройным остеклением в двойных стеклопакетах с ПВХ переплётами.

Рабочей документацией предусмотрено размещение узла учета тепловой энергии в здании. Учет потребляемой энергии на отопление и горячее водоснабжение осуществляется в ИТП. Для учета расходов воды на вводе водопровода в здание предусмотрена установка общего счетчика ВСКМ-40 с обводной линией диаметром 65мм. Здание является энергоэффективным (согласно данных энергетического паспорта зданию присвоен класс энергоэффективности «В» по СНиП 23-02-2003.)

Расчёт агрегатов энергопотребления для первого сценария разработанной имитационной модели произведён автором при помощи электронных таблиц MS Excel. В качестве базового варианта приняты проектные решения здания, энергозатраты на производство строительных материалов, СМР, ремонтных работ и демонтажа приняты на основе исследований и научных работ, проведённых российскими учёными, а также нормативно-технической литературы [128, 97, 120, 108, 263, 92, 211, 256, 96 и др.].

Расчёт произведён исходя из срока жизненного цикла здания равному 150 лет (здания особо капитальные по [128]). Расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки, производство СМР, на производство работ по текущему и капитальному ремонтам приняты равными как допущение в модели.

Расчёт агрегатов энергопотребления представлен в таблицах 17-23.

Таблица 17 – Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов и конструкций (а₁)

Наименование материала	Конструкция	Ед. изм.	Кол-во	Энергоресурсы		
				на единицу измерения		на весь объём, т.у.т.
				расчёт	т.у.т.	
1	2	3	4	5	6	7
Железобетон	Железобетон (фундамент)	м ³	503,35	80 + 54 + 74,24 = 208,24 кг у.т./м ²	0,208	104,82
	Железобетон (плиты)	м ³	806,17	81 + 54 + 74,24 = 208,24 кг у.т./м ²	0,208	167,88
	Железобетон (лестницы)	м ³	49,73	82 + 54 + 74,24 = 208,24 кг у.т./м ²	0,208	10,36
Кирпич	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-150/15 ГОСТ 379-95 (1,2,3 этажи)	м ³	1045,28	85 кг у.т. на тыс. шт. у.к.	0,211	221,02
	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-100/15 ГОСТ 379-95 (4-9 этажи)	м ³	2549,62	85 кг у.т. на тыс. шт. у.к.	0,211	539,10
	Кирпич керамический 150/25 ниже отметки 0,000 + стены санузлов	м ³	889,53	204,4 кг у.т. на тыс. шт. у.к.	0,508	452,29
Цементно-песчаный раствор	Раствор М 100 (кирпичная кладка, фасадная плитка)	м ³	1080,47	240 кг у.т. на т цемента (производство) + 7 кг у.т. на м ³ (приготовление) марки М 400	0,246	265,80
	Цементный раствор (стены, полы, швы потолка) М 25	м ³	31,375	240 кг у.т. на т цемента (производство) + 7 кг у.т. на м ³ (приготовление) марки М 400	0,246	7,72

Продолжение таблицы 17

	Бетон Б 15 (монолитные участки)	м ³	35,91	240 кг у.т. на т цемента (производство) + 7 кг у.т. на м ³ (приготовление)	0,246	8,83
	Цементно-песчаный раствор (кровля, полы) М50-30мм	м ³	38,496	240 кг у.т. на т цемента (производство) + 7 кг у.т. на м ³ (приготовление)	0,246	9,47
Металл	Металлические ограждения (лестницы)	т	1,72	1900 кг у.т./т	1,900	3,27
	Арматура	т	2,8728	920 производство стали+8 производство товарной арматуры	0,928	2,67
	Ограждение кровля	м ²	36,94	1050 кг у.т/т	36,94*0,003 *7,8*1050/ 1000	0,909
Утеплитель	Пенополистирольные плиты ПСБС-25Ф по ГОСТ15588-85 толщиной 130 мм (фасад)	м ²	3266	35 кг.у.т. на куб.м	0,0046	14,86
	Пенополистирол Технониколь 30-250 180 мм (кровля)	м ²	738,7	35 кг.у.т. на куб.м	0,0063	4,65
	Пенополистирол ПСБ-С-50 ГОСТ 15588-86-40 мм (полы)	м ²	544,5	35 кг.у.т. на куб.м	0,005	2,70
	Минераловатные плиты (фасад) ROCKWOOL Фасад БАТТС 130 мм	м ²	820	91 кг.у.т. на куб. м	0,012	9,70
ГКЛ	ГКЛ 125 мм по системе KNAUF Серия 1.031.9-2.00	м ²	1253,24	11,2 кг у.т./ м ²	0,011	14,04
Плитка	Клинкерная фасадная плитка 100 "perla liso" по низу 500 мм от от-мостки	м ²	168,564	11,2 кг у.т./ м ²	0,011	1,89

Окончание таблицы 17

	Кварц-виниловые плитки UPOFLOR (полы)	м ²	546,8	11,2 кг у.т./ м ²	0,011	6,12
	Напольная плитка КЕРАМА	м ²	324	11,2 кг у.т./ м ²	0,011	3,63
	Керамическая плитка	м ²	286	11,2 кг у.т./ м ²	0,011	3,20
Изоляционные материалы	Биокроэласт ТПП ТУ 5774-019-17925162-2003 (кровля)	м ²	738,7	2,4 т.у.т. на 1000 кв.м.	0,0024	1,77
	Праймер битумный Технониколь ТУ 5775-011-17925162-2003 (кровля)	м ²	2,958	2,4 т.у.т. на 1000 кв.м.	0,0024	0,01
	Керамзит	м ³	2,958	110 кг у.т. на 1 м ³	0,110	0,33
	Рулонный ковёр (Унифлекс ВЕНТ ЭВП ТУ 5774-001-17925162-99)	м ²	738,7	2,4 т.у.т. на 1000 кв.м.	0,002400	1,77
	Гидроизоляция (2 слоя рубероида на битумной мастике)	м ²	679,1	2,4 т.у.т. на 1000 кв.м.	0,002400	1,63
Линолеум	В жилых комнатах	м ²	1123,2	2,4 т.у.т. на 1000 кв.м.	0,002400	2,70
Окна и балконные двери	профиль ПВХ с двухкамерными стеклопакетами	м ²	1361	12,5 кг у.т./м ²	0,013	17,01
Двери деревянные	межкомнатные	м ²	989,76	85,8 кг у.т./м ³	0,003	3,18
Радиаторы биметаллические		т	2,50		6,200	15,50
ИТОГО						1898,82
Неучтённые энергоресурсы (5%)						94,94
ВСЕГО ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ						1993,76
Расход энергоресурсов, т.у.т. на 1 м ²						0,332

Таблица 18 – Расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки, производство СМР, на производство работ по текущему и капитальному ремонтам, (a_2, a_8, a_{10})

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Энергоресурсы на производство ед. изм.		Энергоресурсы на весь объём, т.у.т.
			в натуральном выражении	в т.у.т.	
СМР на возведение здания	м ²	5998,00	0,076 т.у.т. на 1 м ² площади здания	0,076	455,85
Энергозатраты на работы по текущим и капитальным ремонтам здания	м ²	5998,00	0,076 т.у.т. на 1 м ² площади здания	0,076	455,85
Энергозатраты на демонтаж здания	м ²	5998,00	0,076 т.у.т. на 1 м ² площади здания	0,076	455,85

Таблица 19 – Расходы энергетических ресурсов на отопление здания (a_3)

Наименование расчётных параметров	Ед. измерения	Значение
Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	кДж/(м ² ·°С·сут)	57,8
	т.у.т./(м ² ·°С·сут)	1,97216*10 ⁻⁶
Градусо-сутки отопительного периода	°С·сут	5 234
Отапливаемая площадь здания	м ²	5230
Расход энергоресурсов на отопление здания за 1 год	т.у.т.	53,985
Расход энергоресурсов на отопление здания за 150 лет	т.у.т.	8097,824

Таблица 20 – Расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании

(a_4)

Наименование расчётных параметров	Ед. измерения	Значение	Формула расчёта, примечание
Площадь офисов	м ²	546,80	
Высота помещений	м	2,40	
Теплопритоки от окна, стен, пола и потолка (Q_1)	кВт	1,31	$Q_1 = S * h * q / 1000 = 546,8 \text{ м}^2 * 2,4 \text{ м} / 1000 = 1,31 \text{ кВт}$.

Окончание таблицы 20

Сумма теплопритоков от людей (Q_2)	кВт	3,95	$Q_2 = (546,8/18) * 0,13 = 3,95$ кВт.
Сумма теплопритоков от бытовых приборов (Q_3)	кВт	2,75	$Q_3 = (0,3 \text{ кВт} + 0,2 \text{ кВт} + 0,05 \text{ кВт}) * 5 = 2,75$ кВт
Расчетная мощность кондиционера	кВт	8,01	$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1,31 \text{ кВт} + 3,95 \text{ кВт} + 2,75 \text{ кВт} = 8,01$ кВт
	т.у.т./час	0,000983909	
Время работы кондиционера (в год)	ч	720	
Расход энергоресурсов на кондиционирование здания, в год	т.у.т.	0,7084	
Расход энергоресурсов на кондиционирование здания, за 150 лет	т.у.т.	106,2621	
Удельная расчетная нагрузка электроприемников (квартиры с плитами на природном газе и бытовыми кондиционерами воздуха по зонам, расчетная температура, °С)	кВт/квартиру	1,63	ВСН 59-88
Абсолютная максимальная температура воздуха (Иваново)	°С	38,00	СНиП 23-01-99
Количество квартир	шт	72	
Расчётное электропотребление квартир	кВт	117	
Расчетная нагрузка линии питания лифтовых установок и офисов	кВт	24,4	Пояснительная записка к проекту здания
Расход энергоресурсов на электроснабжение и освещение здания, в год	кВт*ч	309666	
	т.у.т.	38,038	
Расход энергоресурсов на электроснабжение и освещение здания, за 150 лет	т.у.т.	5705,675	
Всего по агрегату		5811,94	

Таблица 21 – Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов (а7)

Наименование материала	Конструкция	Ед. изм.	Кол-во	Нормативный межремонтный срок службы, лет	Количество ремонтов за срок службы	Кол-во материалов для ремонта за срок жизни здания	Энергоресурсы на производство материалов для капремонта, т.у.т.
Железобетон	Железобетон (фундамент)	м ³	503,35	150	0	0,00	0,00
	Железобетон (плиты)	м ³	806,17	150	0	0,00	0,00
	Железобетон (лестницы)	м ³	49,73	150	0	0,00	0,00
	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-150/15 ГОСТ 379-95 (1,2,3 этажи)	м ³	1045,28	150	0	0,00	0,00
Кирпич	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-100/15 ГОСТ 379-95 (4-9 этажи)	м ³	2549,62	150	0	0,00	0,00
	Кирпич керамический 150/25 ниже отметки 0,000 + стены санузлов	м ³	889,53	60	2	1779,06	904,58
Цементно-песчаный раствор	Раствор М 100 (кирпичная кладка, фасадная плитка)	м ³	1080,47	150	0	0,00	0,00
	Цементный раствор (стены, полы, швы потолка) М 25	м ³	31,38	30	4	125,50	46,48
	Бетон Б 15 (монолитные участки)	м ³	35,91	150	0	0,00	0,00

Продолжение таблицы 21

	Цементно-песчаный раствор (кровля, полы) М50-30 мм	м ³	38,50	40	3	115,49	53,34
Металл	Металлические ограждения (лестницы)	т	1,72	15	9	15,51	29,46
	Арматура	т	2,87	150	0	0,00	0,00
	Ограждение кровля	м ²	36,94	15	9	332,42	8,17
Утеплитель	Пенополистирольные плиты ПСБС-25Ф по ГОСТ15588-85 толщиной 130 мм (фасад)	м ²	3266,00	50	2	6532,00	29,72
	Пенополистирол Технониколь 30-250 180 мм (кровля)	м ²	738,70	50	2	1477,40	9,31
	Пенополистирол ПСБ-С-50 ГОСТ 15588-86-40 мм (полы)	м ²	544,50	10	14	7623,00	37,79
	Минераловатные плиты (фасад) ROCKWOOL Фасад БАТТС 130 мм	м ²	820,00	50	2	1640,00	5,40
ГКЛ	ГКЛ 125 мм по системе KNAUF Серия 1.031.9-2.00	м ²	1253,24	60	2	2506,49	28,07
Плитка	Клинкерная фасадная плитка 100 "perla liso" по низу 500 мм от от-мостки	м ²	168,56	75	1	0,00	1,89
	Кварц-виниловые плитки UPOFLOR (полы)	м ²	546,80	90	1	0,00	6,12
	Напольная плитка КЕРАМА	м ²	324,00	90	1	0,00	3,63
	Керамическая плитка	м ²	286,00	90	1	0,00	3,20
Изоляционные мате-риалы	Биокроэласт ТПП ТУ 5774-019-17925162-2003 (кровля)	м ²	738,70	10	14	10341,80	24,82

Окончание таблицы 21

	Праймер битумный Технониколь ТУ 5775-011-17925162-2003 (кровля)	м ²	2,96	10	14	41,41	0,10
	Керамзит	м ³	2,96	15	9	26,62	2,93
	Рулонный ковёр (Унифлекс ВЕНТ ЭВП ТУ 5774-001- 17925162-99)	м ²	738,70	5	29	21422,30	51,41
	Гидроизоляция (2 слоя руберо- ида на битумной мастике)	м ²	679,10	10	14	9507,40	22,82
Линолеум	В жилых комнатах	м ²	1123,20	30	4	4492,80	10,78
Окна и балконные двери	профиль ПВХ с двухкамерными стеклопакетами	м ²	1361,00	40	3	4083,00	51,04
Двери деревянные	межкомнатные	м ²	989,76	40	3	2969,28	9,55
Радиаторы биметаллические		т	2,50	40	3	6,20	15,50
ИТОГО							1356,12
Неучтённые энергоресурсы (5%)							67,81
ВСЕГО ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕМОНТА							1423,92

Таблица 22 – Расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов и после демонтажа здания (а₉)

Тип конструкции	Вид материала	Ед. изм.	Кол-во с учётом ремонтов	Энергоресурсы на утилизацию ед. изм., в натуральном выражении		Энергоресурсы на утилизацию всего объёма, т.у.т.
				в натуральном выражении	в т.у.т.	
Железобетон	Железобетон (фундамент)	м ³	503,35		0,02603	13,102
	Железобетон (плиты)	м ³	806,17		0,02603	20,985
	Железобетон (лестницы)	м ³	49,73		0,02603	1,295
	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-150/15 ГОСТ 379-95 (1,2,3 этажи)	м ³	1045,28		0,02643	27,627
Кирпич	Кирпич силикатный утолщённый полнотелый СУР-100/15 ГОСТ 379-95 (4-9 этажи)	м ³	2549,62		0,02643	67,387
	Кирпич керамический 150/25 ниже отметки 0,000 + стены санузлов	м ³	889,53		0,06356	56,536
Цементно-песчаный раствор	Раствор М 100 (кирпичная кладка, фасадная плитка)	м ³	1080,47		0,03075	33,225
	Цементный раствор (стены, полы, швы потолка) М 25	м ³	31,38		0,03075	0,965
	Бетон Б 15 (монолитные участки)	м ³	35,91		0,02603	0,935

Продолжение таблицы 22

	Цементно-песчаный раствор (кровля, полы) М50-30мм	м ³	38,50		0,02603	1,002
Металл	Металлические ограждения (лестницы)	т	1,72	370 кВт*ч на тонну стали	370/8141 = 0,045	0,077
	Арматура	т	2,87		0,045	0,129
	Ограждение кровля	м ²	36,94		36,94*0,003*7,8*0,045=0,039	1,441
Утеплитель	Пенополистирольные плиты ПСБС-25Ф по ГОСТ15588-85 толщиной 130 мм (фасад)	м ²	3266,00		0,00455	14,860
	Пенополистирол Технониколь 30-250 180 мм (кровля)	м ²	738,70		0,00630	4,654
	Пенополистирол ПСБ-С-50 ГОСТ 15588-86-40 мм (полы)	м ²	544,50		0,01183	6,441
	Минераловатные плиты (фасад) ROCKWOOL Фасад БАТТС 130 мм	м ²	820,00		0,00496	4,065
ГКЛ	ГКЛ 125 мм по системе KNAUF Серия 1.031.9-2.00	м ²	1253,24		0,01120	14,036
Плитка	Клинкерная фасадная плитка 100 "perla liso" по низу 500 мм от отмостки	м ²	168,56		0,02643	4,455
	Кварц-виниловые плитки UPOFLOR (полы)	м ²	546,80		0,02643	14,452

Окончание таблицы 22

	Напольная плитка КЕРАМА	м ²	324,00		0,02643	8,563
	Керамическая плитка	м ²	286,00		0,02643	7,559
Изоляционные материалы	Биокроэласт ТПП ТУ 5774-019-17925162-2003 (кровля)	м ²	738,70	70 кВт*ч на 1 т битума	$70/8141*0,0117=0,0001$	0,074
	Праймер битумный Техно-николь ТУ 5775-011-17925162-2003 (кровля)	м ²	2,96	70 кВт*ч на 1 т битума	0,0001	0,000
	Рулонный ковёр (Унифлекс ВЕНТ ЭВП ТУ 5774-001-17925162-99)	м ²	738,70	72 кВт*ч на 1 т битума	$72/8141*0,0117=0,0001$	0,074
	Гидроизоляция (2 слоя рубероида на битумной мастике)	м ²	679,10	72 кВт*ч на 1 т битума	0,0001	0,068
Линолеум	В жилых комнатах	м ²	1123,20	800 кВт*ч на 1 т	0,00024567	0,276
Окна и балконные двери	профиль ПВХ с двухкамерными стеклопакетами	м ²	1361,00	800 кВт*ч на 1 т	0,002358433	3,210
Двери деревянные	межкомнатные	т	16,33	600 кВт на 1 т	$600/8141=0,074$	1,208
Радиаторы биметаллические		т	2,50	370 кВт*ч	0,045	0,113
ИТОГО						308,815
Неучтённые энергоресурсы (5%)						15,441
ВСЕГО ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ						324,256

Таблица 23 – Сводная таблица расчёта агрегатов

Этап жизненного цикла	Наименование агрегата	Значение, т.у.т.
Проектирование	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов и конструкций	1993,76
	Расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки и производство СМР	455,85
Эксплуатация	Расходы энергетических ресурсов на отопление здания	8097,82
	Расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании	5811,94
	Расходы энергетических ресурсов на водоснабжение и водоотведение здания (64,49 м ³ /сут *365*150)	3530828 м ³
	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов	1381,37
	Расходы энергетических ресурсов на производство работ по текущему и капитальному ремонтам	455,85
	Расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для производства текущего и капитального ремонтов и демонтажа здания	324,26
	Расходы энергетических ресурсов на работы по демонтажу здания	455,85
ИТОГО расходы энергоресурсов на жизненный цикл здания Σa		18976,69

Таким образом, первый сценарный расчёт показал, что затраты энергоресурсов в течение жизненного цикла здания накапливаются постепенно, в целом на жизненный цикл одного 10-этажного жилого здания расходуется 18,97 тыс. т.у.т. и 3530 тыс. м³ воды или 3,16 т.у.т. и 588 м³ воды на 1 м² общей площади здания. По данным первого сценарного расчёта по имитационной модели можно увидеть распределение затрат энергоресурсов здания в течение всего жизненного цикла (рисунок 43). Видно, что наиболее энергоёмкими являются энергозатраты на отопление (43%) здания и электроснабжение (31%). Остальная часть энергозатрат представлена в основном энергозатратами на производство строительных материалов для строительства и ремонта здания. Следовательно, данным затратам необходимо уделять наибольшее внимание в процессах организации жизненного цикла здания.

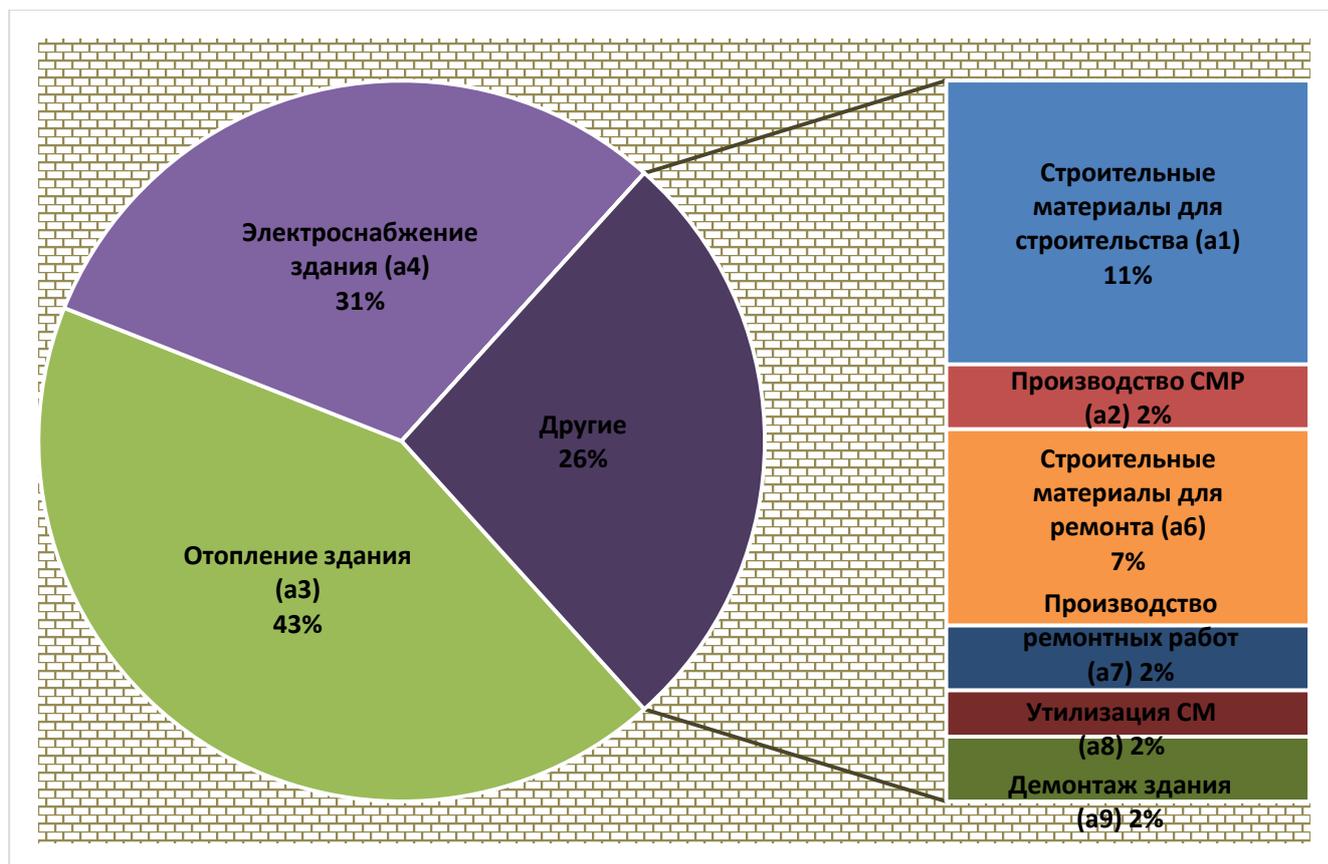


Рисунок 43 – Структура затрат энергоресурсов здания в течение жизненного цикла

6.2. Разработка структуры реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов

При проектировании зданий одним из критериев оценки проектных решений, в том числе и по выбору строительного материала, наряду с критериями экологической безопасности, должны служить совокупные удельные энергозатраты на строительство здания, его эксплуатацию (отопление, ремонт и т.п.) за весь расчетный срок службы этого здания и дальнейшую утилизацию. При этом необходимо учитывать то, что экономия от выбора наиболее теплосберегающего строительного материала в итоге за весь жизненный цикл здания при коротком сроке службы будет меньше, чем при выборе менее теплосберегающего, но при этом менее энергоёмкого в производстве и более экологичного, и с большим сроком службы в течение жизненного цикла.

Очевидно, что важную роль в процессе принятия проектных решений в сфере строительства и реконструкции зданий играет информационная поддержка, основанная на достоверной и актуальной информации об энергоёмкости строительных материалов и технологий. В настоящее время не существует единого информационного ресурса, содержащего все необходимые данные об энергозатратах на производство, эксплуатацию и утилизацию строительных материалов. Поиск необходимых данных об энергоёмкости строительных материалов затруднен, так как они, как правило, приведены в различных источниках, научно-технической и методической литературе, а также в технических паспортах производителей. Эти данные разрозненны, кроме того, показатели энергоёмкости производства не связаны с эксплуатационными характеристиками материалов, показателями срока службы, ремонтпригодности и утилизации строительных материалов, содержатся в разных источниках. Очевидно, установление такой информационной связи необходимо при выборе материалов, так как экономический эффект от экономии тепловой энергии при применении энергоёмких утеплителей в период эксплуатации здания может быть меньше, чем при возведении здания из традиционных, не менее энергоёмких и более надёжных и экологичных материалов со значительным сроком службы, отвечающим принципам устойчивого развития [184].

Подобный выбор строительных материалов может быть осуществлён в том числе посредством использования реляционной базы данных по энергоёмкости строительных материалов, так как применение реляционных баз, данных позволяет обеспечить непрерывность процессов обеспечения энергоэффективности, на что направлены все действенные стандарты, программы и руководства в области менеджмента энергоэффективности, а также экологического менеджмента. Реляционная модель базы данных представляет собой совокупность таблиц, содержащих информацию, описывающую объект. База данных динамична, может обновляться с учётом новых данных о свойствах материалов и их энергоёмкости, что имеет важное экономическое и экологическое значение. Таким образом, создание базы дан-

ных энергоёмкости строительных материалов является актуальным и необходимым направлением развития современной науки, её использование направлено на решение важных научных и практических проблем.

В настоящее время подобная база отсутствует, показатели энергоёмкости строительных материалов разрозненны, указаны в отдельных источниках научной, методической и технической литературы. Автору не удалось найти аналогов предлагаемой информационной системы ни в России, ни за рубежом. Между тем использование единой базы данных энергоёмкости строительных материалов позволит проектировщикам, строителям, инжиниринговым организациям разрабатывать и внедрять в проекты строительства и реконструкции зданий строительные материалы с наименьшей энергоёмкостью без потери надёжности и комфортности.

В настоящее время разработаны различные методики определения энергоёмкости зданий, однако в них не учтены затраты энергоресурсов на ликвидацию здания и утилизацию строительных материалов, кроме этого, полная энергоёмкость здания не включает в себя расходы энергоресурсов на проведение текущих и капитальных ремонтов в течение расчётного периода, в существующих методиках [96] расчёты производятся на срок эксплуатации здания 25 лет, в то время как срок службы зданий 1 группы (каменные особо капитальные) составляет 150 лет.

Создаваемая автором информационная система энергоёмкости основных строительных материалов отличается от простого перечисления значений энергетических затрат на их производство тем, что при её формировании используется реляционный подход, основанный на небольшом числе интуитивно понятных абстракций, на основе которых возможно простое моделирование наиболее распространенных предметных областей; эти абстракции могут быть точно и формально определены; теоретическим базисом реляционного подхода к организации баз данных служит простой и мощный математический аппарат теории множеств и математической логики; реляционный подход обеспечивает возможность ненавигационного манипулирования данными без необходимости знания конкретной физической организации баз данных во внешней памяти.

В основу структуры базы данных автором положена классификация строительных материалов, предложенная в учебнике Горчакова Г.И. и Баженова Ю.М. «Строительные материалы» [48], являющемуся базой для строительных специальностей. Строительные конструкции постоянно подвержены нагрузкам от окружающей среды, строительные материалы должны обладать многими свойствами для восприятия данных нагрузок, поэтому основу их классификации составляет признак по назначению (таблица 24).

Таблица 24 – Классификация строительных материалов по назначению

Тип назначения	Наименование группы	Вид материала
1	2	3
1. Конструкционные материалы	1.1. Природные каменные материалы	Бут, щебень, гравий, песок, блоки, стеновые камни, камни специального назначения (гидротехнические сооружения, дороги, кислотоупорные)
	1.2. Неорганические и органические вяжущие вещества	Неорганические (известь, цемент, гипсовые вяжущие, жидкое стекло) Органические (битумы, дёгти, животный клей, полимеры)
	1.3. Искусственные каменные материалы:	
	1.3.1. получаемые на основе вяжущих веществ	Бетоны, железобетоны, строительные растворы
	1.3.2. получаемые термической обработкой минерального сырья	Керамические материалы и изделия (кирпич, черепица, облицовочные изделия), керамзит, ячеистая керамика, сан-тех изделия, плитки, трубы, стекло, ситаллы, плавленные каменные изделия силикатные изделия автоклавного твердения (силикатный кирпич, силикатные бетоны)
	1.4. Металлы	Сталь, чугун, алюминий, сплавы, цветные металлы
	1.5. Полимеры	Пенопласты, поропласты, полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, поливинилацетат, органическое стекло,

Продолжение таблицы 24

		синтетический каучук, полимерные смолы, линолеумы, конструкционные полимерные материалы (ДСП, стеклопластики, стекловолокно, композиционные материалы (полимербетоны), отделочные материалы, полимерные краски
	1.6. Древесные материалы	Доски, бруски, паркет, столярные изделия, фанера, ДСП, ДВП
	1.7. Композиционные материалы	Асбестоцемент, полимербетон, фибробетон, стеклопластики
2. Строительные материалы специального назначения	2.1. Теплоизоляционные	Неорганические: минеральная вата, керамические теплоизоляционные изделия, теплоизоляционные лёгкие бетоны, вулканитовые изделия, пеностекло, керамзитобетон, стеклопор, перлит, асбестовые материалы, алюминевая фольга, неорганические рыхлые материалы
		Органические: фибролит, арболит, ДСП, ДВП, камышитовые и торфяные плиты, строительный войлок, пенопласты, ячеистые пластмассы, пенополистирол
	2.2. Акустические	Звукопоглощающие минераловатные плиты, декоративно-акустические плиты, жёсткие ДВП, акустический фибролит, минераловатные рулоны и маты, гипсовые акустические плиты, керамические плиты и блоки
	2.3. Гидроизоляционные	Рулонные материалы: рубероид, пергамин, стеклорубероид и стекловолокно, гидростеклоизол, асфальтовые армированные маты, фольгоизол, фольгорубероид, гидроизол, бризол, изол, толь, ПВХ плёнки Листовые материалы: битумные листы, гидроизоляционные плиты Мастики (битумные, дёгтевые),

Окончание таблицы 24

		эмульсии, пасты, лаки
	2.4. Отделочные	Декоративные бумажно-слоистые пластики, декоративно-отделочные плёнки, обои, полистирольные плитки и листы, лакокрасочные материалы (полимерные эмульсионные полимерцементные, эмалевые, масляные, силикатные), олифы, обмазки
	2.5. Антикоррозионные	Легирующие элементы, защитные покрытия (краски, лаки, эмали, катодное анодное покрытие, фосфатирование)
	2.6. Огнеупорные	Кремнеземистые огнеупоры (кварцевое стекло, диносовые); алюмосиликатные огнеупоры (полукислые, шамотные, высокоглиноземистые)
	2.7. Материалы для защиты от радиационных воздействий	Радиационно-защитная штукатурка, свинец, сталь, бетон

Как видно из таблицы 24, классификация строительных материалов обширна, некоторые материалы повторяются в разных группах, так как могут выполнять разные функции: как конструкционного, так и специального назначения. Следовательно, целесообразно создавать структуру базы данных не по принципу классификации строительных материалов, а по принципу их места в здании как единой системе, при этом строительные материалы будут находиться на разных уровнях иерархии: здание – отдельные элементы и строительные конструкции здания – строительные материалы. Если классифицировать строительные материалы таким образом, то высшим уровнем иерархии является здание, на первом уровне несменяемые элементы (определяющие срок жизни здания), на втором уровне сменяемые элементы, подлежащие текущему и капитальному ремонтам. Разделение элементов здания на сменяемые и несменяемые определяется по нормативным документам и способам определения физического износа элементов: для сменяемых элементов износ можно определить нормативным методом, для несменяемых

нельзя. Таким образом, при проведении ремонта строительные материалы для несменяемых элементов подлежат замене при проведении капитальных ремонтов, реконструкции, демонтажу и дальнейшей утилизации или рециклингу, а строительные материалы для сменяемых элементов подлежат замене исходя из срока эксплуатации. Иерархическая база данных строительных материалов, построенная на основе базы данных элементов зданий включает описание из физических единиц измерения и энергоёмкости по каждому элементу нижнего уровня иерархии и стадии жизненного цикла здания. База данных содержит сведения о для каждого строительного материала, составляющего элемент нижнего уровня иерархии.

Таким образом, в структуре базы данных можно выделить следующие элементы: наименование материала, его тип, марка, энергоёмкость в зависимости от стадии жизненного цикла здания. Несмотря на то, что использование иерархической базы данных позволяет строить модель с древовидной структурой, она может содержать избыточные данные, так как одни и те же строительные материалы участвуют на разных стадиях жизненного цикла зданий. Схема иерархической модели строительных материалов по элементам здания представлена на рисунке 44.

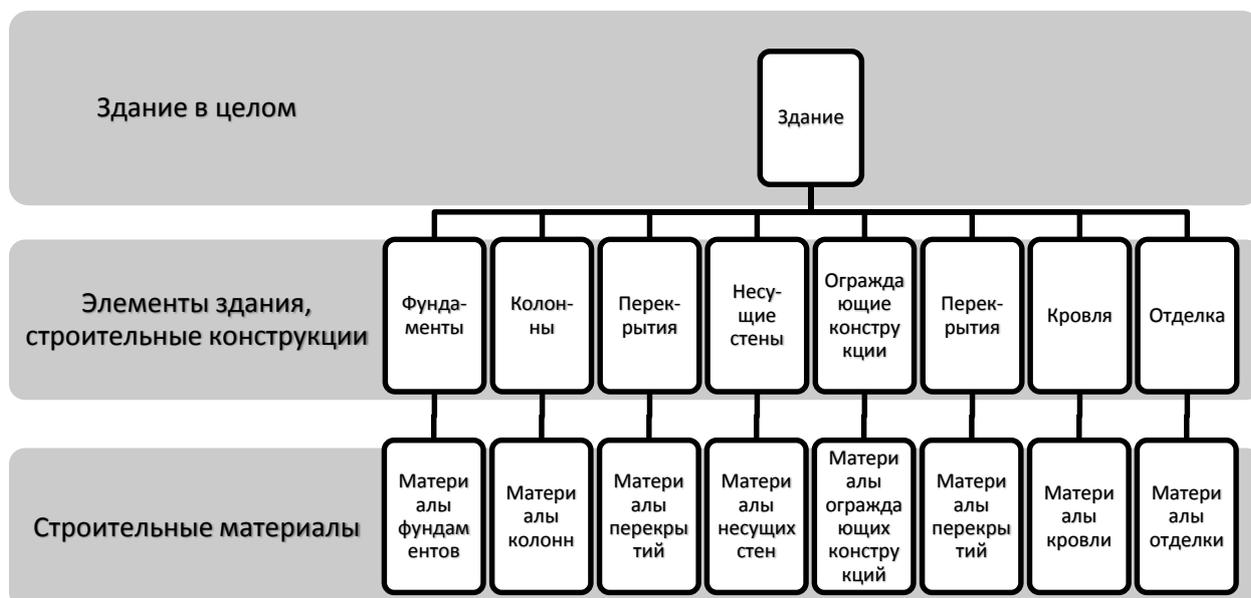


Рисунок 44 – Иерархическая модель строительных материалов по элементам здания

Однако приведенная иерархическая модель имеет существенные недостатки, а именно, она не учитывает стадию жизненного цикла зданий, количество замен материала в течение срока службы, тип, марку материала, энергетические затраты на производство, СМР, эксплуатацию, демонтаж, рециклинг и утилизацию строительных материалов после демонтажа.

Для расчёта энергоёмкости всего жизненного цикла зданий возможно добавление еще одного поля данных со значениями теплопроводности строительных материалов и конструкций, однако это делать нецелесообразно, так как может быть утрачена структура первоначальной базы данных и произойти её переориентация, так как в базе появятся данные с разным физическим смыслом, кроме того, база данных существенно усложнится, так как теплопроводность материала зависит от многих факторов (влажность, воздухопроницаемость, плотность и др.) и должна определяться для каждого здания и отдельного элемента путём теплотехнического расчёта.

Кроме перечисленных недостатков, по мнению автора, формирование базы данных строительных материалов как в иерархическом, так и в виде плоской таблицы, сопряжено со сложностью как составления, так и использования. Используемых в настоящее время строительных материалов очень много, кроме того, они подразделяются по многим категориям с учётом физических свойств, технологии изготовления и эксплуатации, и так далее, что влияет и на единицы измерения, и на типовые размеры, и на условия эксплуатации, и так далее. Учёт абсолютно всех параметров строительных материалов в одной таблице сделает её громоздкой и крайне неудобной для использования, кроме того, производители данных материалов столкнутся с затруднениями в определении энергоёмкости их изготовления, также и строительные организации не смогут выделить ту или иную марку или тип материала при производстве строительного-монтажных работ при определении их энергоёмкости. То же самое касается и проведения ремонтов и иных условий эксплуатации, и определения энергоёмкости завершающей стадии жизненного цикла здания.

Таким образом, целесообразно использовать структуру именно реляционной модели данных, являющейся основой гибких и эффективных механизмов наиболее распространенных и доступных СУБД Microsoft Access.

При проектировании схемы реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов целесообразно основным элементом выбрать строительный материал по его наименованию, затем ввести уточняющие параметры: тип, марка, размер материала, его единицы измерения и значения энергоёмкости в зависимости от стадии жизненного цикла. При этом принципиальным является разделение по типу участия материала в процессах ремонта и реконструкции: для сменяемых элементов – ремонт строительного материала, для несменяемых – реконструкция. Все данные должны иметь связи между собой с целью обеспечения реляционности данных. Также необходимо учитывать тип здания, срок службы материала до замены, описание здания. Целесообразно включить в базу справочники по зданиям, строительным элементам, срокам службы, а также расчётные таблицы энергоёмкости жизненного цикла зданий в зависимости от выбранных параметров.

При создании схемы реляционной базы данных строительных материалов автор считает необходимым сделать следующие допущения:

1. Таблица материалов. Материал – это то, из чего состоит конструкция или элемент здания. В таблице материалов должны быть наименование материала, единицы измерения (устанавливаются отдельным справочником). Для многослойных элементов целесообразно добавить композитные материалы: металл-минеральная вата-металл, металл-пенополиуретан-металл, ПВХ стеклопакет, алюминиевый стеклопакет и т.д.. Таблица должна содержать основные строительные материалы, так как учёт абсолютно всех: и основных, и вспомогательных материалов существенно затрудняет расчёт энергоёмкости жизненного цикла здания. При этом следует иметь в виду, что вспомогательные материалы (пароизоляция, отделка и т.п.) учтена в стоимости как строительно-монтажных, так и ремонтно-строительных работ. Таблица «Материалы», созданная в Access, представлена в Приложении А.

2. Справочник несменяемых элементов здания. Данную таблицу необходимо составить на основании описания капитальности зданий. К несменяемым элементам, согласно ВСН 58-88(р) относятся каменные и бетонные фундаменты, несущие стены и каркасы зданий. Наименьший срок службы несменяемого элемента определяет срок службы здания. Обычно здание составляют несколько несменяемых элементов с разным сроком службы. Срок службы всего здания равен сроку службы наименее долговечного несменяемого элемента. Для расчета срока службы здания на основании срока службы долговечного несменяемого элемента в базе данных необходимо создать соответствующий запрос. Таблица «Справочник несменяемых элементов», созданная в Access, представлена в Приложении Б.

3. Справочник сменяемых элементов здания. В базе данных необходимо учесть сменяемые элементы – конструктивные элементы и инженерное оборудование, которое подлежит замене при проведении капитального ремонта здания. Сменяемые элементы необходимо представить в виде отдельной таблицы, связывающей сменяемые элементы и строительные материалы, например, ненесущие стены – кирпич, утеплитель стен – минеральная вата, кровля – листового металл, утеплитель кровли – полиуретан, окна – ПВХ стеклопакет, двери – дерево и т.д. При этом целесообразно разделить сменяемые элементы здания на слои в соответствии с проводимым ремонтом, например, кровля: слой 1 – покрытие, слой 2 – утеплитель с паро- и гидроизоляцией, основание – выравнивающая стяжка. Для того, чтобы таблица не была загромождена, количество слоёв для всех элементов должно быть небольшим, при этом некоторые слои подразумевают наличие нескольких материалов, например, пенополистирольные плиты утеплителя вместе с пароизоляцией и гидроизоляцией. Исходя из срока службы наименее долговечного сменяемого элемента (или слоя в элементе) можно спрогнозировать периодичность капитального ремонта путём деления срока службы здания на периодичность капитальных ремонтов, что так же возможно сделать с использованием механизма запросов. Таблица «Справочник сменяемых элементов», созданная в Access, представлена в Приложении В.

4. Энергетическими затратами на проведение текущих ремонтов для вспомогательных материалов целесообразно пренебречь, так как целью текущего ремонта является поддержание здания в состоянии, которое обеспечивает его эффективную эксплуатацию [ВСН 58-88 (р)]. Таким образом, текущие ремонты предусматривают замену материалов, не оказывающих существенное влияние на тепловую защиту зданий (краски, обои т.д.), а также на его энергоёмкость жизненного цикла в целом.

5. Таблица «Описание здания», содержащая перечень элементов здания (несменяемые и сменяемые) с единицами измерения строительных материалов и их количеством. При этом устанавливается отдельно справочник зданий по типам и составу элементов. Таблица «Описание здания», созданная в Access на примере многоквартирных жилых домов, представлена в Приложении Г.

6. Расчётные таблицы (запросы). В расчётных таблицах (запросах) производится расчёт затрат энергетических ресурсов (энергоёмкость жизненного цикла здания), отдельно по несменяемым и сменяемым элементам здания, а также в целом. При этом пользователем задаются параметры исследуемого здания либо отдельного элемента, слоя, материала в зависимости от цели использования базы данных.

С учётом принятых допущений, автором предлагается следующая принципиальная схема данных реляционной модели энергоёмкости строительных материалов (рисунок 45).

В приведенной схеме использованы следующие условные обозначения и их расшифровка:

НЭ – несменяемый элемент;

СЭ – сменяемый элемент;

ЭПМ – энергоёмкость производства материала (1 единицы измерения) – включает затраты энергоресурсов производителя на производство данного строительного материала (определяется по методике ГОСТ Р 51750-2001 как технологическая энергоёмкость продукции), т.у.т.;

ЭСМ – энергоёмкость строительства материала (1 единицы измерения) – включает затраты энергоресурсов подрядной строительной организации на производство СМР с использованием данного материала (определяются путём суммирования энергоёмкости трудозатрат и энергоёмкости работы строительных машин и механизмов при производстве СМР с использованием данного материала), т.у.т.;

ССМ – срок службы до ремонта (замены) материала (определяется по ТУ производителей данного материала как гарантийный срок службы), лет;

ЭРМ – энергоёмкость ремонта (замены) материала (1 единицы измерения) – определяется эксплуатирующими организациями и ремонтно-строительными организациями как сумма затрат энергоресурсов на производство ремонтных работ (определяются путём суммирования энергоёмкости трудозатрат и энергоёмкости работы строительных машин и механизмов при производстве РСР с использованием данного материала) и ЭСМ данного материала в объёме его частичной или полной замены при проведении текущих и капитальных ремонтов, т.у.т.;

ЭРKM – энергоёмкость реконструкции материала (1 единицы измерения) – определяется аналогично ЭРМ;

ЭДМ – энергоёмкость демонтажа материала (1 единицы измерения) – определяется аналогично ЭСМ по энергозатратам на работы по демонтажу строительного материала;

ЭРУМ – энергоёмкость рециклинга (утилизации) материала (1 единицы измерения) – определяется по данным специализированных организаций, занимающихся утилизацией или переработкой использованных строительных материалов как энергозатраты на проведение работ по утилизации или рециклингу данного материала, т.у.т.

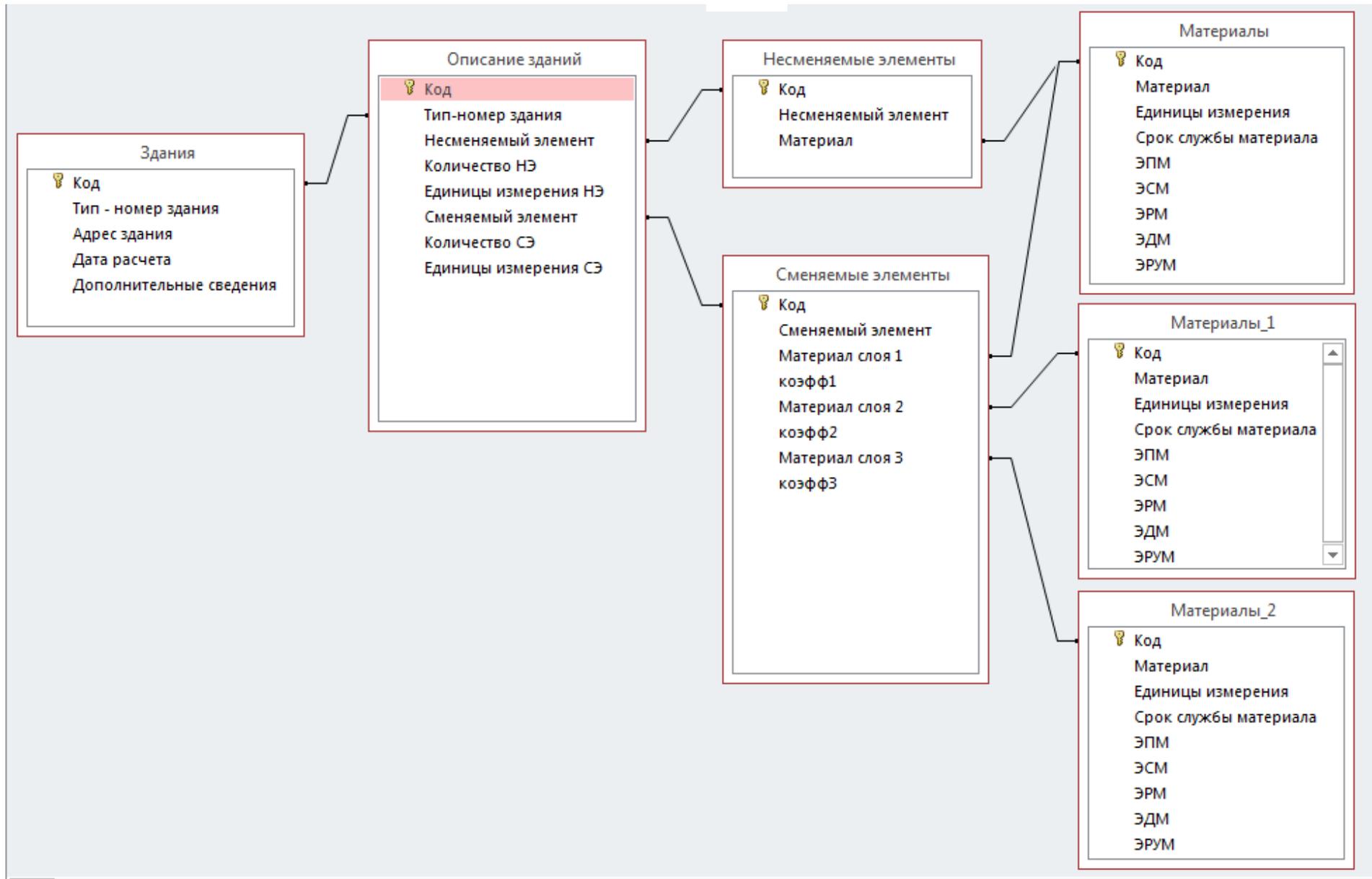


Рисунок 45 – Принципиальная схема данных энергоёмкости строительных материалов на основании реляционной модели

Таблица 25 – Справочник зданий (1)

Наименование поля	Тип данных	Примечание
Код	Счетчик	Код здания (формируется автоматически в БД)
Тип - номер здания	Короткий текст	Тип здания: ИЖС-1 – индивидуальное жилое строение, МКД-2 – многоквартирный дом, ОЗ-3 – общественное здание, ТЦ-4 – торговый центр, ПЗ-5 – производственное здание и т.д. Цифра после номера означает номер здания данного типа
Адрес здания	Короткий текст	Адрес здания в соответствии с проектной документацией
Дополнительные сведения	OLE	Любая другая информация о здании в целом: фотографии, чертежи и т.д. Количество полей здесь может быть неограниченно, однако эта информация не является целью данного исследования

Справочник зданий формируется пользователем при работе с базой данных. При этом возможно производить расчёты энергоёмкости жизненного цикла одного и того же здания по разным вариантам проектирования или реконструкции, в зависимости от состава несменяемых и сменяемых элементов.

Таблица 26 – Справочник несменяемых элементов (2)

Наименование поля	Тип данных	Примечание
Код	Счетчик	Код несменяемого элемента здания
Несменяемый элемент	Короткий текст	Внешний ключ – код наименования несменяемого элемента
Материал	Короткий текст	Наименование строительного материала, из которого состоит данный элемент

Таблица 27 – Справочник сменяемых элементов (3)

Наименование поля	Тип данных	Примечание
Код	Счетчик	Код сменяемого элемента здания
Сменяемый элемент	Короткий текст	Внешний ключ – код наименования сменяемого элемента здания

Окончание таблицы 27

Материал слоя 1	Короткий текст	Наименование строительного материала, из которого состоит 1 слой данного элемента (в порядке проведения ремонтов: наружный слой)
Коэффициент 1	Числовой	Коэффициент пересчёта и единиц измерения материала таблицы (5) в единицы измерения, задаваемые пользователем соответствии с количеством слоёв материала
Материал слоя 2	Короткий текст	Наименование строительного материала, из которого состоит 1 слой данного элемента (в порядке проведения ремонтов: наружный слой)
Коэффициент 2	Числовой	Коэффициент пересчёта материала слоя 2
Материал слоя 3	Короткий текст	Наименование строительного материала, из которого состоит 1 слой данного элемента (в порядке проведения ремонтов: наружный слой)
Коэффициент 3	Числовой	Коэффициент пересчёта материала слоя 3

Таблица 28 – Описание зданий (4)

Наименование поля	Тип данных	Примечание
Код	Счетчик	Код сменяемого элемента здания
Тип - номер здания	Короткий текст	Код типа здания (табл. 1)
Несменяемый элемент	Короткий текст	Код наименования несменяемого элемента здания (табл. 2)
Количество НЭ	Числовой	Объём несменяемых элементов по анализируемому зданию (определяется по ведомости объёмов работ, спецификации железобетонных изделий, ведомости основных строительных материалов)
Единицы измерения НЭ	Короткий текст	Единицы измерения объёма несменяемого элемента
Сменяемый элемент	Короткий текст	Код наименования сменяемого элемента здания (табл. 3)

Окончание таблицы 28

Количество СЭ	Числовой	Объём сменяемых элементов по анализируемому зданию (определяется по ведомости объёмов работ, спецификации железобетонных изделий, ведомости основных строительных материалов)
Единицы измерения СЭ	Короткий текст	Единицы измерения объёма сменяемого элемента

Таблица 29 – Справочник материалов (5)

Наименование поля	Тип данных	Примечание
Код	Счетчик	Код строительного материала
Материал	Короткий текст	Внешний ключ – код наименования строительного материала
Единицы измерения	Числовой	Единицы измерения строительного материала, определяемый в соответствии с ведомостью потребности в основных строительных материалах, спецификацией сборных железобетонных изделий на стадиях ПОС, ППР
Срок службы материала	Числовой	Срок службы материала, лет (определяется по ВСН 58-88 (р) или специальным справочникам, прикрепляемым к базе данных как период от начала эксплуатации до капитального ремонта или демонтажа материала)
ЭПМ	Числовой	Энергоёмкость производства материала, т.у.т.
ЭСМ	Числовой	Энергоёмкость строительства материала, т.у.т.
ЭРМ	Числовой	Энергоёмкость ремонта (замены) материала, т.у.т.
ЭДМ	Числовой	Энергоёмкость демонтажа материала, т.у.т.
ЭРУМ	Числовой	Энергоёмкость рециклинга (утилизации) материала, т.у.т.

Таким образом, представленная принципиальная схема базы данных энергоёмкости строительных материалов является реляционной и может быть использована при проектировании структуры базы данных практически в любой СУБД.

Запросы к создаваемой базе данных энергоёмкости строительных материалов формируются исходя из её цели – определение энергоёмкости жизненного цикла зданий. Пользователь формирует запросы как по энергетическим затратам отдельных строительных материалов или их композитов, так и по зданиям в целом. Форма запроса содержит:

- номер здания;
- пользовательское наименование здания;
- адрес здания;
- дата формирования запроса;
- таблица энергоёмкости жизненного цикла несменяемых элементов;
- таблица энергоёмкости жизненного цикла сменяемых элементов по слоям.

На рисунках 46-50 представлены схемы запросов, сформированных по зданию МКД-1.

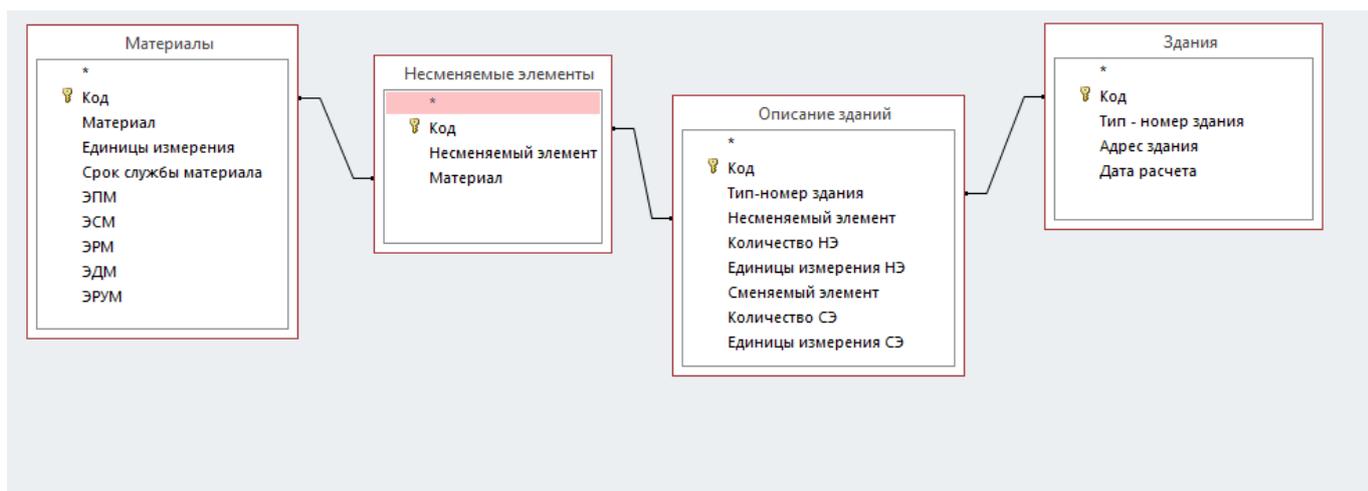


Рисунок 46 – Схема данных запроса № 1. Срок службы здания

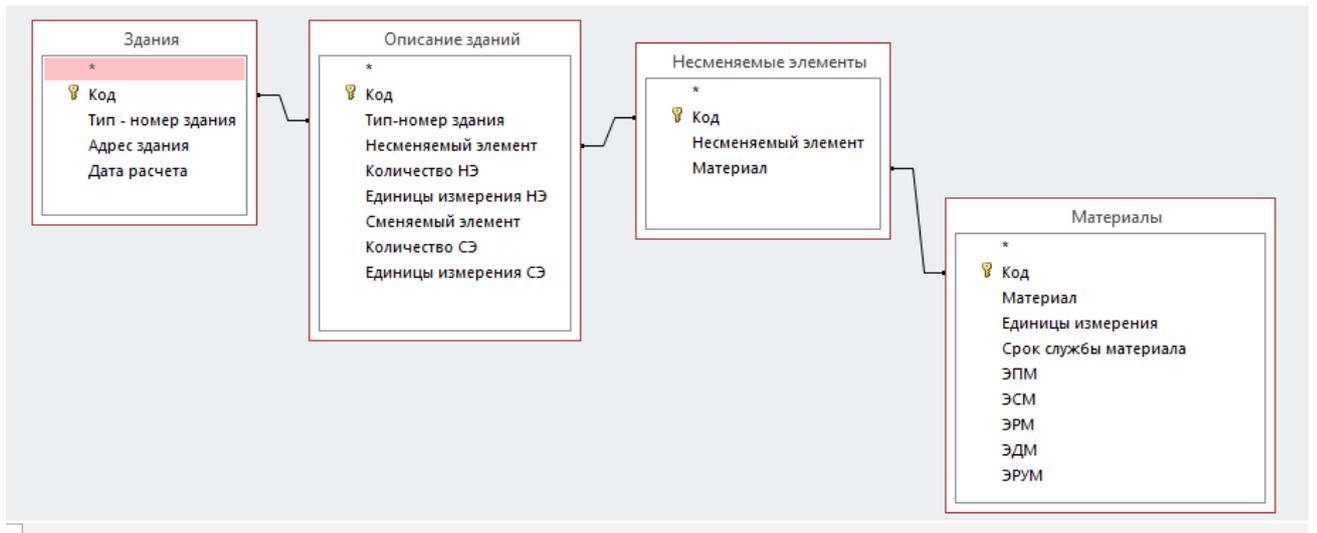


Рисунок 47 – Схема данных запроса № 2. Энергоёмкость жизненного цикла несменяемых элементов

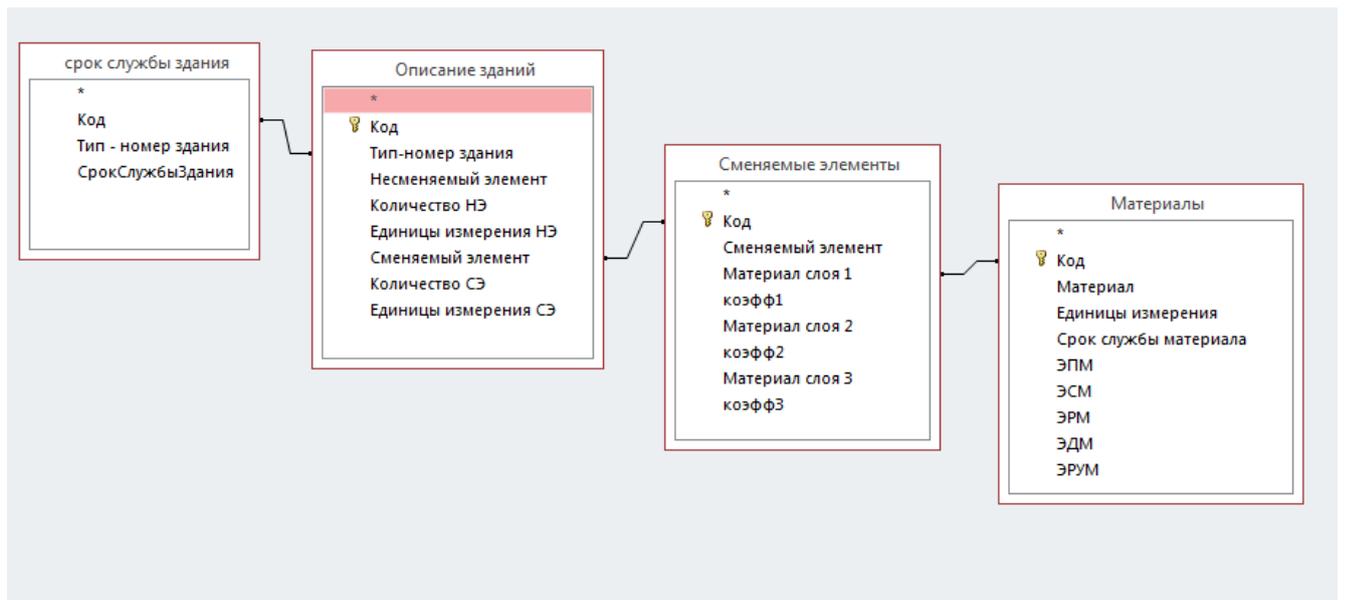


Рисунок 48 – Схема данных запроса № 3. Энергоёмкость жизненного цикла сменяемых элементов (слой 1)

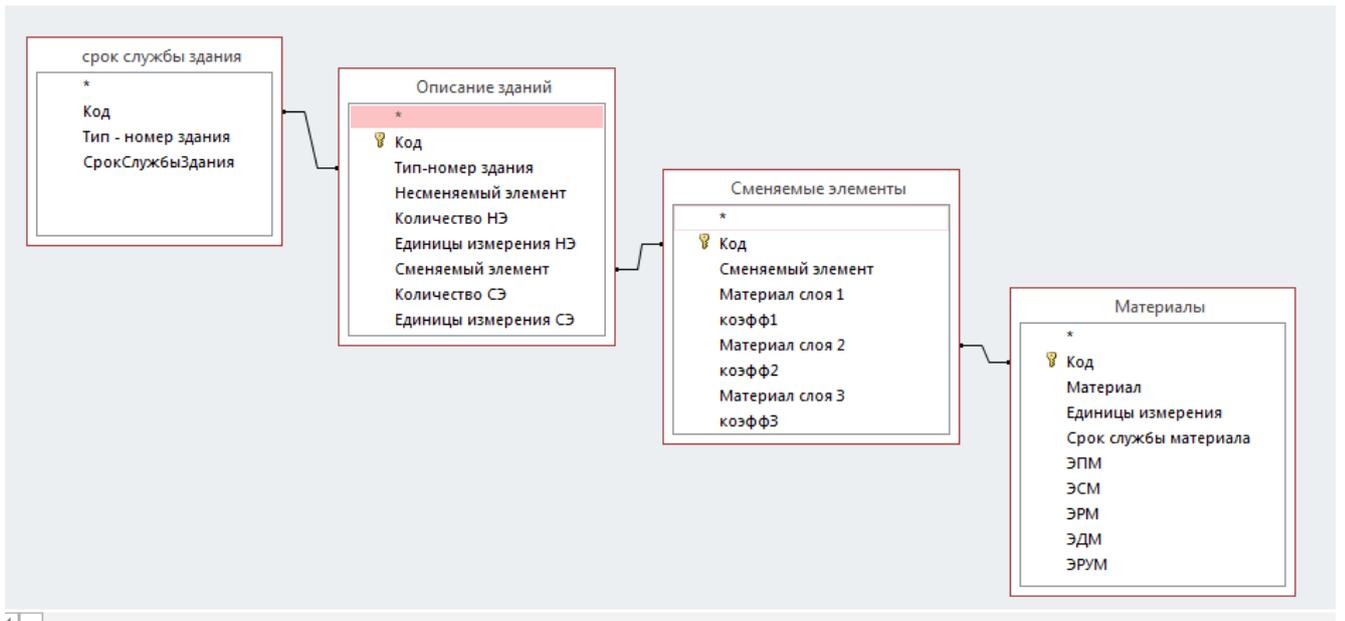


Рисунок 49 – Схема данных запроса № 4. Энергоёмкость жизненного цикла сменяемых элементов (слой 2)

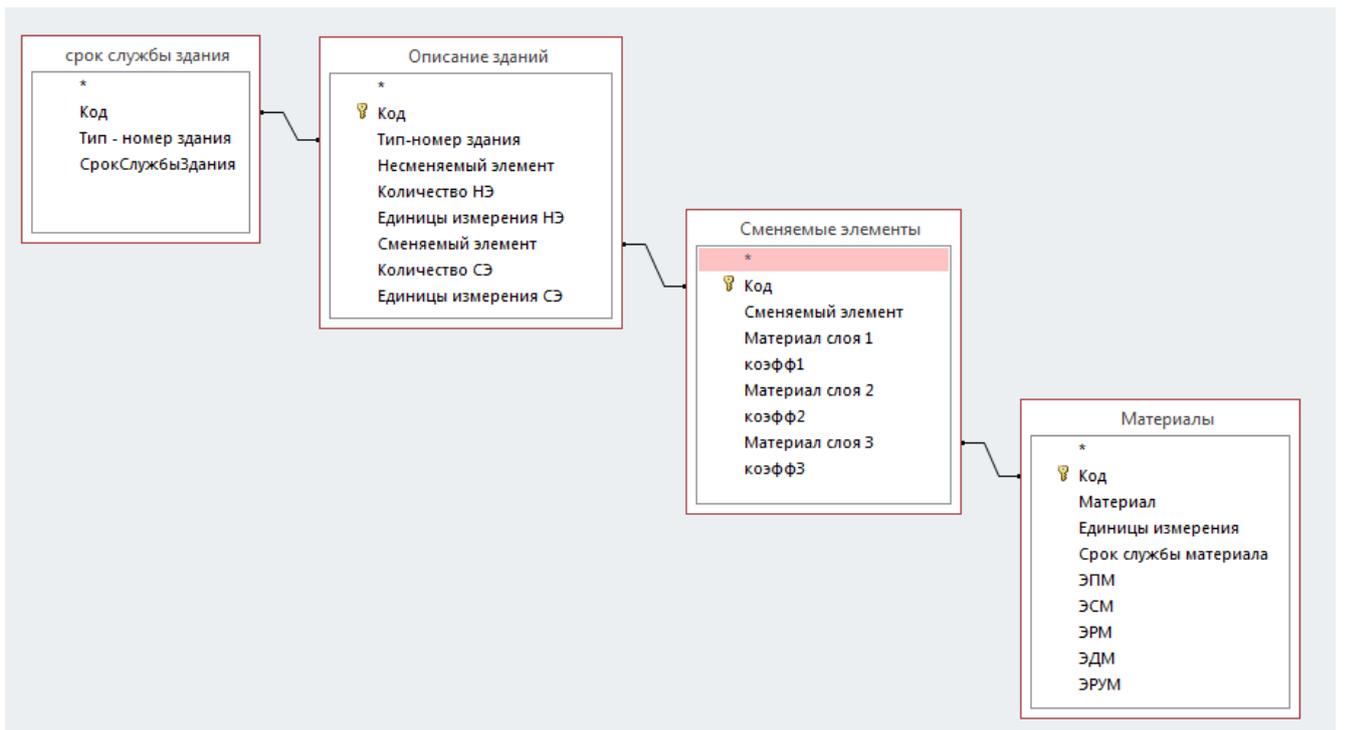


Рисунок 50 – Схема данных запроса № 5. Энергоёмкость жизненного цикла сменяемых элементов (слой 3)

6.3. Методика внедрения имитационной модели и реляционной базы данных в существующую систему планирования и организации строительного производства

Имитационную модель энергоёмкости жизненного цикла здания целесообразно строить на основе алгоритма кусочно-линейных агрегатов, это позволит учитывать вероятности принятия различных организационно-технических решений при проектировании, строительстве и эксплуатации энергоэффективных зданий. На рисунке 51 представлена кусочно-линейная модель расчёта полной энергоёмкости жизненного цикла здания, построенная автором по первому сценарному расчёту для 10-этажного кирпичного жилого дома. На рисунке 52 показана кусочно-линейная функция полной энергоёмкости жизненного цикла здания накопленным итогом.

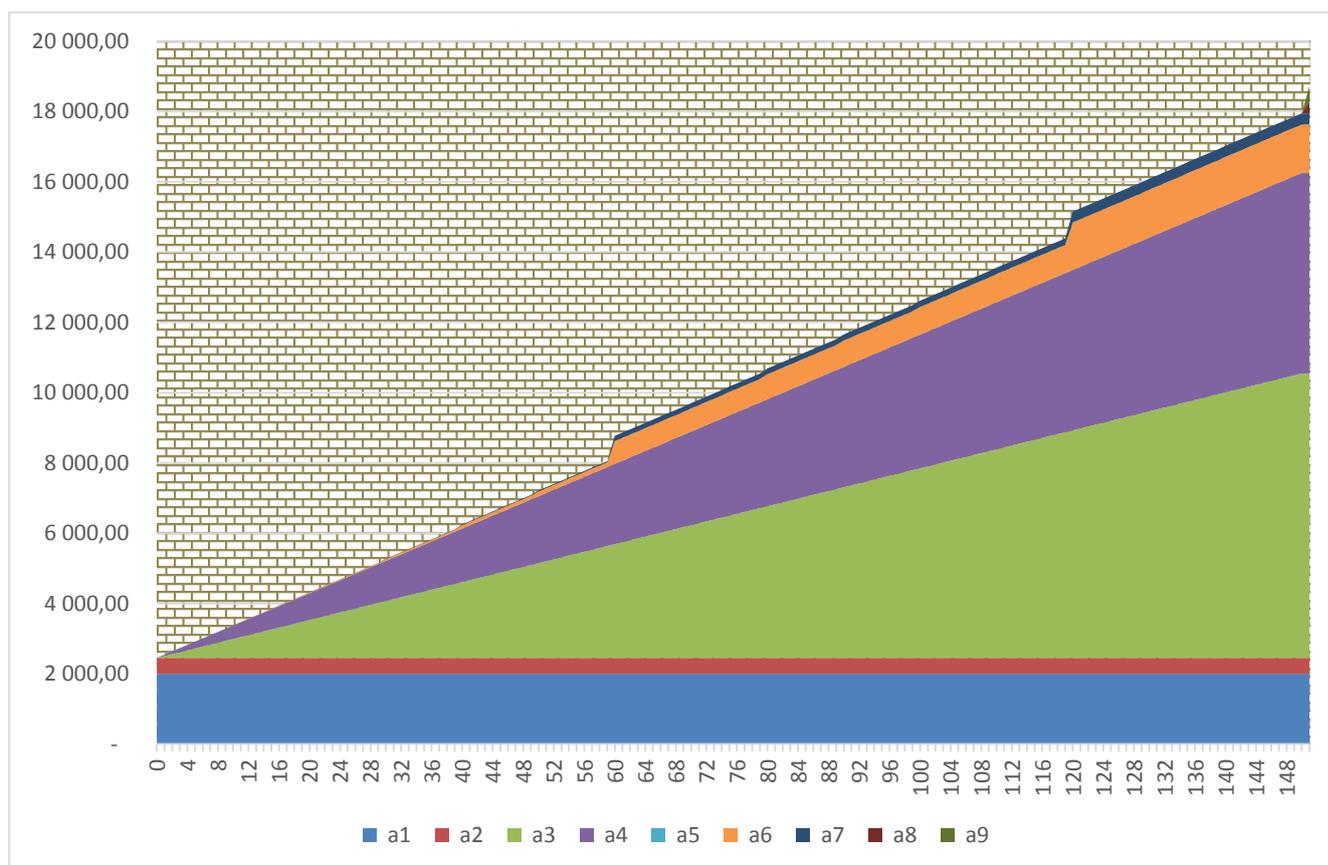


Рисунок 51 – Кусочно-линейная модель энергоёмкости жизненного цикла здания

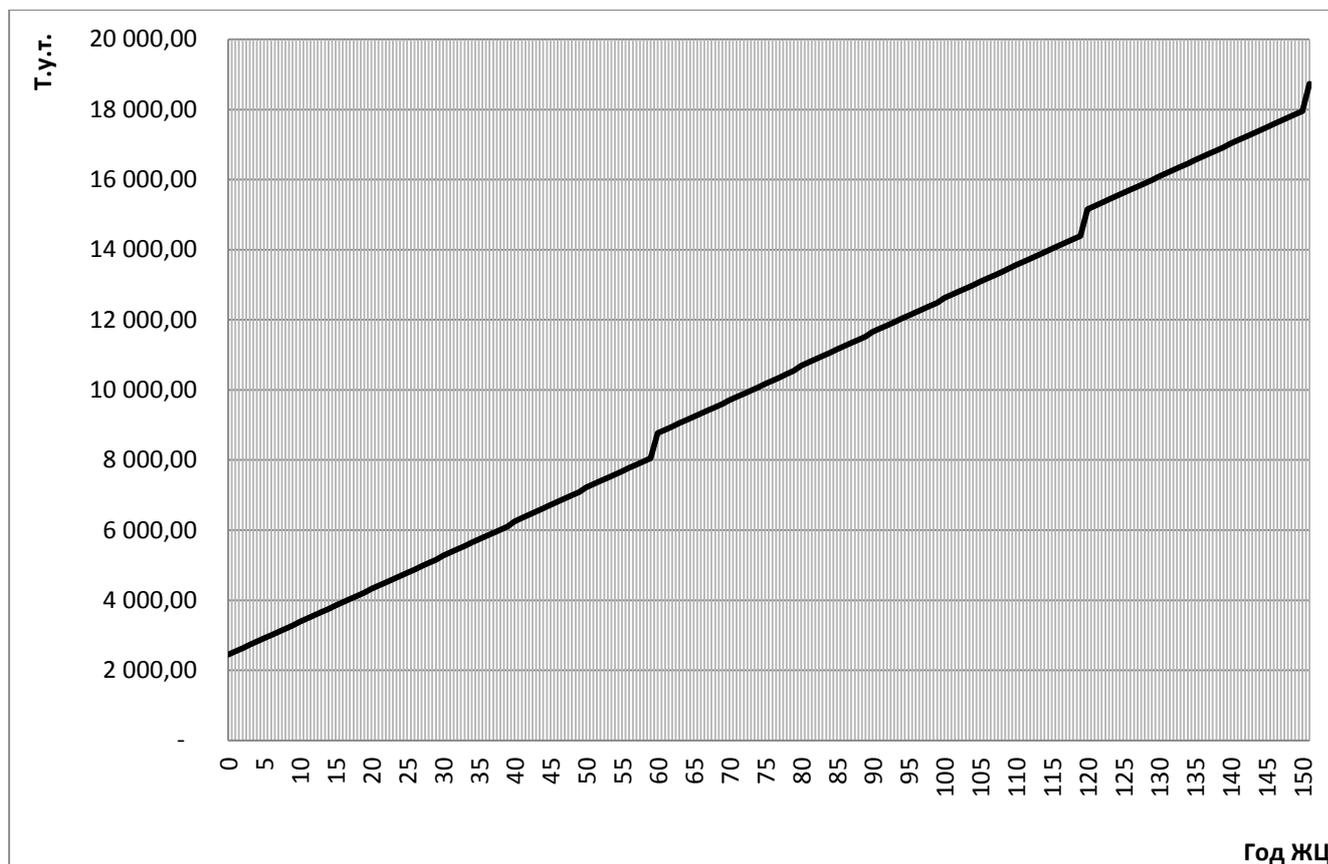


Рисунок 52 – Энергоёмкость жизненного цикла здания накопленным итогом

Как показано на рисунках 51-52, динамика потребления энергоресурсов зданием в течение жизненного цикла имеет кусочно-линейный характер. Состояние агрегатов меняется скачкообразно в течение жизненного цикла здания при смене стадий и изменении уровня энергопотребления.

Функция энергопотребления задана на каждом из интервалов, составляющих область определения, отдельной формулой:

$$f(x) = \begin{cases} k_0 t + b_0, & t < t_1 \\ k_1 t + b_1, & t_1 < t < t_2 \\ \dots \\ k_n t + b_n, & t_n < t \end{cases} \quad (16)$$

где t – интервал времени смены состояния агрегатов, при этом точки смены формул соответствуют изменению итоговых годовых расходов энергоресурсов, то есть всем сменам состояний здания:

$t = 0$ – начало строительства;

$t = 1$ – ввод в эксплуатацию;

$t = 5$ – первый ремонт;

$t = 6$ – эксплуатация после первого ремонта...и так далее;

k_0, k_1, k_n – энергопотребление на текущем интервале;

b_0, b_1, b_n – энергопотребление на предыдущем интервале ($t-1$) накоплен-

НЫМ ИТОГОМ

В таблице 30 показан расчёт потребления энергоресурсов в течение первых 10 лет жизненного цикла 10-этажного кирпичного здания. Данные таблицы рассчитаны автором на весь жизненный цикл (150 лет).

Так как здание потребляет энергетические ресурсы непрерывно в течение всего жизненного цикла, то кусочно-линейная функция энергопотребления является линейным сплайном, т.е. функцией, область определения которой разбита на конечное число отрезков, на каждом из которых сплайн совпадает с некоторым алгебраическим полиномом. В действительности это сплайн нелинейный и более сложный, но реализуемый программным путем посредством программных продуктов для имитационного моделирования. Следует подчеркнуть, что он обеспечивает преемственность показателей энергопотребления (фактически суммирует их). Добавление стохастического аппарата, присущего процессам жизненного цикла зданий, позволит производить более точные и сложные расчёты, получать прогнозы изменения энергопотребления зданием в зависимости от интервала времени жизненного цикла здания.

Первый сценарный расчёт показал, что затраты энергоресурсов в течение жизненного цикла здания накапливаются постепенно, в целом на жизненный цикл одного 10-этажного жилого здания расходуется 18,97 тыс. т.у.т. и 3530 тыс. м³ воды. Очевидно, что данные энергозатраты значительны, особенно в масштабах всей строительной отрасли страны, следовательно, необходимым становится предварительная оценка энергопотребления в течение жизненного цикла зданий, которую возможно производить при помощи предлагаемой имитационной модели.

Таблица 30 – Энергопотребление в течение первых 10 лет жизненного цикла здания, т.у.т

Агрегат	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a ₁	1 993,76										
a ₂	455,85										
a ₃		53,99	53,99	53,99	53,99	53,99	53,99	53,99	53,99	53,99	53,99
a ₄		38,04	38,04	38,04	38,04	38,04	38,04	38,04	38,04	38,04	38,04
a ₅											
a ₆		-	-	-	-	1,86	-	-	-	-	8,28
a ₇		-	-	-	-	0,43	-	-	-	-	1,89
a ₈											
a ₉											
ИТОГО	2 449,61	92,02	92,02	92,02	92,02	94,31	92,02	92,02	92,02	92,02	102,19
Накопленным итогом											
a ₁	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76	1 993,76
a ₂	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85	455,85
a ₃	-	53,99	107,97	161,96	215,94	269,93	323,91	377,90	431,88	485,87	539,85
a ₄	-	38,04	76,08	114,11	152,15	190,19	228,23	266,26	304,30	342,34	380,38
a ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a ₆	-	-	-	-	-	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	10,14
a ₇	-	-	-	-	-	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	2,32
a ₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a ₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ИТОГО	2 449,61	2 541,63	2 633,65	2 725,68	2 817,70	2 912,01	3 004,03	3 096,06	3 188,08	3 280,10	3 382,29

Предлагаемая модель может быть создана в программных продуктах, позволяющих проводить имитационное моделирование: GPSS, SIMPROCESS, Arena или других, позволяющих осуществлять имитации. Для работы модели необходимо создать реляционную базу данных по энергопотреблению на производство различных строительных материалов и конструкций, строительно-монтажных работ, ремонтных работ, утилизации строительных материалов, на процессы демонтажа здания и т.д. по агрегатам энергопотребления. Необходимо учесть стохастичность строительного производства и эксплуатации зданий, внедрить соответствующие вероятности в модель, что позволит более точно предвидеть энергозатраты в течение жизненного цикла зданий и управлять ими. На каждом этапе жизненного цикла расход энергоресурсов будет разным в зависимости от принимаемых организационно-технических решений.

Создаваемая имитационная модель позволит получить интегральный показатель энергоэффективности в зависимости от целей исследования, организовать процессы жизненного цикла зданий в зависимости от необходимого уровня энергоэффективности, необходимого заказчику, получать, таким образом, экономию энергоресурсов не только при строительстве и эксплуатации здания, но и учитывать энергозатраты при производстве строительных материалов, проведении ремонтов и утилизации здания. Разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений, их индивидуальность, большое количество видов строительно-монтажных работ и организационно-технологических способов их выполнения определяют соответственно оптимальные энергосберегающие мероприятия.

Имитационная модель позволяет принимать организационно-технические и управленческие решения, направленные на снижение энергопотребления зданиями в течение всего жизненного цикла:

- На стадии проектирования – выбор энергосберегающих архитектурно-планировочных и конструктивных решений, выбор строительных материалов и конструкций с минимальным энергопотреблением при производстве, монтаже, эксплуатации, демонтаже, утилизации или рециклинге, выбор энергосберегающих инженерных систем отопления, вентиляции.

- На стадии строительства – экономия энергоресурсов при производстве СМР, организация и технология энергосберегающих строительных процессов, разработка организационно-технических решений календарно-сетевого планирования по сокращению сроков строительства, ведение работ в тёплое время года, разработка организационно-технических решений стройгенпланирования с учётом снижения затрат энергоресурсов на освещение стройплощадки, размещения складов, временных зданий, строительных машин и механизмов, оборудования, использование возобновляемых источников энергии при производстве СМР, организация мониторинга и контроля расхода энергоресурсов на стройплощадке.

- На стадии эксплуатации – установка приборов учёта энергоресурсов, постоянный мониторинг показателей энергопотребления, организация и проведение текущих и капитальных ремонтов энергосберегающими способами, обоснованное принятие решения по реконструкции здания или демонтажу, утилизации и рециклингу строительных материалов в конце жизненного цикла здания.

Модель можно развивать, добавлять стоимостные показатели, рассчитывать экономический эффект от принятия различных организационно-технических решений, направленных на ресурсо- и энергосбережение в строительной отрасли, а также на повышение энергоэффективности зданий.

На основе модели можно рассчитать интегральный показатель энергоэффективности здания. Полученные показатели полной энергоёмкости жизненного цикла здания и интегральный показатель энергоэффективности могут занять своё место в «Перечне целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности», указанном в Постановлении Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» и широко применяться в условиях расчёта энергоэффективности зданий, особенно собственниками на различных этапах жизненного цикла для оценки экономичности решений.

Практическое применение базы данных энергоёмкости основных строительных материалов заключается в том, что её использование позволит проектировать,

строить и эксплуатировать здания с наименьшими энергозатратами. База данных позволит осуществлять выбор строительных материалов в процессе проектирования нового строительства или реконструкции зданий с точки зрения не только их надёжности, но и энергоёмкости. Созданную базу данных строительных материалов в MS Access предполагается использовать проектировщиками, инженерами-строителями, конструкторами, научными работниками организаций архитектурно-строительного профиля и коммерческих проектных организаций. Использование данного информационного ресурса позволит проектировщикам, строителям, экономистам разрабатывать и внедрять в проекты строительства и реконструкции зданий строительные материалы с наименьшей энергоёмкостью на протяжении жизненного цикла без потери надёжности и комфортности. На основе данных базы можно осуществлять имитационное моделирование жизненного цикла зданий, производить расчёт интегрального показателя энергоэффективности зданий. Предлагаемая реляционная база данных имеет важное научное, экономическое и экологическое значение. Круг пользователей базы данных: проектировщики, строительные организации, научные организации архитектурно-строительного профиля, научно-исследовательские институты, коммерческие предприятия – производители строительных материалов.

Источниками для значений энергоёмкости для базы данных строительных материалов служит научно-техническая, а также методическая литература, справочники строительных материалов. Отдельным источником информации является сайт Росстата, где приведены данные об удельном расходе условного топлива на производство отдельных видов продукции и работ (килограммов на тонну). Также источниками данных являются данные производителей строительных материалов, строительно-монтажных, ремонтно-строительных и эксплуатирующих организаций, а также организаций, занимающихся утилизацией и рециклингом строительных материалов.

Запросы к базе данных составляются по вариантам зданий, перечню сменяемых и несменяемых элементов. По итогам запросов формируются отчёты:

Отчет № 1. Данные о сроке службы здания (код, тип-номер здания, срок службы по критерию минимума срока службы несменяемых элементов).

Отчет № 2. Данные о затратах энергоресурсов на жизненный цикл несменяемых элементов здания (дата расчёта, тип, наименование несменяемого элемента, единицы измерения, количество, срок службы, энергоёмкость единицы измерения несменяемого элемента, итого энергоёмкость жизненного цикла несменяемого элемента для данного здания). Отчёт представлен на рисунке 52.

Тип-ном	Несменяемый элемент	Единицы из	Количество	Срок службы	ЭнергоёмкостьНЭ	ИтогоЭнергоёмкостьНЭ
МКД-1	Фундамент сборный железобетонный	куб. м	503,35	150	0,26564	133,70888
МКД-1	Цоколь из керамического кирпича	куб. м	889,53	150	0,64878	577,10576
МКД-1	Ограждающие конструкции (силикатный кирпич)	куб. м	1045,28	150	0,26950	281,70507
МКД-1	Перекрытия железобетонные	куб. м	806,173	150	0,26564	214,15018
МКД-1	Внутренние стены (несущие)	куб. м	2549,62	150	0,26950	687,12772
МКД-1	Ограждающие конструкции (монолит бетон)	куб. м	35,9	150	0,28049	10,06959
МКД-1	Ограждающие конструкции (монолит каркас)	т	2,823	150	1,18506	3,34542
МКД-1	Внутренние стены (раствор)	куб. м	108,47	150	0,31414	34,07498
МКД-1	Ограждающие конструкции (раствор)	куб. м	720,3	150	0,31414	226,27650
МКД-1	Перемычки железобетонные	куб. м	92,94	150	0,26564	24,68840

Рисунок 52 – Отчёт по энергоёмкости несменяемых элементов

Отчет № 3. Данные о затратах энергоресурсов на жизненный цикл сменяемых элементов 1-го (внешнего) ремонтного слоя здания (дата расчёта, тип, наименование несменяемого элемента, единицы измерения, количество, срок службы, энергоёмкость единицы измерения несменяемого элемента, итого энергоёмкость жизненного цикла несменяемого элемента для данного здания).

Отчет № 4. Данные о затратах энергоресурсов на жизненный цикл сменяемых элементов 2-го (среднего) ремонтного слоя здания (дата расчёта, тип, наименование несменяемого элемента, единицы измерения, количество, срок службы, энергоёмкость единицы измерения несменяемого элемента, итого энергоёмкость жизненного цикла несменяемого элемента для данного здания).

Отчет № 5. Данные о затратах энергоресурсов на жизненный цикл сменяемых элементов 3-го (внутреннего) ремонтного слоя здания (дата расчёта, тип, наименование несменяемого элемента, единицы измерения, количество, срок службы, энергоёмкость единицы измерения несменяемого элемента, итого энергоёмкость жизненного цикла несменяемого элемента для данного здания).

Отчет № 6. Данные о затратах энергоресурсов на производство строительных материалов (наименование, единицы измерения, энергетические затраты на производство материалов).

Отчет № 7. Данные о затратах энергоресурсов на производство строительномонтажных работ с использованием данных строительных материалов (наименование, единицы измерения, энергетические затраты на СМР).

Отчет № 8. Данные о затратах энергоресурсов на производство работ по ремонту или реконструкции строительных материалов (наименование, единицы измерения, энергетические затраты на ремонт или реконструкцию).

Отчет № 9. Данные о затратах энергоресурсов на производство работ по демонтажу строительных материалов (наименование, единицы измерения, энергетические затраты на демонтаж).

Отчет № 10. Данные о затратах энергоресурсов на производство работ по утилизации или рециклингу строительных материалов (наименование, единицы измерения, энергетические затраты на утилизацию или рециклинг).

Отчет № 11. Данные о периодичности текущего ремонта конструкции исходя из срока службы составляющих его материалов и условий эксплуатации.

Отчет № 12. Данные об энергоёмкости жизненного цикла здания (срок службы здания, величина энергетических затрат в течение жизненного цикла здания).

Использование выявленных факторов энергоёмкости жизненного цикла зданий в имитационной модели совместно с базой данных энергоёмкости строительных материалов способствует решению задач, сформулированных в законе № 261-ФЗ и управлению процессами организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, что:

- 1) повысит энергоэффективность жилищного фонда;
- 2) повысит энергоэффективность в системе ЖКХ;
- 3) сократит потери энергоресурсов при их передаче;
- 4) увеличит количество узлов и приборов учёта энергоресурсов;
- 5) увеличит количество зданий с высоким классом энергоэффективности и зданий, использующих вторичные и возобновляемые энергоресурсы;
- 6) будет способствовать энергосбережению при работе машин, транспортирующих строительные материалы и строительных машин, и механизмов на стройплощадках;
- 7) будет способствовать сокращению расходов бюджетов на снабжение энергоресурсами государственных и бюджетных зданий;
- 8) будет способствовать принятию энергоэффективных организационно-технических решений на всех стадиях жизненного цикла зданий;
- 9) будет способствовать устойчивому развитию среды жизнедеятельности человека.

Предлагаемая имитационная модель энергоёмкости жизненного цикла зданий может быть использована также при разработке дорожных карт и стратегий развития ТЭК, так как она позволит увидеть динамику энергопотребления зданиями в масштабах как отдельного здания, так и всей страны в случае, если её результаты будут использованы в энергетических паспортах зданий. Автор считает целесообразным внедрять построение предлагаемой модели в процесс проектирования зданий и основные показатели динамики энергопотребления в течение жизненного цикла представлять для мониторинга данных в энергопаспортах.

Таким образом, предлагаемая имитационная модель позволяет представить жизненный цикл энергоэффективных зданий как энергетических систем, способствует процессам организации жизненного цикла таким образом, чтобы обеспечить многовариантность расчётов и выбор по различным критериям значений энергоёмкости на всех стадиях жизненного цикла, является действенным инструментом методологии процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.

Заключение

1. В диссертационном исследовании обоснованы методологические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий, которыми являются является системный, системотехнический и функциональный подходы. В рамках данных подходов разработаны концептуальная схема энергоэффективного здания, схема жизненного цикла здания как системы, схема процессов жизненного цикла энергоэффективного здания, системотехнические принципы энергоэффективности, применение которых позволит осуществлять моделирование жизненного цикла зданий и процессов их организации и таким образом, обеспечит его такую важнейшую характеристику как энергоэффективность на всех стадиях жизненного цикла. Установлено, что методологическими основами моделирования процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий является функциональное и имитационное моделирование, позволяющие представить процесс жизненного цикла зданий как систему, и обеспечить энергетическую эффективность зданий на всех стадиях – от проектирования до эксплуатации.

2. Установлено, что процессы организации жизненного цикла энергоэффективных зданий неразрывно связаны с выявлением организационных аспектов на всех стадиях жизненного цикла. Под организационными аспектами автором понимаются управленческие и координационные воздействия на процессы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, рассмотренные с точки зрения науки об организации строительного производства.

3. На основе анализа понятийного аппарата определений энергоэффективных зданий автором уточнено понятие «энергоэффективное здание – это строение, отвечающее нормативным требованиям безопасности и надёжности, совокупность планировочных, конструктивных и инженерных решений которого обеспечивает необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы на протяжении всего жизненного цикла», которое от существующих более полным содержанием, учитывающим безопасность,

надёжность и комфортность здания, все виды потребляемых зданием энергоресурсов и его жизненный цикл.

4. На основе анализа нормативно-правовой базы энергоэффективности с применением авторского матричного подхода к анализу проблем построена матрица нормативно-правового обеспечения жизненного цикла энергоэффективных зданий, позволяющая выявить проблемы и определить направления развития нормативно-методического обеспечения процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.

5. Установлено, что этапом развития технологий моделирования жизненного цикла энергоэффективных здания является функциональное и имитационное моделирование. Созданы функциональные модели организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий, представляющие собой организационные схемы взаимодействия участников процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий в рамках существующего нормативно-правового поля. Моделирование реализовано в программе BPwin. В результате построения функциональной модели «AS-IS» автором выявлены недостатки существующей системы процессов организации проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, а именно: функцию управления энергетической эффективностью зданий должен осуществлять заказчик; на всех стадиях жизненного цикла необходимо внедрить мотивирующие механизмы достижения уровня энергоэффективности зданий; заключительной стадией жизненного цикла должен стать блок демонтажа здания или реконструкции с улучшением прочностных, экологических и энергосберегающих характеристик. На основе анализа модели «AS-IS» создана функциональная модель «TO-BE», использование которой позволит системно реализовать реформу строительной отрасли в сторону повышения энергоэффективности зданий на всех стадиях жизненного цикла. Созданная модель процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий может быть использована в последующих научных исследованиях в области организации строительного производства, в качестве базиса при формировании технических заданий на выполнение ФЦП, целевых про-

грамм, финансируемых Государственными корпорациями, а также в учебной практике соответствующих факультетов вузов экономического и архитектурно-строительного профиля.

6. Исследована эволюция показателей энергетической эффективности зданий, в процессе которой установлен переход от учёта только тепловой энергии, потребляемой зданиями за отопительный период к учёту всех видов энергетических ресурсов. Сделан вывод о том, что показатели энергетической эффективности зданий должны учитывать не только количество потребляемых энергетических ресурсов, но и виды и методы измерения показателей, стадии жизненного цикла зданий, целостность и тип зданий. Указанные направления учёта приняты за основу разработанной классификации показателей энергетической эффективности зданий позволяющей оценивать здания как единые энергетические системы, учитывать типы зданий, позволяющей достичь необходимого уровня энергетической эффективности зданий на стадии проектирования, контролировать их на стадии строительства и управлять ими на стадии эксплуатации.

7. Предложена формула интегрального показателя энергоэффективности зданий, преимуществом которого является то, что при его расчёте отсутствует необходимость вычленения затрат различных видов энергоресурсов в общем энергопотреблении зданиями. Интегральный показатель энергоэффективности направлен на снижение затрат энергоресурсов на всех стадиях жизненного цикла энергоэффективного здания посредством принятия различных организационно-технических решений. Разработанная формула интегрального показателя энергетической эффективности зданий позволяет оценивать энергопотребление зданий и проводить сравнительный анализ различных вариантов энергоёмкости их жизненного цикла. Представлен организационный механизм интегрального показателя энергоэффективности зданий в существующую систему планирования и организации строительного производства.

8. Выявлены факторы энергопотребления зданий по общему признаку функционирования на стадиях их жизненного цикла и измеримости в едином энергетическом

ческом эквиваленте (тоннах условного топлива), позволяющие рассчитывать энергоёмкость жизненного цикла на основе имитационного моделирования и учитывать многовариантность и стохастичность строительного производства. Предложено введение нового понятия «агрегаты энергопотребления – факторы энергопотребления здания как энергетической системы, интегрирующие расходы энергетических ресурсов по видам энергоресурсов и по стадиям жизненного цикла здания». Выявленные агрегаты энергопотребления являются переменными величинами в предложенной имитационной модели энергопотребления жизненного цикла зданий, позволяющей производить многовариантные расчёты и принимать на их основе организационно-технические решения, направленные на снижение энергоёмкости и повышение энергоэффективности зданий.

9. Произведены первые сценарные расчёты энергопотребления жизненного цикла здания на примере 10-этажного кирпичного жилого дома, построенного в г. Иваново. По результатам расчёта показано, что наиболее энергоёмкими являются энергозатраты на отопление (48%) здания и электроснабжение (30%). В целом на жизненный цикл одного 10-этажного кирпичного жилого здания расходуется 18,97 тыс. т.у.т. и 3530 тыс. м³ воды или 3,16 т.у.т и 588 м³ воды на 1 м² общей площади.

10. Разработана структура реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов, содержащей перечень основных строительных материалов с параметрами энергоёмкости на стадиях строительного производства, эксплуатации и утилизации, позволяющей внедрять в проекты строительства и реконструкции зданий строительные материалы с наименьшей энергоёмкостью. Использование данного информационного ресурса позволит разрабатывать и внедрять в проекты строительства и реконструкции зданий строительные материалы с наименьшей энергоёмкостью на протяжении жизненного цикла без потери надёжности и комфортности. На основе данных базы предложено осуществлять имитационное моделирование жизненного цикла зданий, производить расчёт интегрального показателя энергоэффективности зданий. Предлагаемая реляционная база данных имеет важное научное, экономическое и экологическое значение.

Список литературы

1. Александровский, С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С.В. Александровский. – М.: НИИСФ РААСН, 2003. – 332 с.
2. Алоян, Р.М. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Р.М. Алоян, А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина, М.В. Ставрова // Жилищное строительство. – 2012. – № 3. – С. 46-48.
3. Алоян, Р.М. Применение принципов системотехники строительства к обеспечению энергоэффективности зданий / Р.М. Алоян, Л.А. Опарина, Н.И. Варамашвили // Актуальные вопросы строительства: материалы десятой Международ. науч.-техн. конфер. – Саранск: изд-во Мордов. ун-та, 2011. – С. 292-295.
4. Алоян, Р.М. Формирование системотехнических принципов энергоэффективности зданий / Р.М. Алоян, Л.А. Опарина, Н.И. Варамашвили // Вестник МГСУ. – 2012. – № 8. – С. 147-153.
5. Алоян, Р.М. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Р.М. Алоян, А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина, М.В. Ставрова // Жилищное строительство. – 2012. – № 2. – С. 2-5.
6. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1980. – 196 с.
7. Антонов, А.В. Системный анализ: учеб. для вузов / А.В. Антонов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 454 с.
8. Арабей, Е. «Европа 2020: стратегия разумного, устойчивого и всеобъемлющего роста» [Электронный ресурс] / Е. Арабей // Режим доступа: <http://eulaw.ru/content/307>. (Дата обращения 10.04.2013).
9. Асаул, А.Н. Феномен инвестиционно-строительного комплекса или сохраняется строительный комплекс страны в рыночной экономике. Монография / А.Н. Асаул. – СПб: «Гуманистика», 2004. – 280 с.

10. Атаев, С.С. Технология строительного производства: учебник для вузов / С.С. Атаев, Н.Н. Данилов, Б.В. Прыкин и др. – М.: «Стройиздат», 1984. – 559 с.
11. Баранов, С.П. Анализ затрат энергоресурсов при производстве строительномонтажных работ / С.П. Баранов, Г.В. Земляков, А.А. Лозовский. – Мн.: БНТУ, 2004. – 465 с.
12. Баскаков, А.Я. Методология научного познания: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. / А.Я. Баскаков, Н.В. Туленков – К.: МАУП, 2004. – 216 с.
13. Баталин, Б.С. Эксплуатационные свойства пенополистирола вызывают опасения. / Б.С. Баталин, Л.Д. Евсеев // Строительные материалы. – 2009. – № 10. – С. 55-58.
14. Башмаков, И.А. Анализ целевых показателей энергоэффективности, установленных Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 / И.А. Башмаков. // Энергосовет. – 2001. – № 1. – С. 18-27.
15. Бек-Булатов, А.И. Пенополистирол – история создания и долговечность / А.И. Бек-Булатов // Строительные материалы. – 2010. – № 3. – С. 92-93.
16. Беккер Й. Менеджмент процессов [пер. с нем.] / Й. Беккер, Л. Вилкова, В. Таратухин, М. Кугелер, М. Роземанн; под ред. Й. Беккера. – М.: Эксмо, 2007. – 384 с.
17. Белоликов, В.Т. Организация и экономика строительного производства: учебное пособие / В.Т. Белоликов, А.М. Бондарь, И.С. Птухина; под общ. ред. Белоликова В.Т. – СПб: СПбГПУ, 2002. – 86 с.
18. Березнюк, А.Н. Совершенствование организационно-технологических решений строительства и реконструкции с учетом ресурсосбережения / А.Н. Березнюк, Р.Б. Папирный, В.Т. Шалённый // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – 2011. – № 3. – С. 22-28.
19. Богданов А. А. Всеобщая организационная наука (тектология). Часть II. Изд-е 3-е. – Л.-М.: Книга, 1927. – 240 с.
20. Богданов А. А. Всеобщая организационная наука, (тектология). Часть III. Изд-е 2-е. – Л.-М.: Книга, 1929. – 221 с.

21. Богданов, А. А. Всеобщая организационная наука. Часть 1. Изд. 3-е. – М-Л.: Книга, 1925. – 300 с.
22. Богданов, А.Б. Причины, не позволяющие выполнить указ Президента № 889 от 4 июня 2008 г. о снижении энергоёмкости валового внутреннего продукта на 40% [Электронный ресурс] / А.Б. Богданов. – Режим доступа: <http://exergy.narod.ru/tezises.htm>
23. Бодров, В.И. Микроклимат производственных и сельскохозяйственных зданий и сооружений: научное издание / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Г. Кучеренко; под общ. ред. В.И. Бодрова – Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623 с.
24. Большаков В.И. Состояние и перспективы энергосбережения в металлургической отрасли / В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев // Черные металлы. – 2008. – № 9 – С. 3-22.
25. Бродач, М.М. Рынок зелёного строительства в России / М.М. Бродач, Г. Имз // Здания высоких технологий. – № 1. – 2013.
26. Бусленко, В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 240 с.
27. Бусленко, Н.П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. – М.: «Советское радио», 1973. – 440 с.
28. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
29. Бутовский, И.Н. Новая методика оценки энергопотребления зданий / И.Н. Бутовский, Ю.А. Матросов, Н.А. Шмаров // Строительные науки. – 2008. – № 3. – С. 66-69.
30. Васильев, Г.П. Повышение энергетической эффективности инженерного оборудования зданий. Стимулы и барьеры / Г.П. Васильев, А.Л. Наумов, Н.Д. Евстратова // Энергосбережение. – 2012. – № 2. – С.15-20.
31. Васильев, Г.П. Эффективная теплозащита – дань моде или экономическая необходимость? / Г.П. Васильев // Энергосбережение. – 2011. – № 6. – С. 14-28.

32. Власова, Л.А. Развитие механизма облигационных займов в инвестиционно-строительной сфере: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Власова Людмила Анатольевна. – Иваново, 2005. – 163 с.
33. Волков, А.А. Гомеостат зданий и сооружений: Кибернетика объектов и процессов // В кн. «Информационные модели функциональных систем» / А.А. Волков, под ред. К.В.Судакова, А.А.Гусакова – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – с.133-160.
34. Волков, А.А. Методология проектирования функциональных систем управления зданиями и сооружениями (Гомеостат строительных объектов) дис.... д-ра. техн. наук.: 05.13.01 / Волков Андрей Анатольевич. – М., 2003. – 350 с.
35. Волков, А.А. Основы гомеостатики зданий и сооружений / А.А. Волков Промышленное и гражданское строительство. – 2002. – № 1. – С. 34-35.
36. Волков, А.А. Проектирование системоквантов строительных процессов и объектов комплексов зданий с монолитным железобетонным каркасом / А.А. Волков, В.М. Лебедев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1. – С. 273-280.
37. Волков, А.А. Системокванты технологических процессов объектов строительства / А.А. Волков // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1. – С. 282-287.
38. Гинзбург, А.В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надёжности строительства / А.В. Гинзбург. – М.: СИП РИА, 1999. – 156 с.
39. Гитберг, В.Д. Системное проектирование в строительстве / В.Д. Гитберг. – Л.: Стройиздат, 1987. – 187 с.
40. Глобальная энергетическая безопасность: Санкт-Петербургский план действий. Принят 16 июля 2006 года [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.g8russia.ru/docs/11.html> (Дата обращения 10.04.2013).
41. Глуховский, В.Д. Основы технологии отделочных, тепло- и гидроизоляционных материалов / В.Д. Глуховский и др. – Киев: Вища школа, 1986. – 303 с.
42. Гмошинский, В.Г. Инженерное прогнозирование технологии строительства / В.Г. Гмошинский. – М.: Стройиздат, 1988. – 296 с.

43. Голов, Г.И. Демонтажные работы при реконструкции зданий / Г.И. Голов. – М.: Стройиздат, 1990. – 144 с.
44. Голованова, Л.А. Формирование региональной политики энергосбережения и оценка её результативности: на примере Хабаровского края: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Голованова Лариса Анатольевна – Хабаровск, 2007. – 329 с.
45. Головач, Э.П. Организационная надежность и устойчивость предприятий инвестиционно-строительного комплекса / Э.П. Головач. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001. – 249 с.
46. Голуб, Л.Г. Информационные технологии в управлении строительством / Л.Г. Голуб. – М.: Стройиздат, 1992. – 210 с.
47. Голубцов, Н.В. Энергетическая эффективность зданий и сооружений в аспекте управления их жизненным циклом / Н.В. Голубцов, Л.Г. Ефремов, Р.Г. Исмятуллин // Вестник Чувашского университета. – 2013. – № 11. – С. 247-255.
48. Горчаков, Г.И., Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
49. ГОСТ 15971-1990 Системы обработки информации. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. – 14 с.
50. ГОСТ 23501.101-1987 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. – 11 с.
51. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. Основные положения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 31 с.
52. ГОСТ Р 1.2-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 19 с.
53. ГОСТ Р 1.5-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 35 с.

- 54.ГОСТ Р 51379-1999 Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 22 с.
- 55.ГОСТ Р 51387-1999 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 20 с.
- 56.ГОСТ Р 51388-99 Энергосбережение. Информирование потребителей об энергоэффективности изделий бытового и коммунального назначения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 19 с.
- 57.ГОСТ Р 51541-1999 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 12 с.
- 58.ГОСТ Р 51750-2001. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 34 с.
- 59.ГОСТ Р 52104-2003. Ресурсосбережение. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
- 60.ГОСТ Р 52614.9-2013. Менеджмент устойчивого развития. Структура управления устойчивым развитием бизнес-кластеров. – М.: Стандартинформ, 2014 – 32 с.
- 61.ГОСТ Р 54964–2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости. Национальный стандарт РФ. – М.: Стандартинформ, 2012. – 48 с.
- 62.ГОСТ Р ИСО 14040:2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (IDT). – М.: Стандартинформ, 2014 – 17 с.
- 63.Градостроительный кодекс Российской Федерации: [федер. закон](#) № 190-ФЗ от 29.12.2004 // Рос. газ. – 2004. – 30 дек. (№ 290).
- 64.Граник, Ю.Г. Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий / Ю.Г. Граник // Строительные материалы. – 1999. - № 2. – С. 4-6.

65. Григорьев, В.А. Экологизация городов в мире, России, Сибири. Аналитический обзор (Сер. Экология. Вып. 63) / В.А. Григорьев, И.А. Огородников. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2001. – 143 с.
66. Гурьев, В. В. Оценка параметров остаточного ресурса зданий массовой застройки первого периода индустриального домостроения / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев, М.С. Дузинкевич // Пром. и гражд. стр-во. – 2006. – № 4. – С. 25-26.
67. Гусаков, А. А. Новая парадигма строительной деятельности защитит нашу жизнь / А.А. Гусаков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 5. – С. 10-12.
68. Гусаков, А. А. Развитие компьютеризации в строительстве // Автоматизация проектирования и управления в строительстве / А.А. Гусаков. – М.: Современные тетради, 2003.
69. Гусаков, А. А. Реструктуризация строительных знаний на основе функционально-системного подхода / А.А. Гусаков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. – № 1. – С. 10-11.
70. Гусаков, А. А. Системы оргтехнического обеспечения автоматизированного проектирования и управления в строительстве / А.А. Гусаков, Н.И. Лейкин, И.Т. Молчанов // Промышленное строительство. – 1979. – № 2 – С. 4-5.
71. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства в условиях автоматизированных систем проектирования. / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1974. – 246 с.
72. Гусаков, А.А. Системотехника / под ред. А. А. Гусакова. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – 768 с.
73. Гусаков, А.А. Системотехника строительства – 2-е изд., перераб. и доп. / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1993. – 368 с.
74. Гусаков, А.А. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь – 2-е изд. перераб. и доп. / под ред. А.А. Гусакова – М.: Стройиздат, 2004. – 300 с.

75. Гусаков, А.А. Системотехника строительства / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1983. – 440 с.
76. Гусакова, Е. А. Системотехника организации жизненного цикла объекта строительства / Гусакова Е. А. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 350 с.
77. Гусакова, Е.А. Системотехника организационно-технических циклов объектов строительства: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.08 / Гусакова Елена Александровна. – М., 2004. – 40 с.
78. Гусакова, Е.А. Системотехника организационно-технических циклов объектов строительства: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.08 / Гусакова Елена Александровна. – М., 2004. – 370 с.
79. Данилов, О.Л. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / О.Л. Данилов, П.А. Костюченко; под общей редакцией О.Л. Данилова. – М.: Технопромстрой, 2006. – 688 с.
80. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
81. Дементьев, А.Г. Структура и свойства пенопластов / А.Г. Дементьев, О.Г. Тараканов. – М.: Химия, 1983. – 176 с.
82. Дикман, Л.Г. Организация строительного производства: учебное пособие / Л.Г. Дикман. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 608 с.
83. Дмитриев, А.Н. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / И.Н. Ковалёв, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.
84. Дорофеев, В. М. О результатах комплексного обследования жилых зданий второго периода индустриального домостроения / В.М. Дорофеев, М.С. Дюзинкевич, Д.А. Лысов // Пром. и гражд. стр-во. – 2008. – № 12. – С. 27-30.

85. Дорофеев, В.М. Автоматизированная станция мониторинга технического состояния конструкций зданий на объектах города / В.М. Дорофеев, В.Г. Катренко, Н.В. Назьмов, Д.А. Лысов // Пром. и гражд. стр-во. – 2008. – № 12. – С. 24-26.
86. Дорофеев, В.М. Мониторинг зданий, попадающих в зону строительства и эксплуатации Третьего транспортного кольца / В.М. Дорофеев, М.С. Дузинкевич, Н.В. Назьмов, И.Н. Пономарев // Пром. и гражд. стр-во. – 2003. – № 11. – С. 21-23.
87. Доценко, А.И. Разработка и внедрение комплекса ресурсосберегающих технологий строительства дорожно-транспортных сооружений повышенной долговечности / А.И. Доценко, А.В. Руденский // Проблемы транспорта. – 2009. – № 12. – С. 213-217.
88. Дьячкова, О.Н. Системный подход к оценке эффективности жизненного цикла жилых многоэтажных зданий / О.Н. Дьячкова // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 11. – С.41-42.
89. Ильин, В.В. BIM-информационное моделирование зданий / В.В. Ильин // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2011. – № 3. – С. 72-75.
90. Ильичёв, В. А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека / В.А. Ильичёв. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
91. Ильягуев, Р. Энергоэффективность: нормативно-правовой аспект [Электронный ресурс] / Р. Ильягуев // Режим доступа: http://esco.co.ua/journal/esco/2013_8/art41.html (Дата обращения 10.04.2013).
92. Кербер, М.Л. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии / М.Л. Кербер. – СПб.: Профессия, 2008. – 500 с.
93. Клименко, В.В. Оценка потребления электроэнергии на кондиционирование в Москве в условиях ожидаемых изменений климата / В.В. Клименко, А.Г. Терешин, Т.Н. Андрейченко, А.В. Бокарев, Е.В. Маровчева, Л.П. Рогатовская // Энергосбережение и водоподготовка. – 2011. – № 1(69). – С. 2-6.

94. Ключев, В. Д. Методология проектирования объектов капитального строительства на основе постановки многокритериальной задачи / В.Д. Ключев, О.А. Куцыгина // Пром. и гражд. стр-во. – 2009. – № 7. – С. 36-38.
95. Кобелева, С.А. Жилищное строительство, природа, общество, экономика: направления эффективного взаимодействия / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2013. - № 2 (46). – с. 89-93.
96. Кобелева, С.А. Разработка методики определения полной энергоёмкости зданий / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2012. - № 1 (39). – С. 74-78.
97. Коканин, С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / Коканин Сергей Владимирович. – Иваново, 2011. – 18 с.
98. Колобов, А.А. Менеджмент высоких технологий: курс интернет-университета информационных технологий [Электронный ресурс] / А.А. Колобов, [И.Н. Омельченко](#), [А.И. Орлов](#) // Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/544/400/info>.
99. Колосков, В.Н. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования / В.Н. Колосков, П.П. Олейник, А.Ф. Тихонов. – М.: АСВ, 2004. – 200 с.
100. Кондаков, Н.И. Логический словарь-справочник / Н.И. Кондаков. – М.: Наука, 1975. – 720 с.
101. Кузина, О.В. Разработка организационно-экономического механизма снижения энергоёмкости строительного сектора экономики: дис. ...канд. экон. наук: 08.00.05 / Кузина Ольга Викторовна. – М.: 2011. – 137 с.
102. Лебедев, В.М. Гомеостат строительного производства / В.М. Лебедев, А.А. Волков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 1. – С. 102-104.
103. Лебедев, В.М. Информационные стадии строительного производства и функционирование системоквантов строительных процессов и объектов / В.М. Лебедев // Вестник МГСУ. – 2009. – № 1. – С. 222-223.

104. Лепешкина, Е.А. Экономическое стимулирование энергосберегающих инноваций в строительстве: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Лепешкина Елена Анатольевна. – М., 2003. – 169 с.
105. Ливчак, В.И. Актуализация СНиП в сфере водоснабжения сдерживает повышение энергоэффективности / В.И. Ливчак // Сантехника. – 2012. – № 3. – С.14-18.
106. Лунгин, В.Г. Принципы обоснования энергоэффективных организационно-технических решений в строительстве [Электронный ресурс] / В.Г. Лунгин, А.В. Зигматович // Экономика и производство. – № 11 – 2004. – Режим доступа: <http://lugin.ru/scientific-article/energy-saving-building-construction.html>. (Дата обращения 15.06.2013).
107. Маклаков, С.В. Моделирование бизнес-процессов с ВРwin 4.0 / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГМИФИ, 2002. – 209 с.
108. Малец, В. Проблемы энергосбережения в производстве строительных материалов / В. Малец, Е. Подлuzский [Электронный ресурс] // Архитектурно-строительный портал Ais.by. Режим доступа: <http://ais.by/node/1351> (дата обращения 22.07.2012)
109. Матросов, Ю.А. Новая концепция нормирования теплозащиты зданий. Энергетическая эффективность / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский, Д. Гольштейн // Бюллетень ЦЭНЭФ. – 1994. – № 5. – С.2-4.
110. Матросов, Ю.А. Энергетическая эффективность зданий при использовании модифицированных лёгких бетонов / Ю.А. Матросов, В.Н. Ярмаковский // Строительные материалы. – 2006. – № 613. – С.19-21.
111. Матросов, Ю.А. Могут ли современные строительные материалы обеспечить высокую энергоэффективность зданий / Ю.А. Матросов // Сборник докладов международной научно-практической конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ». – 2006. – С. 22-35.

112. Матросов, Ю.А. Нормативная база энергосбережения в зданиях на федеральном и региональном уровнях / Ю.А. Матросов // Теплоэнергоэффективные технологии. Информационный бюллетень. – 2003. – № 4. – С.28-33.
113. Матросов, Ю.А. Нормативная база энергосбережения в зданиях на федеральном и региональном уровнях / Ю.А. Матросов // Теплоэнергоэффективные технологии: информационный бюллетень. – № 4. – 2003. – С. 28-33.
114. Матросов, Ю.А. Нормы и стандарты энергоэффективности зданий: региональный подход / Ю.А. Матросов, Д. Гольштейн // Теплоэффективные технологии. Информационный бюллетень. – 1996. – № 4. – С. 24-30.
115. Матросов, Ю.А. Повышение энергоэффективности жилых зданий / Ю.А. Матросов // Бюллетень ЦЭНЭФ. – 2002. – № 35. – С.23-24.
116. Матросов, Ю.А. Регионы России переходят на энергетический принцип проектирования и строительства зданий / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – 2002. – № 2. – С. 44-48.
117. Матросов, Ю.А. Система нормативных документов по энергетической эффективности зданий / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – 2004. – № 1. – С. 73-76.
118. Матросов, Ю.А. Современное состояние нормативной базы энергоэффективности зданий в России / Ю.А. Матросов // Бюллетень ЦЭНЭФ. – 2001. – № 31. – С.23-26.
119. Матросов, Ю.А. Сравнительный анализ новых территориальных норм России по энергетической эффективности жилых зданий и нового постановления Германии / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – № 4. –2002. – С. 60-64.
120. Матросов, Ю.А. Стратегия устойчивого развития строительного комплекса России / Ю.А. Матросов, Г.Л. Осипов // Материалы пленарного заседания НИИСФ РААСН. – 2006. – С.6-9.
121. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути её решения / Ю.А. Матросов. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.

122. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути её решения: монография / Ю.А. Матросов. – Казань: Изд-во НИИ строительной физики РААСН, 2008. – 495 с.
123. Матросов, Ю.А. Энергоэффективность и экология – основа современных требований к теплозащите зданий / Ю.А. Матросов // Строительные науки. – 2009. – № 5. – С. 2-8.
124. МГСН 301.01-1996 Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве (утв. Распоряжением Премьера Правительства Москвы от 12 марта 1996 г. № 223-РП). – Введ. 01.04.1996. – М.: 137 с.
125. Методика определения физического износа гражданских зданий (утверждена приказом по Министерству коммунального хозяйства РСФСР 27 октября 1970 г. № 404).
126. Методика расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях (утв. Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 07.01.2010 г. № 273).
127. Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ. МДС 12-46.2008. – Введ: 2009-01-01. – М.: ОАО «ЦПП», 2009. – 14 с.
128. Методические рекомендации по экономическому обоснованию применения конструктивных элементов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности инвестиций за счет снижения эксплуатационных затрат, повышения долговечности зданий и сооружений, сокращения продолжительности строительства и других эффективных решений при повышении единовременных затрат при проектировании и строительстве, и одновременном росте сметной стоимости. МРР-3.2.23-97. – М.: Комитет по архитектуре и градостроительству, 1997. – 97 с.
129. Методические рекомендации по разработке муниципальной программы по энергосбережению и повышения энергетической эффективности

- (для муниципальных образований Хабаровского края) / С.В. Моторина, О.А. попова – Хабаровск, 2010. – 84 с.
130. Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве (утв. приказом Госстроя России от 18.04.2001 г. № 81).
131. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 62 с.
132. Микульский, В.Г. Строительные материалы (Материаловедение) / В.Г. Микульский и др. – М.: АСВ, 2006. – 536 с.
133. Мищенко, В.Я. Теоретические основы организации эксплуатации и воспроизводства объектов жилой недвижимости: автореф. д-ра. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Мищенко Валерий Яковлевич. – Воронеж, 2006. – 36 с.
134. Мурыч, А.В. Эколого-экономические проблемы создания энергосберегающих жилых зданий: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Мурыч Анатолий Владимирович. – М., 2006. – 137 с.
135. Нанасов, П.С. Управление проектно-строительным процессом (теория, правила, практика): учебное пособие / П.С. Нанасов. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 160 с.
136. Науменко, С.М. Управление инновационным проектом энергосбережения в строительном комплексе на основе программно-целевого подхода: дисс. ...канд. экон. наук: 08.00.05 / Науменко Светлана Михайловна. – Орёл, 2006. – 159 с.
137. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа, 1980. – 469 с.
138. Николаев, С.В. Современное высотное строительство / С.В. Николаев. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 464 с.
139. Новиков, А.М. Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.

140. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий. Стандарт общественной организации РНТО строителей. СТО 17532043-001-2005. – М.: ГУП ЦПП, 2006. – 20 с.
141. О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Постановление Правительства РФ № 235 от 13.04.2010 г. // Рос. газ. – 2010. – 20 апреля (№ 83).
142. О городской программе «Энергосберегающее домостроение в городе Москве» на 2010-2014 гг. и на перспективу до 2020 года». Постановление Правительства Москвы от 9.07.2009 № 536-ПП.
143. О концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. 1662-р) // Собрание законодательства РФ. – 2008. 24 ноября (№ 47), ст. 5489.
144. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента Российской Федерации № 889 от 4.06.2008 // Рос. газ. – 2008. – 7 июня (№ 4680).
145. О неукоснительном соблюдении требований действующих нормативных документов в части применения прогрессивных энергосберегающих технологий, современных материалов и оборудования. Письмо Госстроя РФ № НК-5607/6 от 10.09.2003 г.
146. О повышении энергетической эффективности жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве и внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 9 июня 2009 г. № 536-ПП: Постановление Правительства Москвы № 900-ПП от 5.10.2010.
147. О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве: Постановление Правительства Москвы № 469-ПП от 25.06.2002.
148. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. // Рос. газ. – 2008. – 27 февраля (№ 4598).

149. О техническом регулировании: федер. закон Рос. Федерации от 27 декабря 2002 г. № 184–ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 декабря 2002 г. // Рос. газ. – 2002. – 31 дек. (№ 245).
150. О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений. Приказ Минрегион развития № 262 от 28 мая 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12076199/> (Дата обращения 10.10.14).
151. Об утверждении государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2010 года № 2446-р. // Собрание законодательства РФ – 2011. – 24 янв. (№ 4), ст.622.
152. Об утверждении Положения о требованиях, предъявляемых к сбору, обработке, систематизации, анализу и использованию данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных и добровольных энергетических обследований. Постановление Правительства РФ № 19 от 25.01.2011. // Рос. газ – 2011. – 12 февраля (№ 5399).
153. Об утверждении Правил осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ № 318 от 25.04.2011 // Рос. газ. – 2011. – 29 апреля (№ 5469).
154. Об утверждении правил осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации. Постановление Правительства РФ № 318 от 25.04.2011 г. // Рос. газ – 2011. – 29 апреля (№ 93).
155. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов.

Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. № 18 // Собрание законодательства РФ. – 2011. 31 января (№ 5), ст. 742.

156. Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования. Приказ Минэнерго России от 19.04.2010 №182. // Рос. Газ (Интернет-портал). – 2010. – 28 февр.
157. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 11 ноября 2009 г. // Рос. газ. – 2009. – 27 нояб. (№ 5050).
158. ОК 005-93. Общероссийский классификатор продукции (утв. Постановлением Госстандарта России от 30 декабря 1993 г. № 301). – М.: ИПК Издательство стандартов, 1994.
159. ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст.).
160. ОК 013-94. Общероссийский классификатор основных фондов (утв. Постановлением Госстандарта РФ от 26 декабря 1994 г. № 359). – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995.
161. ОК 034-2014 (КПЕС 2008). Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст.).
162. Олейник, П.П. Организация системы переработки строительных отходов / П.П. Олейник, С.В. Олейник. – М.: МГСУ, 2009. –259 с.
163. Олейник, П.П. Организационные решения по разборке (сносу) жилых зданий типовых серий: учебное пособие / П.П. Олейник, С.П. Олейник. – М.: МГСУ, 2008. – 55 с.

164. Опарин, Р.Ю. Организация и планирование ремонта функциональных помещений с использованием информационных технологий: дисс...канд. техн. наук.: 05.02.22 / Опарин Роман Юрьевич. – Иваново, 2009. – 124 с.
165. Опарина Л.А. Декомпозиция первого уровня функциональной модели жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2012. – № 1. – С. 28-29.
166. Опарина, Л.А. IDEF0-моделирование жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – № 11. – С. 18-20.
167. Опарина, Л.А. Внедрение энергосберегающих мероприятий как фактор повышения эффективности управления недвижимостью. // Учёные записки ФЭиУ– Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. – С. 364-370.
168. Опарина, Л.А. Имитационное моделирование расхода энергоресурсов зданиями / Л.А. Опарина // Энергосбережение. – 2012. – № 7. – С. 68-70.
169. Опарина, Л.А. Имитационное моделирование энергопотребления зданиями в течение жизненного цикла на основе аппарата стохастических агрегативных систем / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2013. – № 8. – С. 22-24.
170. Опарина, Л.А. К вопросу о применении программно-целевого подхода при решении проблем энергосбережения / Л.А. Опарина, М.А. Петрухин, Ю.А. Чистякова // Информационная среда вуза (XIX Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2012. – С. 436-444.
171. Опарина, Л.А. К вопросу об организации системы энергетической паспортизации зданий / Л.А. Опарина, Н.С., Агупова // Информационная среда вуза (XVII Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. – С. 364-370.
172. Опарина, Л.А. Классификация показателей энергетической эффективности зданий (Коллективная монография) «Архитектура и строительство.

Часть II Многотомной коллективной монографии «Проблемы и пути развития Российской провинции» / Л.А. Опарина. – Пенза: РИО ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА», 2011. – С.85-93.

173. Опарина, Л.А. Новые информационные технологии организации строительного производства / Л.А. Опарина // Информационная среда вуза (XIX Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2012. – С. 409-411.
174. Опарина, Л.А. Обоснование применения методологии процессного подхода к моделированию жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – № 5. – С. 8-10.
175. Опарина, Л.А. Определение понятия «энергоэффективное здание» / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2010. – № 8. – С. 2-4.
176. Опарина, Л.А. Организационные аспекты проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – № 10. – С. 8-10.
177. Опарина, Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учебное пособие / Л.А. Опарина. – Иваново: ПресСто, 2014. – 256 с.
178. Опарина, Л.А. Построение матрицы нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Энергосбережение и водоподготовка. – 2011. – №4 (72). – С.22-25.
179. Опарина, Л.А. Практические примеры оценки эффективности энергосберегающих мероприятий / Л.А. Опарина // Информационная среда вуза (XVI Международная научно – практическая конференция): Сборник статей – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2010. – С. 370-376.
180. Опарина, Л.А. Развитие технологий моделирования жизненного цикла зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – № 12. – С. 45-46.
181. Опарина, Л.А. Результаты расчёта энергоёмкости жизненного цикла зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2013. – № 11. – С. 50-52.

182. Опарина, Л.А. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2014. – № 8. – С. 12-15.
183. Опарина, Л.А. Создание реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов / Л.А. Опарина, Н.В. Заянчуковская, И.Н. Лыкова // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 6(50). – С. 78-81.
184. Опарина, Л.А. Создание реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов / Н.В. Заянчуковская, И.Н. Лыкова // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 6(50). – С. 78-81.
185. Опарина, Л.А. Техничко-экономическое обоснование утепления стен зданий / Л.А. Опарина // Информационная среда вуза (XVI Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2010. – С. 364-370.
186. Опарина, Л.А. Учёт энергоёмкости строительных материалов в жизненном цикле зданий – путь к устойчивому развитию / Л.А. Опарина // Энергосбережение. – 2014. – № 8. – С. 66-68.
187. Опарина, Л.А. Учёт энергоёмкости строительных материалов на разных стадиях жизненного цикла зданий / Л.А. Опарина // Строительные материалы. – 2014. – № 11. – С. 44-46.
188. Опарина, Л.А. Формирование классификации показателей энергетической эффективности зданий / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. – 2011. – № 2. – С. 18-20.
189. Опарина, Л.А. Функциональное моделирование бизнес-процессов как основа стратегического планирования в строительной отрасли / Л.А. Опарина // Стратегическое планирования и развитие предприятий: материалы тринадцатого всероссийского симпозиума – М.: ЦЭМИ РАН, 2012 г. – С. 132-134.
190. Опарина, Л.А. Функциональное моделирование жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л.А. Опарина // Энергосбережение. – 2011. – № 7. – С. 69-71.

191. Опарина, Л.А. Экономика и организация архитектурного проектирования и строительства / Л.А. Опарина, Р.Ю. Опарин. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. – 282 с.
192. Организационно-экономическое моделирование процесса проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий. Грант РГНФ: целевой конкурс поддержки молодых учёных № 11-32-00360а2: отчёт о НИР № госрегистрации 01201169487 / Опарина Л.А. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2012. – 36 с.
193. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасевич. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
194. Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (утв. распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р).
195. Пермяков, Б.А. Энергосбережение в строительстве: ситуация, проблемы, рекомендации, перспективы: учебное пособие / Б.А. Пермяков. – Ухта: УГТУ, 2007. – 59 с.
196. Петрухин, А.Б. Облигации как финансовый инструмент решения жилищной проблемы / А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина, К.Б. Строкин // Известия ВУЗов. Серия «Экономика, финансы и управление производством». – 2013. – № 02(16). – С. 28-33.
197. Петрухин, А.Б. Проблемы развития жилищных облигационных займов и пути их решения / А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина, А.А. Овчинников // Известия ВУЗов. Серия «Экономика, финансы и управление производством». – 2013. – № 03(17). – С. 21-24.
198. Петрухин, А.Б. Источники финансирования жилищного строительства в современных социально-экономических условиях / Л.А. Опарина // Известия ВУЗов. Серия «Экономика, финансы и управление производством». – 2012. – № 03(13). – С. 17-20.

199. Петрухин, А.Б. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий / А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина // Известия ВУЗов. Серия «Экономика, финансы и управление производством». – 2011. – № 03(09). – С. 92-95.
200. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий объектов коммунального и социально-культурного назначения ВНС 58-88(р) / М.: Государственный комитет по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР. – Введ. 01.07.1989. – М.: ФГУП ЦПП, 1990. – 91 с.
201. Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве: МГСН 301.01-96. Введ. 1.04.1996. – М.: ГУП «НИАЦ» № 1996.
202. Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве. МГСН 301.01-96. Приложение к распоряжению Премьера Правительства Москвы от 12 марта 1996 г. № 223-РП.
203. Постановление Правительства РФ от 17 сентября 2001 г. № 675 «О федеральной целевой программе «Жилище» на 2002 - 2010 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/2306859/#ixzz3VsNtaAVc>.
204. Постановление РФ от 17 декабря 2010 г. № 1050 «О федеральной целевой программе «Жилище» на 2011-2015 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2011/02/01/jilische-site-dok.html>.
205. Программа снижения затрат строительной продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1999/33/sn93315.html> (дата обращения: 18.10.2012)
206. Пугачёв, С.В. Техническое регулирование и вопросы энергоэффективности в строительстве / С.В. Пугачёв // Энергосбережение. – 2013. – № 2. – С.14-22.

207. Р 50.1.028-2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России, 2001. – 43 с.
208. Расчёт мощности кондиционера [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.rfclimat.ru/htm/con_calc.htm (дата обращения: 8.11.2012).
209. Ровин, Л.Е. Экономия энергетических и материальных ресурсов в литейном и металлургическом производстве / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин, Д.М. Кокуй // Сборник научных трудов «Металлургия». – 2008. – № 31 – С.107-129.
210. Савин, В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение / В.К. Савин – М.: «Лазурь», 2005. – 432 с.
211. Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промходов: методические указания. МУ 2.1.674-97. – Введ. 08.08.1997. – М.: Гос. система сан-эпид. нормирования РФ, 2000. – 15 с.
212. Свод правил СП 54.13330.2011: Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 / М.: Минрегион РФ. – Введ. 20.05.2011. Росстандарт, 2011. – 40 с.
213. Свод правил СП 56.13330.2011: Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 / М.: Минрегион РФ. – Введ. 20.05.2011. Росстандарт, 2011. – 22 с.
214. Свод правил. Тепловая защита зданий. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. / Госстрой РФ. – Введ. 01.01.2012 – М.: Минрегион России. 2012. – 100 с.
215. Свод правил: Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий: СП 31-107-2004 / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.06.2004. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 177 с.
216. Свод правил: Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001: СП 55.13330.2011 / Минрегионразвития РФ. – Введ. 20.05.2011. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 22 с.

217. Свод правил: Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004: СП 48.13330.201 / Минрегионразвития РФ. – Введ. 20.05.2011. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 22 с.
218. Свод правил: Проектирование тепловой защиты зданий: СП 23-101-04 / Госстрой РФ. – Введ. 01.06.2004. – М., 2004. – 79 с.
219. Сеппанен, О. Европа устанавливает новые требования к энергетическим характеристикам зданий / О. Сеппанен // Энергосбережение. – 2010. – № 4. – С.40-46.
220. Системы добровольной сертификации объектов недвижимости «Зеленые стандарты». – Рег. РОСС RU.И630.04ААДО.
221. Соколов, С.В. Эволюция энергосбережения в строительстве [Электронный ресурс] / С.В. Соколов – Режим доступа: <http://www.expertiza-kazan.ru/articles/stroyexp/?ID=45> (дата обращения 24.11.2012).
222. Спицнадель, В.Н. Основы системного анализа / В.Н. Спицнадель. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.
223. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency), международная аббревиатура ENE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_dokument_es_po_e_ef.pdf (Дата обращения 3.02.15).
224. Стандарт Национального объединения строителей «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Учёт региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания». – СТО 017 НО-СТРОЙ 2.35.4-2013. – М., 2013. – 67 с.
225. Стандарт Национального объединения строителей «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Учёт региональных особенностей в рейтинговой системе оценки устойчивости среды обитания». – СТО 221 НО-СТРОЙ 2.35.68-2013. – СПб., 2013. – 35 с.
226. Стефанов, Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е.В. Стефанов. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2005. – 400 с.

227. Строительные нормы и правила: Здания жилые многоквартирные: СНиП 31-02-2003 / Госстрой РФ. – Введ. 01.10.2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 26 с.
228. Строительные нормы и правила: Общественные здания административного назначения СНиП 31-05-2003 / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.09.2003. М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 22 с.
229. Строительные нормы и правила: Общественные здания и сооружения (Актуализированная редакция СНиП 2.08.02-89*). СНиП 31-06-2009 / М.: Минрегион РФ. – Введ. 01.01.2010. Росстандарт, 2010. – 59 с.
230. Строительные нормы и правила: Отопление, вентиляция, кондиционирование. СНиП 2.04.05-91* / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.09.1991. – М.: ФГУП ЦПП, 1999 – 72 с.
231. Строительные нормы и правила: Пожарная безопасность зданий и сооружений СНиП 21-01-97 / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.01.1998. – М.: ФГУП ЦПП, 2000. – 35 с.
232. Строительные нормы и правила: Система нормативных документов в строительстве. Основные положения СНиП 10-01-94 / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.01.1995. М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 22 с.
233. Строительные нормы и правила: Строительная климатология СНиП 23-01-99 / М.: Госстрой РФ. – Введ. 01.01.2000. – М.: ФГУП ЦПП, 2000 – 91 с.
234. Строительные нормы и правила: Строительная теплотехника: СНиП II-3-79 / Госстрой СССР. – Введ. 01.07.79 – М.: Минстрой России – М.: ГП ЦПП, 1979. – 49 с.
235. Строительные нормы и правила: Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003 / Госстрой РФ. – Введ. 01.10.2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 26 с.
236. [Судаков, К.В.](#) Информационные модели функциональных систем / К.В. Судаков; под. ред. А.А. Гусаков. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 304 с.

237. Судаков, К.В. Информационные модели функциональных систем / под ред. К. В. Судакова и А.А. Гусакова. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 304 с.
238. Табунщиков, Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий (2-е издание, исправленное и дополненное): электронная книга / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2012. – 204 с.
239. Табунщиков, Ю.А. Нормативно-правовое обеспечение повышения энергетической эффективности строящихся зданий / Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2012. – № 8. – С. 14-23.
240. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
241. Талапов, В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание / В.В. Талапов // CAD-мастер. – 2010. – №4(54) – С.114-121.
242. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В.В. Талапов. – М.: ДМК, 2011. – 392 с.
243. Тарасевич, Е.И. Прогнозирование расходов ресурсов при эксплуатации недвижимости административно-офисного назначения / Е.И. Тарасевич, Е.С. Павлова. – СПб.: Исследовательский центр оценки активов, 1999 г. – 7 с.
244. Теличенко, В.И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве: научное издание / В.И. Теличенко, А.А. Лапидус – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с.
245. Территориальные строительные нормы: Энергетическая эффективность в жилых и общественных зданиях: МГСН 2.01-99 / Введ.23.01.99. – М., 1999. – 47 с.
246. Техничко-экономическая концепция производства и применения теплоизоляционных материалов в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uralstroyinfo.ru/?id=62&doc=79> (дата обращения: 18.10.2012)

247. Технические рекомендации по установлению долговечности (срока службы) строительных материалов и изделий. ТР 165-05. – Введ. 1.06.2005. – М.: ГУП «НИИМОССТРОЙ», 2005. – 10 с.
248. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федеральный закон Рос. Федерации от 31 декабря 2009 г. № 384-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 31 декабря 2009 г. // Рос. газ. – 2009. – 31 дек. (№ 5079).
249. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/543> (Дата обращения 09.06.2012).
250. Требования энергетической эффективности в отношении товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений. Приказ Минэкономразвития РФ № 229 от 4.06.2010 г. // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010. – 12 июля (№ 28).
251. Условное топливо [Электронный ресурс]. – // Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=1150> (Дата обращения 16.04.2012).
252. Утилизация твёрдых строительных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://razrushim.ru/articles/37/> (Дата обращения 03.12.12).
253. Фокин, В.М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена / В.М. Фокин, Г.П. Бойков, Ю.В. Видин. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2005. – 192 с.
254. Фокин, В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 256 с.
255. Фокин, К.В. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.В. Фокин. М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
256. Хайт, В.Л. Фундаментальная наука и жилище будущего / В.Л. Хайт // Жилищное строительство. – 2004. – № 10. – с. 74-78

257. Цай, Т.Н. Организация строительного производства: учебник для вузов / Т.Н. Цай, П.Г. Грабовый, В.А. Большаков и др. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 432 с.
258. Черемных, С.В. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
259. Чернышов, В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с.
260. Шепитько, Т.В. Методология выбора организационно-технологических решений при переустройстве железных дорог: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.13 / Шепитько Таисия Васильевна. – М., 2000. – 49 с.
261. Шубин, А.Ю. Имитационное моделирование развивающихся систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.14 / Шубин Александр Юрьевич. – Красноярск, 1998. – 180 с.
262. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования ВСН 59-88 / М.: Государственный комитет по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР. – Введ. 01.07.1989. – М.: ФГУП ЦПП, 1990 – 91 с.
263. Ясин, Ю.Д. Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций / Ю.Д. Ясин, Ю.В. Ясин, А.В. Ли // Строительные материалы. – 2002. – № 5. – С. 33-35.
264. A.J. Marszal, P. Heiselberg, J.S. Bourrelle, E. Musall, K. Voss, I. Sartori, A. Napolitano. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies // Energy and Buildings. 2011. no. 43. pp. 971-979.
265. Bertalanffy L. An Outline of General System Theory // British J. For Phil. Of Sci. – 1950. – V. 1. – №2. – P. 134-165.
266. E. Weizsdcker, A.B, Lovins and L.H. Lovins. Factor Four. Doubling Wealth-Halving Resource Use. The new report to the club of Rome. Earthscan Publication ltd, London, 1995.

267. Ehsan Asadia, Manuel Gameiro da Silva, Carlos Henggeler Antunes, Luis Diasc. Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application // *Energy and Buildings*. 2012. № 44. p. 81–87.
268. Energy Performance of Buildings Directive, EPBD. (2010/31/EC).
269. ISO 15392:2008 «Sustainability in building construction – General principles». TC/SC: ISO/TC 59/SC 17 ICS: 91.040.01 **Stage:** 90.93 (2014-10-31).
270. Saint-Gobain Isover. «Les Miroirs» 18, avenue d’Alsace. 92100 Courbevoie. France. 2009 г. Publication director: Pascal Eveillard • Editor-in-Chief: Colombe Roger-Machart Design - Production and art direction: TMG 01 39 59 64 39 • Printing: TPI (France) Printed on Satimat GREEN recycled paper • May 2009.

Материалы	Несменяемые элементы	Сменяемые элементы	Описание зданий	Схема данных	Связи для База данных ЭСМ				
Код	Материал	Единицы	Срок службы	ЭПМ	ЭСМ	ЭРМ	ЭДМ	ЭРУМ	
1	Железобетон (сборный)	куб. м	150	0,208	0,015808	0	0,0158	0,02603	
2	Кирпич силикатный	куб. м	150	0,211	0,016036	0	0,016036	0,02643	
3	Кирпич керамический	куб. м	150	0,508	0,038608	1,0546	0,038608	0,06356	
4	Раствор цементно-песчаный М100 для стен	куб. м	150	0,246	0,018696	1,00269	0,018696	0,03075	
5	Металлический горячекатанный профиль	кв. м	60	1,9	0,1444	0,255	0,1444	0,2375	
6	Прокат арматурный	т	150	0,928	0,07053	0	0,070528	0,116	
7	Пенополистирол плиты	куб. м	50	0,035	0,00035	0,07	0,00035	0,0044	
8	Минераловатные плиты	куб. м	50	0,091	0,0009	0,01838	0,0009	0,0114	
9	Гипсокартон листы	кв. м	60	0,011	0,000836	0,022836	0,000836	0,0112	
10	Плитка клинкерная фасадная	кв. м	75	0,011	0,000836	0,011836	0,00836	0,0013	
11	Рубероид	кв. м	5	0,0024	0,0001824	0,06978	0,0001824	0,0003	
12	Керамзит	куб. м	50	0,11	0,00836	0,035508	0,00836	0,01375	
13	Линолеум	кв. м	30	0,0024	0,0001824	0,012912	0,0001824	0,0002456	
14	Окна ПВХ	кв. м	40	0,013	0,000988	0,052455	0,000988	0,001625	
15	Столярные изделия	куб. м	30	0,003	0,000228	0,012105	0,000228	0,000375	
29	Прокат кровельный	кв. м	15	0,025	0,0019	0,269	0,0019	0,003	
30	Битумный праймер	кв. м	15	0,0024	0,00018	0,0387	0,00018	0,0003	
33	Раствор цементный М150	куб. м	150	0,246	0,00187	1,2393	0,001869	0,03075	
34	Железобетон монолитный Б15	куб. м	150	0,246	0,00187	0	0,00187	0,03075	

Материалы	Несменяемые элементы	Сменяемые элементы	Описание зданий	Схема данных	Связи для База данных ЭСМ
Код	Несменяемый элемент	Материал			
+	1	Фундамент сборный железобетонный	Железобетон (сборный)		
+	2	Цоколь из керамического кирпича	Кирпич керамический		
+	3	Ограждающие конструкции (силикатный кирпич)	Кирпич силикатный		
+	4	Перекрытия железобетонные	Железобетон (сборный)		
+	5	Внутренние стены (несущие)	Кирпич силикатный		
+	6	Колонны железобетонные	Железобетон (сборный)		
+	7	Колонны (монолит каркас)	Прокат арматурный		
+	8	Ограждающие конструкции (монолит бетон)	Железобетон монолитный Б15		
+	9	Ограждающие конструкции (монолит каркас)	Прокат арматурный		
+	10	Лестничные марши (железобетонные)	Железобетон (сборный)		
+	11	Внутренние стены (раствор)	Раствор цементно-песчаный М100 для стен и фундаментов		
+	12	Фундамент сборный железобетонный (арматура)	Прокат арматурный		
+	13	Ограждающие конструкции (раствор)	Раствор цементно-песчаный М100 для стен и фундаментов		
+	14	Ограждающие конструкции (керамический кирпич)	Кирпич керамический		
+	15	Лестничные площадки (монолит бетон)	Железобетон монолитный Б15		
+	16	Перекрытия железобетонные	Железобетон (сборный)		

Кс	Сменяемый элемент	Материал слоя 1	коэфф1	Материал слоя 2	коэфф2	Материал слоя 3	коэфф3
	Кровля из техноэласта по ж/б основанию с утеплителем из	Рулонный материал Техноэласт	3,000	Раствор цементно-песчаный М50	0,030	Пенополистирол плиты	0,180
6	Фасад с утеплителем из пенополистирола с	Раствор цементно-песчаный М50	1,000	Минераловатные плиты	0,130	Пенополистирол плиты	0,130
7	Цоколь с утеплителем из пенополистирола с отделкой из	Плитка клинкерная фасадная	1,000	Раствор цементно-песчаный М50	1,000	Пенополистирол плиты	0,013
8	Полы в жилых комнатах по ж/б основанию с покрытием из	Линолеум	1,000	Раствор цементный М150	1,000		
10	Полы в офисных помещениях по ж/б основанию с утеплителем из	Плитка напольная	1,000	Раствор цементный М150	1,000	Пенополистирол плиты	0,040
12	Полы в санузлах по ж/б основанию с гидроизоляцией из рубероида и	Плитка напольная	1,000	Рубероид	2,000	Раствор цементный М150	
13	Полы в лестничных клетках, тамбурах по ж/б основанию с	Плитка напольная	1,000	Раствор цементный М150	1,000		
14	Полы в подсобных помещениях по ж/б основанию с покрытием из	Раствор цементный М150	1,000				
15	Двери деревянные внутренние в квартирах и офисах	Столярные изделия	1,000				

Код	Тип-ном	Несменяемый элемент	Количество	Единицы из	Сменяемый элемент	Количество	Единицы из
1	МКД-1	Фундамент сборный железобетонный	503,35	куб. м	Кровля из техноэласта по ж/б основанию с утеплителем из пенополистирола 30 мм (кв.м.)	738,7	кв. м
2	МКД-1	Цоколь из керамического кирпича	889,53	куб. м	Перегородки межквартирные из пазогребневых блоков со звукоизоляционным слоем по	234,02	кв. м
3	МКД-1	Ограждающие конструкции (силикатный кирпич)	1045,28	куб. м	Перегородки внутриквартирные в жилых помещениях	285,67	кв. м
4	МКД-1	Внутренние стены (несущие)	2549,62	куб. м	Фасад с утеплителем из пенополистирола с противопожарными рассечками	1080,47	кв. м
5	МКД-1	Перекрытия железобетонные	806,173	куб. м	Карниз металлический	36,9	кв. м
6	МКД-1	Внутренние стены (раствор)	108,47	куб. м	Цоколь с утеплителем из пенополистирола с отделкой из клинкерной фасадной плитки	168,54	кв. м
7	МКД-1	Ограждающие конструкции (монолит каркас)	2,823	т	Полы в жилых комнатах по ж/б основанию с покрытием из линолеума	3521,7	кв. м
8	МКД-1	Ограждающие конструкции (раствор)	720,3	куб. м	Полы в офисных помещениях по ж/б основанию с утеплителем из пенополистирола с покрытием из	544,5	кв. м
9	МКД-1	Ограждающие конструкции (монолит бетон)	35,9	куб. м	Полы в санузлах по ж/б основанию с гидроизоляцией из рубероида и покрытием их	697,1	кв. м

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
**«Ивановский государственный
политехнический университет»**
(ФГБОУ ВО «ИВГПУ»)
ул. 8 Марта, д. 20, г. Иваново, 153037
Тел.: (4932) 32-65-40 E-mail: inf@ivgpu.com
Факс: (4932) 37-19-42 http://www.ivgpu.com
(4932) 30-00-74
ИНН /КПП 37026998511/370201001
22.04.2015 г. № _____
На № _____ от _____

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы
Опариной Людмилы Анатольевны
на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство)

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры Организации производства и городского хозяйства Опариной Л.А. на тему «Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий» были успешно использованы в научной деятельности Ивановского государственного политехнического университета:

1. Разработанная Опариной Л.А. методология организации жизненного цикла энергоэффективных зданий внесла весомый вклад в развитие научной школы ИВГПУ «Развитие теории и практики организации строительного производства», активно развивающейся под руководством научного консультанта, чл.-корр. РААСН, д.т.н., профессора Алояна Р.М., а также в развитие одного из приоритетных направлений научных изысканий кафедры ОПГХ ИВГПУ.

2. Теоретические и практические результаты диссертационной работы были использованы при разработке госбюджетных НИР кафедры ОПГХ ИВГПУ по заказу Министерства образования и науки РФ «Разработка теории ресурсо- и энергосбережения в жилищной сфере. Фундаментальное исследование» (ЕЗР 01.01.09), «Разработка и совершенствование научных, методологических и системотехнических основ организации процессов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий», а также при разработке «Программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный архитектурно-строительный университет» на 2010 – 2014 годы». По результатам диссертационной работы Опариной Л.А. были выиграны и успешно реализованы гранты РГНФ (Целевой конкурс поддержки молодежи, проект № 11-32-00360a2) в 2011 г., и грант ректора ИВГПУ (в номинации «Для поддержки научных исследований, выполняемых кандидатами наук, возраст которых не превышает 35 лет, докторантами и докторами наук, возраст которых не превышает 40 лет») в 2014 г.

3. Результаты диссертационной работы опубликованы в двух монографиях, учебном пособии и свыше 35 работах, в том числе 20 работ в ведущих российских периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов докторских исследований, что позволило существенно повысить индекс цитируемости ИВГПУ.

Проректор по НИР
ФГБОУ ВО «ИВГПУ»



профессор, д.э.н.,
Петрухин А.Б.

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение
 высшего образования
**«Ивановский государственный
 политехнический университет»**
 (ФГБОУ ВО «ИВГПУ»)
 ул. Т. Кавалишвили, д. 20, г. Иваново, 153037
 Тел.: (4932) 92-83-40 E-mail: inf@ivgpu.com
 Факс: (4932) 92-18-87 http://www.ivgpu.com
 (4932) 30-02-74
 ИИН: КПП 37026998511/370201001
 20.04.2015 № _____
 На № _____ от _____



Справка

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
 Опариной Людмилы Анатольевны
 на соискание учёной степени доктора технических наук
 по специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство)

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры Организации производства и городского хозяйства Опариной Л.А. на тему «Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий» внедрены в учебный процесс студентов направления 270800 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью») и магистрантов магистерской программы «Теория и практика организационно-технологических и экономических решений») на основании рекомендации кафедры ОПГХ Ивановского государственного политехнического университета.

К основным результатам диссертационной работы, используемым в учебном процессе, относятся следующие: системотехнические принципы энергоэффективности зданий, уточнённый понятийный аппарат описания энергоэффективных зданий, функциональные модели процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий в IDEF0 методологии, матрица нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий, классификация показателей энергетической эффективности зданий, интегральный показатель энергетической эффективности зданий, структура реляционной базы данных энергоёмкости строительных материалов.

Указанные результаты включены в рабочие учебные программы следующих дисциплин:

- Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве;
- Функционально-стоимостной анализ в строительстве;
- Ресурсосберегающие технологии строительного производства;
- Инвестиционно-строительный инжиниринг;
- Научные проблемы экономики строительства.

Директор Института
 Информационных технологий
 и инженерных систем, к.т.н., доцент
 «ИИ» адамс 2015 г.

Корнилова Е.Р. Кормашова



НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ИВАНОВСКИЙ ФОНД ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»
153002, г. Иваново, ул. Набережная, 5
тел/факс:(4932) 49-63-15

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы
Опариной Людмилы Анатольевны
на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство)

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры Организации производства и городского хозяйства ФГБОУВО «Ивановский государственный политехнический университет» Опариной Л.А. на тему «Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий» были использованы в практической деятельности Ивановского фонда энергосбережения.

Разработанные автором диссертационной работы методологические положения по внедрению процессного подхода к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий использовались при реализации мероприятий региональной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Ивановской области на 2010 - 2020 годы», утвержденной постановлением Правительства Ивановской области № 236-п от 08.07.2010 (подпрограммы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в жилищно-коммунальном комплексе»), а именно, п. 2.4. «Организационно-информационное обеспечение реализации региональной политики в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности» для проведения I Межрегиональной конференции «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Ивановской области».

В целом использование результатов диссертационной работы Опариной Л.А. способствует эффективному решению задач, сформулированных в законе № 261-ФЗ, а именно, повышению энергоэффективности жилищного фонда, ЖКХ, увеличению количества зданий с высоким классом энергоэффективности и зданий, использующих вторичные и возобновляемые энергоресурсы, сокращению расходов бюджетов на снабжение энергоресурсами государственных и бюджетных зданий.

Исполнительный директор
НО «Ивановский фонд энергосбережения»
«20» апреля 2015 г.



А.А. Грачёв

ООО «Инжиниринговый центр
текстильной и легкой промышленности»
ИНН 3702000166
ОГРН 1143702030372
153000, г. Иваново, ул. Громобоя, 1А
тел.: +7 (4932) 933-323
e-mail:



Инжиниринговый центр текстильной и
легкой промышленности

Справка
о внедрении практических результатов диссертационной работы
Опариной Людмилы Анатольевны
на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство)

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры Организации производства и городского хозяйства Опариной Л.А. на тему «Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий» внедрены в процесс деятельности Инжинирингового центра текстильной и лёгкой промышленности.

Методологические подходы и практические рекомендации, изложенные в диссертационной работе, были использованы в научных исследованиях ООО «ИЦ ТЛП», направленных на предпроектный инжиниринг при создании новых и реконструкции действующих производств. Предложенная структура базы данных энергоёмкости строительных материалов применялась при разработке методов оценки нормирования энергоресурсов, затрачиваемых в течение жизненного цикла современных синтетических геоматериалов, используемых в строительстве. В частности, наряду с проектированием физико-технических и экономических характеристик синтетических геоматериалов учитывались энергетические затраты на их производство, утилизацию и рециклинг.

В целом результаты диссертационной работы Опариной Л.А. имеют высокую научную ценность и практическую значимость для проведения научных исследований ООО «ИЦ ТЛП» в области разработки новых технологий, создания новых продуктов и их трансфера в промышленное производство.

Ген. директор ООО «ИЦ ТЛП»,
д.т.н., доцент
«20» апреля 2015 г.

Н.И. Корнилова



СПРАВКА

о практическом внедрении результатов диссертационной работы
Опариной Людмилы Анатольевны
на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.02.22 – Организация производства (строительство)

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры Организации производства и городского хозяйства ФГБОУВО «Ивановский государственный политехнический университет» Опариной Л.А. на тему «Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий» были успешно использованы в практической деятельности ОАО «PCY-4».

Материалы диссертации использованы в процессах деятельности предприятия и позволили получить следующие результаты:

1. Данные по энергоёмкости жизненного цикла основных строительных материалов использовались в разработке проектной документации и строительстве 5-этажного жилого дома, что позволило получить экономию энергетических ресурсов от выбора энергосберегающих строительных материалов в размере 80 т.у.т. на стадии проектирования и 5 т.у.т. на стадии строительства здания.

2. Предложенная формула расчёта интегрального показателя энергоэффективности применялась при выборе наилучшего из альтернативных вариантов энергоэффективных зданий, что позволило проектировать и строить здания со сниженным потреблением энергетических ресурсов на весь жизненный цикл более чем на 15%, и таким образом, соблюдать требования федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. по проектированию и строительству зданий с классом энергоэффективности не ниже «В» (согласно СП 15330.2012).

В целом положения диссертационного исследования успешно применяются на предприятии при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий.

Генеральный директор
ОАО «PCY-4»

«16» апреля 2015 г.



Почётный строитель РФ,
д.э.н., доцент Строкин К.Б.