

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 69.004.183

ЛОЗОВСКИЙ  
Алексей Александрович

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.23.08 — Технология и организация строительства

Минск, 2011

Работа выполнена на кафедре «Организация строительства и управление недвижимостью» строительного факультета Белорусского национального технического университета.

**Научный руководитель**

**Баранов Сергей Павлович,**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Организация строительства и управление недвижимостью» Белорусского национального технического университета

**Официальные оппоненты:**

**Павлючук Юрий Николаевич,**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Менеджмент» Брестского государственного технического университета;

**Коваль Игорь Валерьевич,**  
кандидат технических наук,  
заведующий отделом технологии бетона и растворов НИИ РУП по строительству «Институт БелНИИС» (г. Минск)

**Оппонирующая организация**

Государственное предприятие «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» (г. Минск)

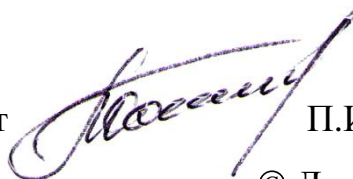
Защита состоится 23 декабря 2011 года в 14.00 на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.05 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, главный корпус, ауд. 202. Телефон ученого секретаря 8(017) 265-95-87. E-mail: sawa1950@mail.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью учреждения, следует направлять на имя ученого секретаря по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, Белорусский национальный технический университет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан 22 ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат химических наук, доцент



П.И. Юхневский

© Лозовский А.А., 2011

© БНТУ, 2011

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами.** Исследования, составившие основу диссертационной работы, выполнялись в рамках научно-исследовательской программы министерства образования и министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь ГБ 06 – 26 «Разработка комплекса организационно-технологических мероприятий и моделей, обеспечивающих снижение затрат ресурсов в условиях рынка строительной продукции».

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования — совершенствование методических основ формирования комплексных энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, обеспечивающих снижение расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при строительстве жилых зданий, как по отдельным этапам строительства, так и по строительному циклу в целом.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решались следующие задачи:

1) обоснована методология решения проблемы энергосбережения как на отдельных этапах строительства и видах строительных работ, так и на протяжении всего общестроительного цикла;

2) разработана системотехническая характеристика процесса энергопотребления в строительном производстве для оценки эффективности использования различных видов топливно-энергетических ресурсов, учитывающая влияние возмущающих факторов в их взаимосвязи и энергосберегающих организационно-технологических мероприятий;

3) по разработанной методике мониторинга расхода ТЭР выполнен анализ энергопотребления на разных строительных объектах, классифицированы группы расхода топливно-энергетических ресурсов, определены факторы и степень их влияния на величину энергозатрат в строительном производстве;

4) разработан комплекс энергосберегающих организационно-технологических мероприятий и выполнена экспертная оценка их значимости по критерию снижения расхода ТЭР в строительном производстве;

5) для различных строительного-монтажных процессов разработаны методики оценки расхода энергоресурсов — энергоаудит и нормирование расхода ТЭР;

6) разработана организационно-технологическая модель формирования комплекса оптимальных энергосберегающих решений.

*Объект исследования* — строительные объекты жилого назначения.

*Предмет исследования* — энергосберегающие организационно-технологические мероприятия в строительном производстве.

### **Положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Методология оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве, разработанная на базе обобщающей системотехнической характеристики и выявленных закономерностей влияния параметров системы на расход энергоресурсов;
2. Классификация факторов и оценка степени их влияния на структуру расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве;
3. Методика оценки эффективности энергосберегающих организационно-технологических мероприятий в строительном производстве в зависимости от этапа строительного-инвестиционного цикла и времени их реализации;
4. Методика мониторинга расхода энергоресурсов при выполнении отдельных видов работ и этапов строительства объектов;
5. Алгоритм и методика энергоаудита строительного-монтажных работ;
6. Методология нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов при производстве строительного-монтажных работ;
7. Комплекс энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, позволяющий планировать и при необходимости корректировать энергосберегающие мероприятия с учетом различных факторов строительного производства.

**Личный вклад соискателя.** Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке, выработке и решении задач исследования, анализе научной и патентной литературы, выполнении исследований, анализе и оценке их результатов, в разработке методик мониторинга расхода энергоресурсов, энергоаудита строительного-монтажных процессов, нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов, формирования комплекса организационно-технологических решений на основе обобщения данных оценки и анализа в форме системотехнической характеристики объекта строительства или видов строительного-монтажных работ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Научный руководитель осуществлял общее руководство, определял направление исследований, принимал участие в обсуждении и оценке результатов работы, подготовке их внедрения. Вклад соавторов состоял в консультациях и обсуждении результатов работы.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты диссертации были представлены в виде докладов на Международных научно-технических конференциях «Наука — образованию, производству, экономике» (БНТУ, г. Минск, 2004 – 2011 гг.), Международной конференции, посвященной 70-летию кафедры «Технология строительного производства» и 85-летию Белорусского национального технического университета (БНТУ, г. Минск, 2004 г.), XVII Международном научно-методическом семинаре «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров»

(ГрГУ им. Я.Купалы, г. Гродно, 2010 г.), Конгрессе «Строительная наука, техника и технологии: перспективы и пути развития» (МГСУ, г. Москва, 2010 г.). На основе проведенных исследований была подготовлена научно-практическая работа «Энергосберегающие технологии в строительстве» для участия в Республиканском конкурсе молодежных инновационных проектов, проходившем в г. Минске в 2007 г. Автор работы А. А. Лозовский был награжден дипломом лауреата Республиканского конкурса. Полученные результаты диссертационного исследования включены в «Программу развития строительного комплекса г. Минска в целях увеличения жилищного строительства на 2008–2012 годы», утвержденную решением Минского городского Совета депутатов от 28 декабря 2007 года № 104 в редакции решения МингорСовета от 19.09.2008 г. № 169 (зарегистрировано в национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 06 февраля 2008 г. № 9/13371). Основные положения диссертации внедрены в учебный процесс на кафедре «Организация строительства и управление недвижимостью» БНТУ при изучении дисциплины «Организация строительства».

**Опубликованность результатов диссертации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 15 статей общим объемом 5,3 авторских листа, в т. ч. 11 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из: введения, пяти глав, заключения, списка литературных источников и приложений. Общий объём диссертации — 165 страниц, в т. ч. 119 страниц машинописного текста, 22 рисунка, 12 таблиц и приложений (А, Б, В, Г). Библиографический список включает 122 наименования, из которых 15 авторских работ.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** представлен аналитический обзор литературы, по проблеме энергосбережения в строительстве. Результаты анализа позволили сформулировать цель и задачи диссертации, определить направления исследований и решения поставленных задач.

В соответствии с целью исследований рассмотрен видовой ряд применяемых в строительстве топливно-энергетических ресурсов, с позиции рациональности потребления и возможности экономии выполнен их анализ при системном подходе к оценке эффективности использования энергоресурсов. При рассмотрении проблемы энергосбережения был учтен практический опыт работы отечественных и зарубежных строительных организаций, а также известные результаты исследований ведущих ученых, занимающихся вопросами энергосбережения в строительстве: А. С. Арбеньева, С. С. Атаева, И. Н. Ахвердова, Э. И. Батяновского, Н. П. Блещика, С. Н. Леоновича, В. П. Лысова, А. П. Паш-

кова, В. М. Пилипенко, Н. Л. Полейко, Л. В. Соколовского, М. Т. Солдаткина и др., которые внесли существенный вклад в решение проблем, связанных с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов в строительстве. Анализ информационных источников показал, что решение проблемы энергосбережения в строительном производстве не нашло широкого распространения. Большинство известных научных работ касаются вопросов экономии ТЭР при производстве строительных материалов, выполнения бетонных работ в зимнее время и эксплуатации зданий и сооружений. Ряд исследователей из стран СНГ посвятили свои труды проблемам управления инвестициями, эколого-экономическим аспектам, стимулированию процесса инноваций в области энергосбережения, организационно-экономических основ управления энергосбережением при проектировании и строительстве объектов и пр. В основном проанализированные работы основываются на принципах системного анализа, позволяющего комплексно и более детально выполнить исследования поставленной проблемы.

**Во второй главе** дана оценка расхода энергоресурсов в строительном производстве на основе предлагаемого системного подхода, обеспечивающего комплексное и всестороннее поэтапное рассмотрение процесса их потребления при строительстве объектов. С позиций такого подхода расход энергоресурсов рассматривается как функционирование большой сложной вероятностной системы, называемой «Система расхода энергоресурсов в строительном производстве» (система). Целью функционирования рассматриваемой системы является обеспечение рационального потребления топливно-энергетических ресурсов в условиях осуществления строительного процесса в границах заданных или желаемых условий. Таким образом, целевая функция системы может быть описана выражением:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i k_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $W_i$  — количество расходуемых различных видов ТЭР (электроэнергии; тепловой энергии; жидкого, твердого, газообразного топлива; химических источников энергии и пр.);  $k_i$ , — коэффициенты перевода различных видов ТЭР к единому измерителю, например условному топливу (приведены в диссертации).

В качестве основного критерия успешного достижения поставленной цели принимается рациональное потребление топливно-энергетических ресурсов, выраженное в конкретных физических единицах, или же в единицах условного топлива.

*Наиболее характерными ограничениями* в системе являются: ограничения, связанные с возможностью использования различных видов энергоресурсов по их номенклатуре и количеству; временные ограничения (ограничения во времени); ограничения в микроклиматическом режиме; ограничения трудовых ресурсов (ограничения в рабочей силе); ограничения использования средств

механизации (ограничения в использовании транспортных средств, машин, механизмов, специального технологического оборудования, средств малой механизации и других энергопотребляющих устройств); ограничения, зафиксированные в проектно-сметной документации; ограничения, связанные с обеспечением требуемых санитарно-гигиенических и безопасных условий труда и охраны окружающей среды; ограничения, накладываемые действующими нормативно-техническими документами, правовыми актами и т. д.

Основными элементами системы выступают энергопотребители, в т. ч. строительные машины и механизмы, оборудование и устройства для создания требуемых параметров микроклимата, технические средства, предназначенные для автоматизации процессов управления и пр. Выполненные исследования позволили сгруппировать энергопотребители, задействованные в строительном процессе, в отдельные группы, в каждой группе выделить отдельные подгруппы и виды. В этом случае количество расходуемых энергоресурсов может быть определено из выражения:

$$W^{tot} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k W_{ije}, \quad (2)$$

где  $W_{ije}$  — количество израсходованных ТЭР отдельным энергопотребителем;  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  — индекс группы энергопотребителей;  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  — индекс подгруппы энергопотребителей;  $e = 1, 2, 3, \dots, k$  — индекс конкретных видов расхода ТЭР в разрезе подгрупп.

Снижение расхода энергоресурсов в строительном производстве  $W^M$  может быть достигнуто за счет выполнения соответствующих энергосберегающих мероприятий:

$$W^M = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k W_{ije} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k C_{ije}^M \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n \prod_{e=1}^k h_{ije}^M, \quad (3)$$

где  $C_{ije}^M$  — общее количество ТЭР, сберегаемых в результате внедрения  $e$ -го мероприятия  $i$ -й группы  $j$ -й подгруппы в единицах, принятых для учёта данного вида энергоресурсов;  $h_{ije}^M$  — коэффициент, учитывающий долю снижения потребления ТЭР на  $e$ -й вид расхода  $j$ -й подгруппы  $i$ -й группы в результате внедрения отдельного энергосберегающего мероприятия, причем

$$\sum_{e=1}^k h_{ije}^M \rightarrow 1. \quad (4)$$

Общий потенциал возможного снижения расхода энергоресурсов может быть определен из выражения

$$N = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k N_{ije} W_{ije}^\phi \right) / \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k W_{ije}^\phi \right), \quad (5)$$

где  $N_{ije}$  — потенциал отдельного энергосберегающего мероприятия;  $W_{ije}^{\phi}$  — возможный расход ТЭР  $e$ -го вида  $j$ -й подгруппы  $i$ -й группы.

Для учёта влияния различных факторов, от которых зависит уровень энергопотребления, вводятся поправочные коэффициенты, учитывающие изменение расхода энергоресурсов в связи с наличием таких воздействий. В случае одновременного воздействия нескольких факторов принимается произведение этих коэффициентов. Тогда зависимость (2) приобретает вид

$$W^{tot} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^k W_{ije} \prod_{e=1}^k z_{ije}^B, \quad (6)$$

где  $z_{ije}^B$  — поправочный коэффициент.

Для принятия наиболее эффективных энергосберегающих решений по критерию снижения расхода ТЭР предлагается использовать методику решения оптимизационной задачи по выбору организационно-технологических мероприятий по участкам работ, при которых достигается минимальный расход ТЭР на выполнение всего объёма данного вида работ. В этом случае целевая функция имеет вид:

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} v_{ij} + d_{ij} v_{ij} + d_i v_i) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где  $W$  – суммарный расход ТЭР;  $c_{ij}$  – расход ТЭР на выполнение единицы объёма работ  $i$ -й технологией на  $j$ -м рабочем месте;  $v_{ij}$  – объём работ, выполняемых  $i$ -й технологией на  $j$ -м рабочем месте;  $d_i$  – разовые дополнительные затраты ТЭР при использовании  $i$ -го метода;  $d_{ij}$  – разовые дополнительные затраты ТЭР при использовании  $i$ -й технологии на  $j$ -м рабочем месте;  $q_i, q_{ij}$  – указатель наличия ( $q_i = 1$  или  $q_{ij} = 1$ ) или отсутствия ( $q_i = 0$  или  $q_{ij} = 0$ ) дополнительных затрат ТЭР.

Если для конкретных условий ведения работ фиксированные затраты ТЭР отсутствуют или их величина является незначительной, т.е.:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} = 0 \text{ и } \sum_{i=1}^m d_i = 0, \quad (8)$$

задача может быть решена путём использования методов линейного программирования или теории игр, а при наличии фиксированных затрат целесообразно использовать метод целочисленного программирования. В настоящее время решение оптимизационных задач можно реализовать с применением ЭВМ, в частности, в программной среде электронных таблиц Excel.

**В третьей главе** приведены результаты исследований энергозатрат в реальном строительном производстве, выполненных по разработанной методике мониторинга расхода ТЭР, согласно которой с целью детального анализа энергопотребления в строительном производстве весь расход энергоресурсов при

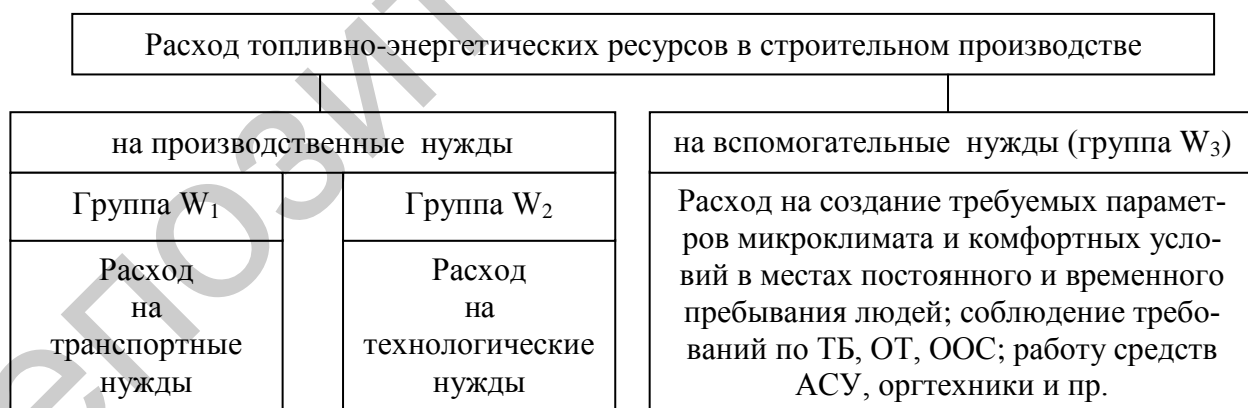


выполнении строительно-монтажных работ и технологических процессов рассматривался как сумма производственных (полезных) затрат и потерь (непроизводственных затрат). К группе производственных затрат отнесены затраты ТЭР при работе энергопотребителей непосредственно занятых процессе создания доброкачественной строительной продукции, в т. ч. под полной, неполной нагрузкой и при работе вхолостую. К группе потерь относятся различного рода потери ТЭР, связанные с выполнением непредвиденной, дополнительной и лишней работы, а также с нарушением трудовой дисциплины.

В качестве *объектов исследований* были выбраны строительные объекты с максимальным энергонасыщением различных строительных организаций: ОАО «МАПИД», ОАО «Строительный трест № 35», ОАО «Строительный трест № 1», ЗАО «Строительный трест № 7», ОАО «СМТ № 19», ООО «ЕМКОР», ООО «ИвГринСтрой», ОДО «Генол», ОДО «ЮрГенРем», ОАО «Строительно-монтажный трест № 41», РСУ № 193 арендного предприятия «Универсалремстрой», ОАО «Передвижная механизированная колонна № 187» и др.

Для обеспечения сопоставимости затрат ТЭР для различных строительных объектов предложено определять *удельный расход энергоресурсов*, выраженный в количестве условного топлива (кг у. т.), расходуемого при выполнении строительно-монтажных работ, отнесенного к условной единице их стоимости, например, к 1 тыс. рублей в базисных ценах 2006 г. (УЕ СМР).

По признаку функционального назначения была выполнена классификация всех видов энергозатрат, присутствующих в строительном производстве на две основные группы: а) производственные; б) вспомогательные (рисунок 1).



**Рисунок 1 — Группы расхода топливно-энергетических ресурсов**

Для каждой группы ( $W_1$ ,  $W_2$ , и  $W_3$ ) и их подгрупп были выявлены и количественно оценены виды производственных затрат и потерь ТЭР, установлены различные факторы, влияющие на расход энергоресурсов: как отражающих специфику выполнения отдельных видов работ, так и общих, например, метеорологических, территориальных и пр. В автореферате частично приведены данные мониторинга расхода ТЭР, обследуемых строительных объектов, в форме таблиц МРЭ, гистограмм и графиков.

Таблица 1 – МРЭ при производстве земляных работ экскаватором ЭО 3323А

Объект		Блокированный жилой дом на десять квартир по ГП № 4.1 в поселке «Солнечный» Минского р-на			МРЭ		
№	Дата	Время наблюдения					
Наблюдения		Смена	Начало	Окончание	Продолжительность		
4	12.09.08	1	8 ч 00 мин	17 ч 00 мин	8 ч		
Вид СМР				Объем СМР		Стоимость СМР	
Разработка грунта в отвал				168 м <sup>3</sup>	306,931	УЕ СМР	
Вид расхода ТЭР		Технологические нужды					
		Земляные работы					
Энергопотребитель			Время работы	Кол-во ТЭР			Примечание
Одноковшовый экскаватор с обратной лопатой ЭО 3323А				N			
			Единицы измерения				
ч	кг	кг у.т.	%				
Производственные затраты	Под полной загрузкой		2,55	–	–	37,4	
	Под неполной загрузкой		0,55	–	–	7,7	
	При работе вхолостую		3,10	–	–	42,6	
	Итого		6,20	–	–	87,7	
Потери	Лишняя работа		1,55	–	–	11,0	
	Непредвиденная работа		0,10	–	–	1,3	
	Итого		1,65	–	–	12,3	
Всего			7,85	60	87	100,0	
Удельный расход ТЭР					0,2834	$\frac{\text{кг у.т.}}{\text{УЕ СМР}}$	

Таблица 2 – МРЭ при производстве монтажных работ башенным краном КБ 403

Объект		10-ти этажный 40-квартирный жилой дом расположенный по ул. Тухачевского в г. Лида			МРЭ		
№	Дата	Время наблюдения					
Наблюдения		Смена	Начало	Окончание	Продолжительность		
11	24.10.08	1	8 ч 00 мин	17 ч 00 мин	8 ч		
Вид СМР				Объем СМР		Стоимость СМР	
Монтаж плит перекрытий				8 шт	498,187	УЕ СМР	
Вид расхода ТЭР		Технологические нужды					
		Грузоподъемные работы					
Энергопотребитель			Время работы	Кол-во ТЭР			Примечание
Кран башенный КБ 403				N			
			Единицы измерения				
ч	кВт ч	кг у.т.	%				
Производственные затраты	Под полной загрузкой		1,35	–	–	26,5	
	Под неполной загрузкой		0,33	–	–	6,5	
	При работе вхолостую		2,68	–	–	52,5	
	Итого		4,36	–	–	85,5	
Потери	Лишняя работа		0,62	–	–	12,2	
	Непредвиденная работа		0,12	–	–	2,3	
	Итого		0,74	–	–	14,5	
Всего:			5,10	26,82	7,51	100,0	
Удельный расход ТЭР					0,0151	$\frac{\text{кг у.т.}}{\text{УЕ СМР}}$	

*Расход энергоресурсов на транспортные нужды (группа  $W_1$ )* определяется объемом работ, количеством транспортных средств и транспортирующих строительных машин и оборудования. Их удельный вес достигает 20 – 25 % общей стоимости строительно-монтажных работ, а трудоемкость порядка 40 % общих трудозатрат в строительстве. Расход энергоресурсов на транспортные нужды включает подгруппы расхода на вне- и внутриплощадочную транспортировку строительных материалов, конструкций, машин, механизмов и рабочей силы. Анализ энергозатрат на транспортные нужды по объектам-представителям позволил установить удельные веса значимости выделенных подгрупп:

- расход ТЭР на внеплощадочную транспортировку строительных материалов, изделий и конструкций, машин, механизмов и пр. — 72,4 %;
- расход ТЭР на внеплощадочную транспортировку людей — 26,2 %;
- расход ТЭР на внутриплощадочную транспортировку строительных материалов, изделий и конструкций, машин, механизмов и пр. — 1,4 %

Результаты исследования показали, что расход топлива при работе транспорта может существенно меняться от наличия различных факторов: технологических, метеорологических, территориальных и пр., суммарное влияние которых может привести к увеличению его расхода от 6 – 10 % до 75 – 150 % по сравнению с условиями работы транспорта при отсутствии влияющих факторов (оценка влияния выявленных факторов на расход ТЭР при работе транспорта приведена в диссертации).

В группе *расхода энергоресурсов на технологические нужды (группа  $W_2$ )* были выделены и оценены следующие подгруппы:

- расход ТЭР на работу машин и оборудования для земляных и свайных работ — 41,6 %;
- расход ТЭР на работу погрузочно-разгрузочных и грузоподъемных машин и механизмов, связанную с разгрузкой, складированием строительных материалов, изделий и конструкций, в т. ч. инженерного и технологического оборудования, а также их монтажом — 18,7 %;
- на работу машин и оборудования для бетонных, отделочных и гидроизоляционных (кровельных) работ и создания необходимого температурно-влажностного режима в местах их производства — 32,3 %;
- при наладке инженерного и технологического оборудования и вводе объекта строительства в эксплуатацию — 7,4 %.

Исследования показали, что структура и величина расхода энергоресурсов на *технологические нужды* по объекту складывается и зависит от множества различных факторов (приведены в диссертации). Установлено, что наиболее существенными для подгруппы расхода ТЭР, связанных с выполнением земляных и свайных работ, оказались технологические и метеорологические факторы, приводящие к выполнению лишней и непредвиденной работы, а так-

же работы под машин и механизмов под неполной нагрузкой.

Выявлено, что при выполнении *земляных работ* в зимнее время расход энергоресурсов может увеличиваться в 4 – 5 раз по сравнению с теплым периодом года. Однако, в отдельных случаях отрицательная температура наружного воздуха может положительно сказаться на расходе энергоресурсов, в частности, при необходимости выполнять усиление грунтов и водопонижение уровня грунтовых вод. В межсезонные периоды года увеличение расхода энергоресурсов может происходить за счет роста объема работ под неполной нагрузкой, т. к. вследствие чрезмерной влажности разрабатываемого грунта наполнение ковша экскаватора снижается на 10 – 15 %.

Результаты мониторинга позволили установить, что наиболее значимыми факторами, влияющими на расход энергоресурсов при выполнении *погрузочно-разгрузочных и монтажных работ*, являются технические особенности грузоподъемной техники, конструктивные решения строящегося объекта и принятая технология строительства, а при выполнении *«мокрых» работ (бетонных, штукатурных, плиточных, малярных, гидроизоляционных и пр.)* являются температурно-влажностные параметры окружающей среды и принятая технология производства работ. Расход энергоресурсов при производстве «мокрых» работ в холодное время года может увеличиваться в 8 – 10 раз по сравнению с теплым периодом, что связано с необходимостью создания требуемых микроклиматических параметров в местах их производства.

Анализ энергозатрат при *наладке инженерного и технологического оборудования и вводе объекта в эксплуатацию* показал, что в данной группе расход энергоресурсов может значительно отличаться для объектов с разным функциональным назначением и инженерным (технологическим) оборудованием, что предложено учитывать введением в разработанную методику соответствующих «факторов влияния».

*Расход энергоресурсов на вспомогательные нужды (группа  $W_3$ )* непосредственно связан с работой устройств и оборудования для создания требуемых параметров микроклимата и комфортных условий в местах постоянного и временного пребывания людей, соблюдения требований по технике безопасности, охране труда и окружающей среды, а также обеспечения работы средств АСУ, оргтехники и пр. Расход энергоресурсов данной группы существенно зависит от поры года, температуры наружного воздуха и возрастает не только с её понижением, но и (в меньшей степени) в летнее время при относительно высоких температурах наружного воздуха, вследствие необходимости вентиляции и кондиционирования помещений и мест пребывания людей. Было установлено, что расход энергоресурсов данной группы в наиболее холодные зимние и наиболее жаркие летние дни может увеличиваться в 9 – 10 раз и в 1,5 – 2 раза соответственно по сравнению с периодом года, когда средняя дневная темпера-

тура равна 15 – 18 °С.

Результаты мониторинга позволили количественно определить структуру расхода энергоресурсов в строительном производстве (рисунок 2) и оценить удельные веса каждой выделенной группы и подгруппы энергозатрат (рисунок 3).

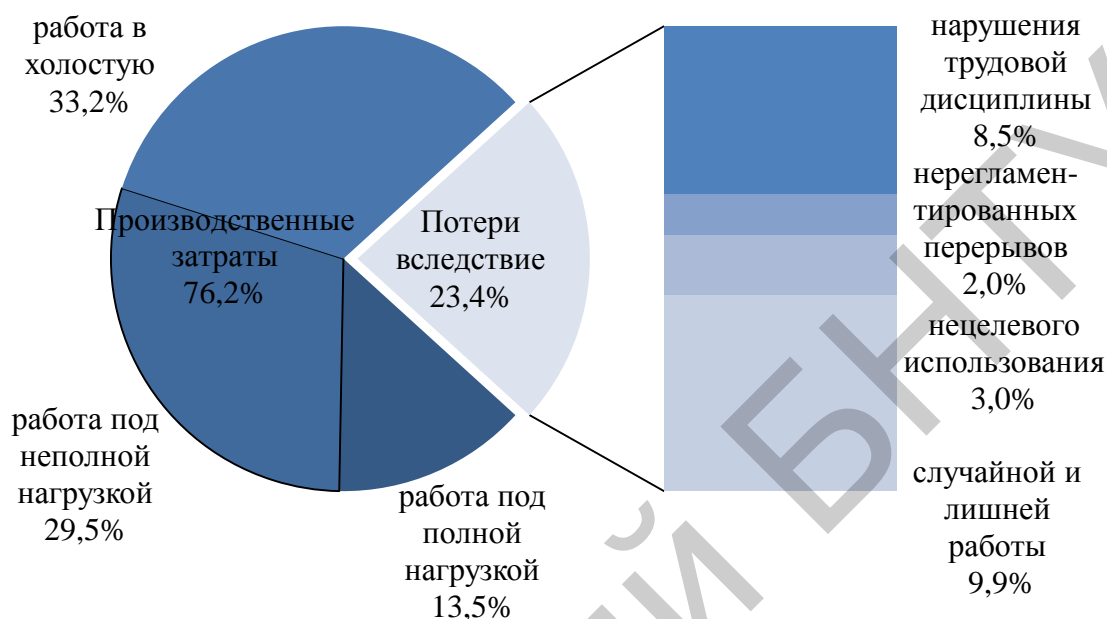


Рисунок 2 — Структура расхода ТЭР в строительном производстве

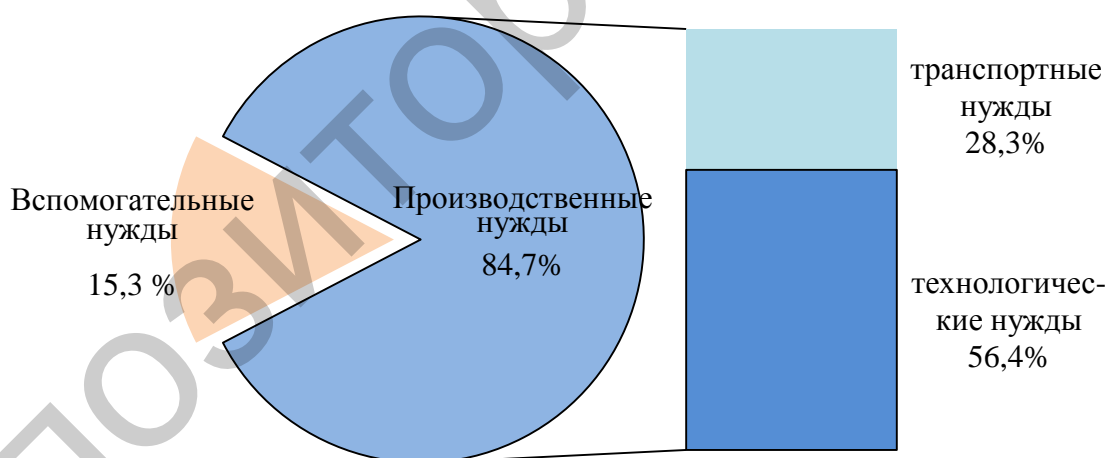
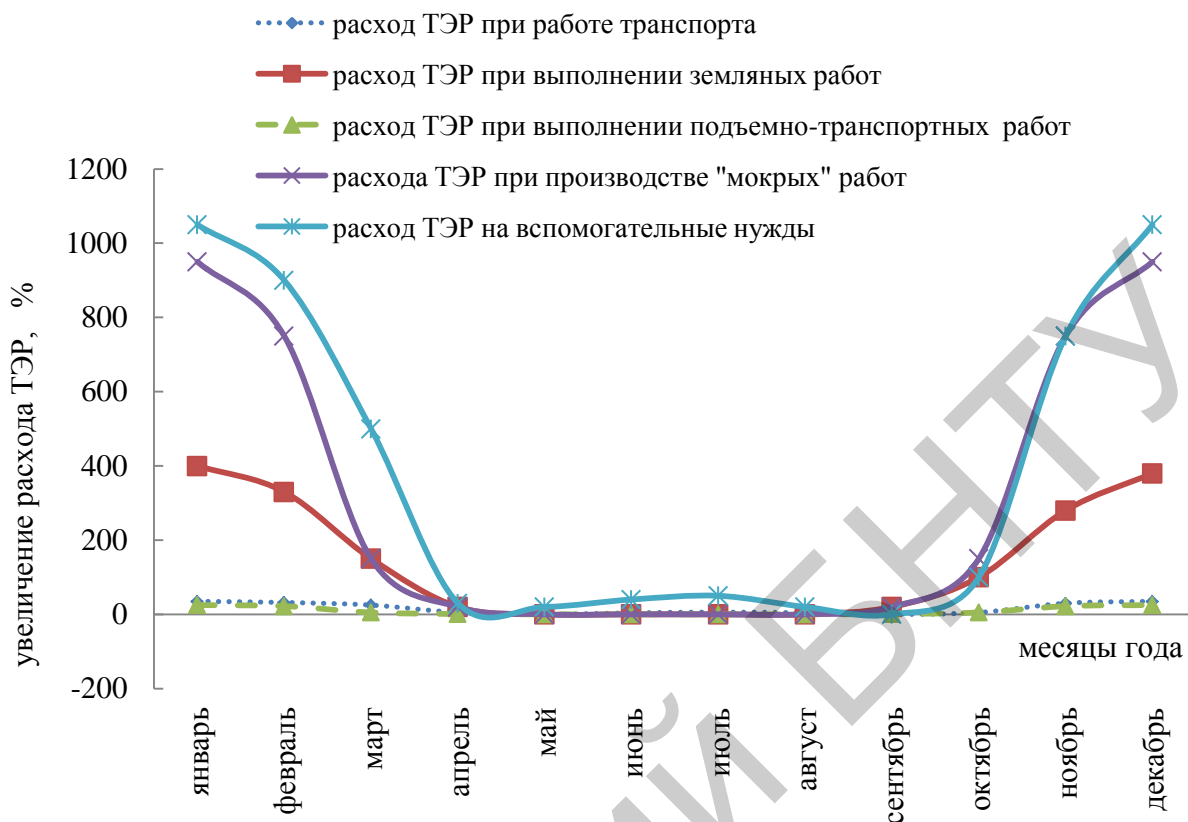


Рисунок 3 — Удельные веса (значимость) групп расхода ТЭР

Анализ полученных данных мониторинга расхода ТЭР для различных технологических процессов и строительного-монтажных работ позволил сделать заключение о том, что наиболее значимым фактором, влияющим на величину и структуру расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве, является метеорологический, т. е. — температура и влажность окружающей среды, продолжительность санации и светового дня, ветер и др. На рисунке 4 представлены графики изменения расхода топливно-энергетических ресурсов в различные периоды года по отношению к минимальным значениям, зафиксированным в апреле и августе.



**Рисунок 4 — Изменение расхода ТЭР**

Исследования влияния возмущающих факторов в их взаимодействии с управляемыми и неуправляемыми параметрами системы расхода ТЭР в строительном производстве позволяет перейти к разработке энергосберегающих мероприятий.

В **четвертой главе** рассматриваются энергосберегающие мероприятия, которые по признаку временной реализации были классифицированы в отдельные группы и подгруппы. При этом исходили из возможности оптимизации расхода ТЭР за счет применения комплекса взаимосвязанных мероприятий разных групп (подгрупп) (рисунок 5).

Группы энергосберегающих мероприятий		удельный вес значимости, % потенциал, %			
<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>M<sub>3</sub></b>	<b>M<sub>4</sub></b>	<b>M<sub>5</sub></b>	<b>M<sub>m</sub></b>
реализуемые при проектировании	реализуемые при календарном планировании строительства объектов	реализуемые в процессе организационно-технологической подготовки строительства	реализуемые в процессе производства строительных работ	Инновационные мероприятия	Прочие мероприятия
$\frac{18\%}{8\%}$	$\frac{5\%}{11\%}$	$\frac{25\%}{28\%}$	$\frac{26\%}{17\%}$	$\frac{21\%}{35\%}$	$\frac{5\%}{1\%}$

**Рисунок 5 — Комплекс энергосберегающих мероприятий**

Для оценки результативности разработанного комплекса энергосберегающих мероприятий в диссертации предложена соответствующая методика, базирующаяся на опросе высококвалифицированных специалистов — экспертов в области энергосбережения в строительном производстве. Результаты опроса показали, что наиболее значимыми являются мероприятия групп  $M_3$  и  $M_4$ , реализуемые в процессе организационно-технологической подготовки строительства и в процессе производства строительных работ (см. рисунок 5). Значимыми были признаны также инновационные мероприятия (группа  $M_5$ ), вариантное проектирование с анализом проектных решений с позиций минимизации расхода энергоресурсов при производстве строительных работ, выбор сроков начала строительства объектов, выбор оптимально-энергоёмких типов машин и механизмов, обеспечивающих снижение энергоёмкости строительных работ и др. Полученные данные экспертных оценок учтены при разработке предлагаемых в диссертации энергосберегающих организационно-технологических решений.

В качестве примера в автореферате представлена группа энергосберегающих мероприятий, предлагаемых для реализации в процессе организационно-технологической подготовки строительства (группа  $M_3$ ), объединённых в следующие подгруппы:

- $M_{31}$  – выбор эффективных, характеризующихся минимальным энергопотреблением, временных зданий и сооружений, складских помещений, электро- и теплогенерирующих устройств и пр.;

- $M_{32}$  – разработка стройгенплана с учётом минимального расхода энергоресурсов на освещение, теплоснабжение, водоснабжение и пр.;

- $M_{33}$  – учёт при разработке ПОС и ППР мероприятий подгрупп  $M_1$  и  $M_2$ , возможностей объёмно-планировочных и конструктивных решений объектов строительства и решений по их системам отопления, вентиляции и кондиционирования и пр., для создания требуемых параметров микроклимата в заданном пространстве.

- $M_{34}$  – выбор энергоэффективных типов машин и механизмов с рациональным потреблением энергоресурсов;

- $M_{35}$  – выбор технологии производства работ на альтернативной основе с учётом критерия величины расхода энергоресурсов. Один и тот же вид работ может быть выполнен с использованием различных инструментов, механизмов и приспособлений. Практически каждая организация для большинства видов строительных работ имеет ряд альтернативных технологий. Оптимизация выбора по критерию величины расхода энергоресурсов может быть выполнена как на основе экспертных методов (логических рассуждений), так и с использованием методов математического программирования;

- $M_{3n}$  – прочие мероприятия, реализуемые в процессе организационно-

технологической подготовки строительства. Например, устройство монолитных фундаментов под технологическое оборудование можно выполнить как в процессе производства работ (группа М<sub>4</sub>) нулевого цикла, так и после, но очевидно оптимальным будет вариант решения, при котором земляные и бетонные работы предусмотрено выполнить в тёплое время года (группа М<sub>2</sub>).

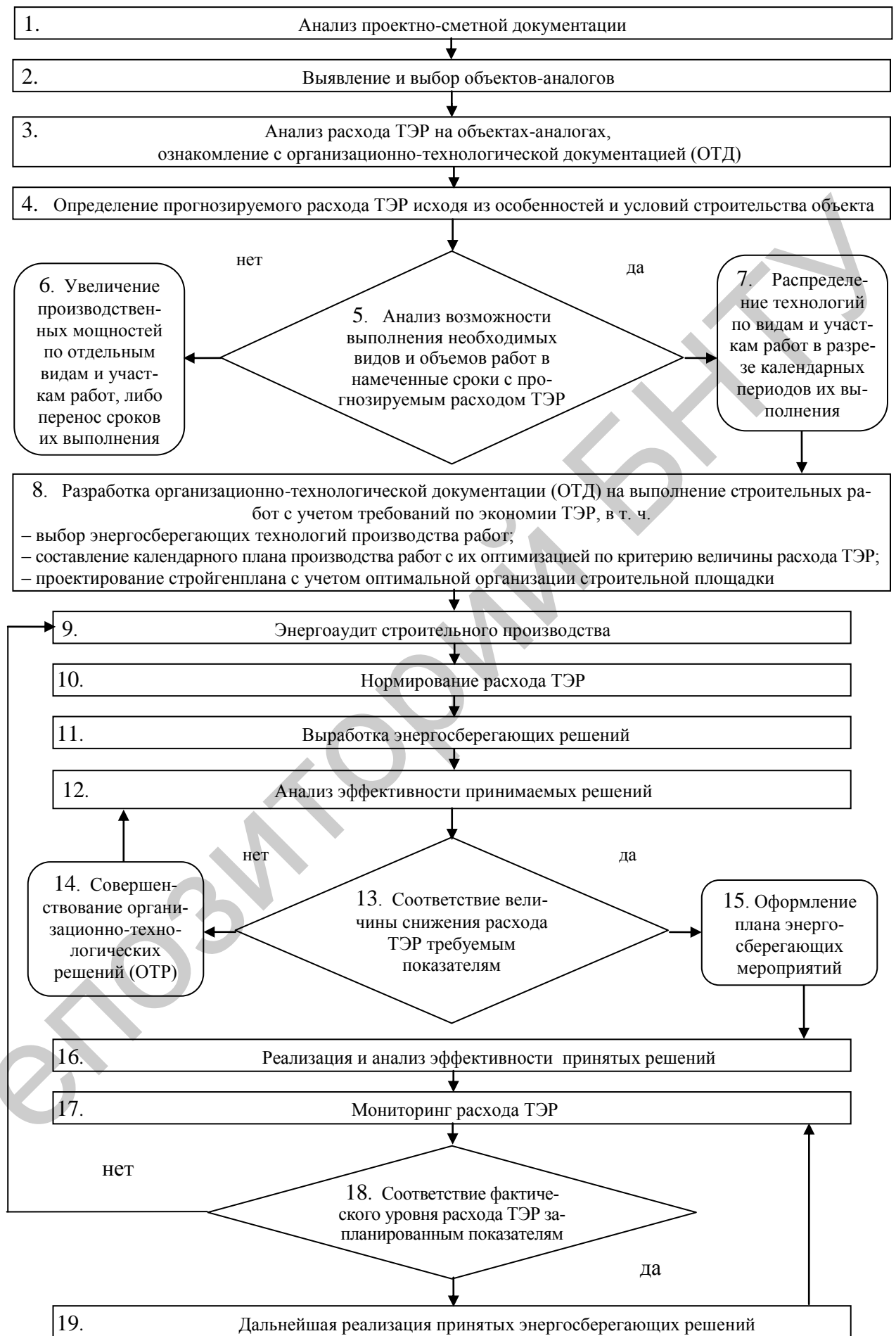
*Главной целью мероприятий данной группы (М<sub>3</sub>) является оптимальная, с позиций расхода энергоресурсов, организация строительного производства, предусматривающая устранение непроизводительной работы энергопотребителей, работы вхолостую и под неполной нагрузкой, что позволяет значительно снизить потери энергоресурсов и повысить энергоэффективность строительных работ.*

Сочетание энергосберегающих решений и мероприятий для их реализации по всем группам, представленным на рисунке 5, полностью охватывает весь инвестиционный цикл строительства и может быть реализован как в целом, так и частично. При этом возможен выбор для оценки отдельных видов работ, конкретных объектов или строительного подразделения (организации) в целом.

**В пятой главе** обосновывается методология формирования комплекса энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, включающая методику *энергоаудита* *строительно-монтажных процессов* и методику *нормирования расхода ТЭР*. Алгоритм формирования комплекса энергосберегающих решений в виде организационно-технологической модели представлен на рисунке 6.

Под *энергоаудитом* в строительном производстве понимается система контроля и анализа энергопотребления, т. е. проверка технического состояния энергопотребителей (машин, механизмов, оборудования) и инженерных коммуникаций, систем и сетей, а также экспертиза энергоэффективности проектных решений, осуществляемые по разработанной методике с привлечением независимых специалистов — экспертов. Энергетическое обследование строительно-монтажных процессов позволяет выявить причины, выполнить количественную оценку нерационального расхода ТЭР, выбрать рациональный путь экономии энергоресурсов с учетом индивидуальных особенностей строительства объекта, а также установить эффективные нормы энергопотребления при выполнении строительно-монтажных работ и технологических процессов. *Эффективность энергоаудита* подтверждена реальными результатами снижения расхода энергоресурсов при производстве строительно-монтажных работ. Так, при строительстве «10-ти этажного 40-квартирного жилого дома расположенного по ул. Тухачевского» в г. Лида ОАО («СМТ №19») было установлено, что в структуре расхода ТЭР в технологическом процессе монтажа строительных конструкций краном КБ 403 преобладает группа производственных затрат (81,3 %), среди которой наиболее весомыми оказались подгруппы затрат,





**Рисунок 6 — Организационно-технологическая модель формирования энергосберегающих решений в строительном производстве**

связанных с выполнением работы под неполной нагрузкой (37,5 %) и при выполнении непредвиденной работы (17,2 %). Удельный вес группы потерь составил 18,7 % от общего количества израсходованных энергоресурсов. На основании этих результатов были предложены конкретные энергосберегающие организационно-технологические мероприятия, направленные на снижение объема работы монтажного крана КБ 403 под неполной нагрузкой, путем использования грузового мачтового подъемника ТП-16-3, что позволило снизить расход электроэнергии за одну рабочую смену с 544 кВт ч до 389 кВт ч, т. е. на 36 %.

*Нормирование расхода ТЭР* в строительном производстве — это установление плановой меры их потребления при выполнении строительно-монтажных работ. *За норму расхода ТЭР* предложено принимать расход энергоресурсов, необходимый для нормального выполнения строительно-монтажных работ, выраженный в количестве условного топлива, отнесенного к условному измерителю продукции (кг у. т. / УЕ СМР). *По предлагаемой методике* разработки норм расхода ТЭР предложено выделить группы энергоресурсов, потребляемых на производственные и вспомогательные нужды. К группе производственных нужд относится расход ТЭР на транспортные (группа  $W_1$ ) и технологические нужды (группа  $W_2$ ); к группе вспомогательных нужд (группа  $W_3$ ) — расход ТЭР, необходимый на создание требуемых параметров микроклимата и комфортных условий пребывания людей в помещениях; на соблюдение мер по технике безопасности; охране труда и окружающей среды; на автоматизацию процессов управления и прочие нужды, необходимые для обеспечения нормальных условий строительного производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Разработан и предложен новый методологический подход к формированию комплексных энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, базирующийся на системном анализе проблемы энергосбережения в процессе строительства, включающем все этапы инвестиционно-строительного цикла от проектирования до сдачи объектов в эксплуатацию, что позволяет оптимизировать энергопотребление при выполнении строительно-монтажных работ и обеспечивает снижение расхода энергоресурсов до 12% [1, 2].

2. Предложена методология оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и энергосберегающих организационно-техноло-

гических мероприятий в строительном производстве, базирующаяся на обобщающей системотехнической характеристике процесса энергопотребления в строительном производстве, что позволило получить аналитические зависимости влияния изменяемых параметров на выходы «Системы расхода ТЭР в строительном производстве» в различные периоды ее функционирования [10, 11].

3. Обоснованы и количественно определены группы и подгруппы энергозатрат инвестиционно-строительного цикла, отличающиеся расходом энергоресурсов по функциональному признаку, и наиболее значимые факторы, влияющие на величину энергопотребления в строительном производстве [12, 13]. Определена зависимость увеличения энергозатрат для каждой группы расхода ТЭР в различные календарные периоды года от воздействия метеорологических факторов [15].

4. Разработан комплекс энергосберегающих организационно-технологических мероприятий, охватывающих все стадии инвестиционно-строительного цикла — от проектирования до сдачи объекта в эксплуатацию, и выполнена экспертная оценка их значимости по критерию снижения расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве [4, 14].

5. Разработаны и прошли производственную апробацию методики мониторинга расхода ТЭР и обследования строительно-монтажных процессов по фактору затрат и потерь энергоресурсов в строительном производстве — энергоаудит, позволяющие получить фактическую информацию о структуре энергозатрат в реальном строительном производстве, а также выполнить количественную оценку израсходованных топливно-энергетических ресурсов [5, 6]. Предложенная методика нормирования энергозатрат в строительном производстве позволяет разрабатывать технологические нормы расхода энергоресурсов как для отдельных видов строительно-монтажных работ и технологических процессов, так и для строительного участка (объекта) и организации в целом [8, 9].

6. Разработана и предложена методика формирования комплексных энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, включающая методики энергоаудита строительно-монтажных процессов и нормирования расхода ТЭР, алгоритм выбора оптимальных энергосберегающих мероприятий, что позволяет строительным организациям разрабатывать план (программу) энергосбережения под конкретные строительные объекты, корректировать принятые решения с учетом конкретных условий строительства [3, 7].

7. Результаты исследований включены в «Программу развития строительного комплекса г. Минска в целях увеличения жилищного строительства на 2008–2012 годы», утвержденную решением Минского городского Совета депутатов от 28 декабря 2007 года № 104 в редакции решения МингорСовета от 19.09.2008 г. № 169 (зарегистрировано в национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 06 февраля 2008 г. № 9/13371).

8. Экономический эффект от внедрения результатов диссертационного исследования заключается в снижении энергоемкости строительства жилых зданий на 8 – 12 %, а в некоторых случаях, при значительном энергонасыщении строительного производства, уменьшение расхода ТЭР достигает 30 – 35%.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Результаты исследований рекомендуются к использованию строительными организациями отрасли по следующим направлениям:

- для анализа и оценки эффективности расхода топливно-энергетических ресурсов, как в разрезе отдельных видов работ, так и по работе строительной организации в целом и на этой основе готовить и осуществлять действия по снижению расхода энергоресурсов;

- для выявления факторов, влияющих на величину расхода энергоресурсов, приводящих к их нерациональному расходу при выполнении строительномонтажных работ, а также определения количественной оценки производственных затрат и потерь энергоресурсов в строительном производстве;

- для целенаправленного формирования плана (программы) энергосберегающих мероприятий для строительных организаций, обеспечивающих снижение расхода энергоресурсов в строительном производстве, с учетом оценки реализации и эффективности выбранных мероприятий;

- для развития исследований проблемы энергосбережения в строительстве, а также при разработке энергосберегающих технологий и организационных решений в строительстве в сочетании с новыми видами строительных машин, механизмов, техники, оборудования и пр.

2. Реализация практического применения разработки может быть эффективной для строительных организаций различных форм собственности и мощности при составлении программы (плана) практических решений по энергосбережению, основу которой составляют выявление, анализ и принятие решений по устранению причин нерационального расхода топливно-энергетических ресурсов с использованием предложенных методик энергоаудита, установления норм расхода энергоресурсов, выработки оптимальных энергосберегающих решений (мероприятий).

3. Для разработки планов (программ) энергосбережения, мониторинга расхода ТЭР при выполнении строительномонтажных работ, энергоаудита строительного производства, нормирования расхода ТЭР, контроля за соблюдением установленных норм и организации энергосбережения в строительном производстве предлагается создать независимое специализированное научно-исследовательское (подразделение) лабораторию, осуществляющее указанные работы на договорных началах со строительными организациями.

## Список публикаций соискателя

### Статьи в научных журналах

1. Земляков, Г. В. Мероприятия по снижению затрат энергоресурсов в строительстве / Г. В. Земляков, А. А. Лозовский // Архитектура и строительство. – 2005. – № 4. – С. 109 – 110.
2. Лозовский, А. А. Формирование мероприятий, обеспечивающих снижение затрат энергоресурсов в строительстве / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Архитектура и строительство. – 2006. – № 5. – С. 110 – 111.
3. Лозовский, А. А. Формирование энергосберегающих технологических и организационных решений в строительстве / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Строительная наука и техника. – 2007. – № 4 (13). – С. 98 – 103.
4. Лозовский, А. А. Методика формирования энергосберегающих технологических и организационных мероприятий в строительных организациях / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Строительная наука и техника. – 2008. – № 6 (21). – С. 101 – 105.
5. Лозовский, А. А. Мониторинг расхода ТЭР в строительном производстве / А. А. Лозовский // Архитектура и строительство. – 2010. – № 5. – С. 74 – 76.
6. Лозовский, А. А. Энергоаудит в строительном производстве / А. А. Лозовский // Строительная наука и техника. – 2010. – № 5 (32). – С. 71 – 73.
7. Лозовский, А. А. Энергосбережение в строительном производстве / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5 (32). – С. 36 – 40.
8. Лозовский, А. А. Нормирование расхода ТЭР в строительном производстве / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5 (38). – С. 12 – 17.
9. Лозовский, А. А. Расчет индивидуальных технологических норм расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве / А. А. Лозовский, Г. В. Земляков // Вестник БНТУ. – 2011. – № 6. – С. 12 – 17.

### Материалы конференций

10. Баранов, С.П. Анализ затрат энергоресурсов при производстве строительно-монтажных работ / С.П. Баранов, Г.В. Земляков, А.А. Лозовский // Материалы 2-й Междунар. научно-технич. конф. : в 2 т. / БНТУ. – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 465 – 469.

11. Лозовский, А.А. Взаимосвязь затрат энергоресурсов в строительстве / А.А. Лозовский // Материалы 2-й Междунар. научно-технич. конф. : в 2 т. / БНТУ. – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 470 – 473.

#### Статьи в сборниках трудов

12. Исследование затрат энергоресурсов в строительстве: сборник научных трудов Международной конференции, посвященной 70-летию кафедры «Технология строительного производства» и 85-летию Белорусского национального технического университета: в 2 т. Минск, 25–26 октября 2004 г. / БНТУ; Г.В. Земляков, А.А. Лозовский – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 105 – 107.

13. Анализ расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве: сборник научных статей XVII Международного научно-методического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров». Гродно, 2010 г. / ГрГУ им. Я. Купалы; Г.В. Земляков, А.А. Лозовский – Гродно, 2010. – С. 314 – 319.

14. Энергосберегающие организационно-технологические решения в строительном производстве: сборник научных статей Конгресса «Строительная наука, техника и технологии: перспективы и пути развития». Москва, 2010 г. / МГСУ; А.А. Лозовский, Г.В. Земляков, – Москва, 2010. – С. 236 – 241.

15. Расход топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве: сборник научно-технических статей «Повышение качества подготовки студентов специальности промышленное и гражданское строительство». Минск, 2011 г. / БНТУ; А. А. Лозовский – Минск, 2011. – С. 408 – 419.



## РЭЗІЮМЭ

Лазоўскі Аляксей Аляксандравіч

### ФАРМІРАВАННЕ ЭНЕРГАЗБЕРАГАЮЧЫХ АРГАНІЗАЦЫЙНА-ТЭХНАЛАГІЧНЫХ РАШЭННЯЎ У БУДАЎНІЧАЙ ВЫТВОРЧАСЦІ

**Ключавыя словы:** энергазберажэнне, будаўнічая вытворчасць, паліўна-энергетычныя рэсурсы, сістэмны падыход, расход энергарэсурсаў, маніторынг, энергааудыт, норма расхода, энергазберагаючыя арганізацыйна-тэхналагічныя мерапрыемствы.

**Мэта даследавання** — удасканалванне метадычных асноў фарміравання комплексных энергазберагаючых арганізацыйна-тэхналагічных рашэнняў у будаўнічай вытворчасці, якія забяспечваюць зніжэнне расхода паліўна-энергетычных рэсурсаў (ПЭР) пры будаўніцтве жылых будынкаў, як па асобных этапах будаўніцтва, так і па будаўнічаму цыклу ўвогуле.

**Аб’ект даследавання** — будаўнічыя аб’екты жылога прызначэння.

**Прадмет даследавання** — энергазберагаючыя арганізацыйна-тэхналагічныя мерапрыемствы ў будаўнічай вытворчасці.

**Метады даследавання** — сістэмны падыход да ацэнкі і аналізу эфектыўнасці скарыстання энергарэсурсаў пры выкананні будаўнічых работ. У якасці прыватных метадык у рабоце выкарыстоўваліся метады экспертных адзнак, фактычнай канстатацыі (хранаметраж) і атбору фактычнай інфармацыі на рэальных аб’ектах будаўніцтва.

**Атрыманяя вынікі і іх навізна** спалучаюцца ў стварэнні метадычных палажэнняў фарміравання комплексных аптымальных энергазберагаючых арганізацыйна-тэхналагічных рашэнняў у будаўнічай вытворчасці, у аснову якіх пакладзены распрацаваныя і ўпершыню прапанаваныя да практычнага выкарыстання метадыкі маніторынгу, энергааудыту і нарміравання расхода ПЭР у будаўнічай вытворчасці, якія дазваляюць выканаць аналіз энергаспажывання, устанавіць тэхнічна абаснованную меру расхода ПЭР пры выкананні будаўніча-мантажных работ і распрацаваць энергазберагаючыя рашэнні для канкрэтных умоў будаўнічай вытворчасці.

**Рэкамендацыі па выкарыстанню.** Будаўнічым арганізацыям пры складанні плану энергазберажэння рэкамендуецца кіравацца прапанаванай метадыкай. У мэтах выяўлення і колькаснай адзнакі неэфектыўнага расхода энергарэсурсаў і павышэння энергаэфектыўнасці будаўнічых работ прапануваецца выкарыстоўваць распрацаваныя метадыкі маніторынгу і энергааудыту, а таксама ўкараняць у практыку будаўнічай вытворчасці метадыку нарміравання расхода ПЭР.

## РЕЗЮМЕ

Лозовский Алексей Александрович

### ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Ключевые слова:** энергосбережение, строительное производство, топливно-энергетические ресурсы, системный подход, расход энергоресурсов, мониторинг, энергоаудит, норма расхода, энергосберегающие организационно-технологические мероприятия.

**Цель исследования** — совершенствование методических основ формирования комплексных энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, обеспечивающих снижение расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при строительстве жилых зданий, как по отдельным этапам строительства, так и по строительному циклу в целом.

**Объект исследования** — строительные объекты жилого назначения.

**Предмет исследования** — энергосберегающие организационно-технологические мероприятия в строительном производстве.

**Методы исследования** — системный подход к оценке и анализу эффективности использования энергоресурсов при выполнении строительных работ. В качестве частных методик в работе использовались методы экспертных оценок, фактической констатации (хронометраж) и отбора фактической информации на реальных объектах строительства.

**Полученные результаты и их новизна** заключаются в создании методических положений формирования комплексных оптимальных энергосберегающих организационно-технологических решений в строительном производстве, в основу которых положены разработанные и впервые предложенные к практическому использованию методики мониторинга, энергоаудита и нормирования расхода ТЭР в строительном производстве, которые позволяют выполнить анализ энергопотребления, установить технически обоснованную меру расхода ТЭР при выполнении строительного-монтажных работ и разработать энергосберегающие решения для конкретных условий строительного производства.

**Рекомендации по использованию.** Строительным организациям при составлении плана энергосбережения рекомендуется руководствоваться предлагаемой методикой. В целях выявления и количественной оценки неэффективного расхода энергоресурсов и повышения энергоэффективности строительных работ предлагается использовать разработанные методики мониторинга и энергоаудита, а также внедрять в практику строительного производства методику нормирования расхода ТЭР.



## SUMMARY

Alexey Lozovsky

### THE FORMATION OF ENERGY-EFFICIENT ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN BUILDING MANUFACTURE

**Keywords:** energy-efficiency, building manufacture, fuel and energy resources, the system approach, energy resource expenses, monitoring, energy audit, rate of energy consumption, energy-saving organizational-technological measures.

**The aim of the research** — The Improvement of methodological basis of complex energy-saving organizational-technological solution formation in building manufacture, providing the descent of fuel energy resource expenses during construction of residential buildings, in the separate stages of construction as well as in the construction cycle as whole.

**The object of the research** — residential construction projects.

**The subject of the research** — energy-saving organizational-technological measures in building construction.

**Research methods** — the system approach to the evaluation and analysis of effectiveness of energy resource use during construction works. As special techniques the methods of expert estimations, the factual constant (time-checking) and the selection of actual information on the real projects were used as particular techniques in the work.

**The received results and their novelty.**

The obtained results and their novelty conclude in the creation of methodological provisions of formation of complex optimal energy-saving organizational-technological solutions in building manufacture, which are based on the developed and firstly proposed to the practical use monitoring methodology, energy audit and regulation of FER expenses in building manufacture, which allow to perform the analysis of energy consumption, establish technically sound measure of consumption of energy resources during carrying out of construction work and to develop energy-saving solutions for the specific conditions of building manufacture.

**Exploitation recommendations.** Building organizations during the plan making is recommended to follow the offered method. In order to identify and quantify inefficient consumption of energy and energy efficiency of construction work is proposed to use techniques developed for monitoring and energy audit, as well as put into practice of building manufacture the method of FER expenses regulation.

Научное издание

ЛОЗОВСКИЙ Алексей Александрович

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.23.08 — Технология и организация строительства

---

Подписано в печать 17.11.2011.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 60. Заказ 1254.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.