

На правах рукописи



**КАРПЕНКО Михаил Сергеевич**

**ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА  
УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ  
НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Специальность: 05.02.22 – Организация производства  
(горноперерабатывающая промышленность)

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2016

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**Научный руководитель** доктор технических наук, профессор  
**Мельник Владимир Васильевич**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Борисович Виталий Тимофеевич**,  
профессор кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса ФБГОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

кандидат технических наук  
**Иванов Иван Александрович**,  
ученый секретарь Экспертного совета по инновациям при Президенте АК «АЛРОСА» (ПАО)

**Ведущая организация** ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (ООО «НИИОГР», г. Челябинск)

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г. в \_\_\_ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.132.14 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.6.

С диссертацией можно ознакомиться в диссертационном совете и на сайте НИТУ «МИСиС».

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



**В.В. Агафонов.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Стратегической целью государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности является максимально рациональное использование топливно-энергетических ресурсов для обеспечения устойчивого развития национальной экономики.<sup>1,2</sup> В настоящее время на горнодобывающих и обогатительных предприятиях России сохраняется высокая доля затрат на энергоресурсы в себестоимости продукции (до 40 %) и энергоемкость производства. Энергоемкость валового внутреннего продукта России в 2,5–5 раз выше по сравнению с развитыми странами (США, Япония, страны Западной Европы).

В «Программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года»<sup>3</sup> (подпрограмма «Обеспечение технологического развития отрасли и укрепление научно-технической базы компаний и научных центров») в качестве основных целевых показателей повышения энергоэффективности предусмотрено относительное снижение энергоемкости угольной отрасли к уровню 2010 г. на 5-9 % в 2015 г., до 30 % к 2020 г. и до 40 % к 2030 г.

По данным мониторинга реализации указанной программы, выполнение Федерального закона №261 «Об энергосбережении» на горнопромышленных предприятиях осуществляется недостаточно эффективно. Среди основных трудностей отмечены: низкая мотивация инвестирования в энергосбережение, большие сроки окупаемости, ограниченность финансирования, завышенная стоимость услуг на энергоаудит и др.

Одним из важных аспектов повышения энергоэффективности является организация энергосбережения. В настоящее время на горнопромышленных предприятиях не существует эффективного организационного механизма управления энергосбережением, не используются в полной мере методы оптимизации затрат на энергосберегающие мероприятия и энергетические обследования, учета фактора неопределенности и риска, оценки и повышения мотивации персонала, проектно-процессного подхода для разработки эффективной системы управления энергосбережением.

В этой связи создание инструментария для формирования организационного механизма управления энергосбережением является актуальной научной и прак-

---

<sup>1</sup> Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее «Закон об энергосбережении»).

<sup>2</sup> «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р.

<sup>3</sup> Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2014 г. № 1099-р.

тической задачей, решение которой направлено на повышение эффективности горного производства, снижение себестоимости и рост конкурентоспособности продукции горнопромышленных предприятий.

**Цель работы** состоит в обосновании и разработке методического обеспечения для формирования организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях.

**Идея работы** заключается в использовании и совершенствовании элементов проектно-процессного подхода с целью повышения эффективности организации энергосбережения на горнопромышленных предприятиях.

**Объектом исследования** являются горнопромышленные предприятия, являющиеся крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов.

**Предметом исследования** являются методы и инструменты организации энергосбережения.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Совершенствование механизма формирования программ энергосбережения на горнопромышленных предприятиях.

2. Разработка экономико-математических моделей и алгоритмов оптимизации инвестиций в энергосбережение.

3. Определение степени влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения.

4. Уточнение понятия, обоснование методов оценки и определение степени риска при реализации энергосберегающих проектов.

5. Совершенствование методики технико-экономических обоснований энергосберегающих проектов.

6. Разработка методических рекомендаций по формированию организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях на основе проектно-процессного подхода.

**Содержание научного исследования** соответствует положениям Паспорта специальности 05.02.22 – Организация производства: 2. Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов. 6. Разработка и реализация принципов производственного менеджмента, включая подготовку кадрового обеспечения и эффективность форм организации труда. 7. Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем. 9. Разработка методов и средств организации производства в условиях технических и экономи-

ческих рисков. 11. Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

### **Научные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Одним из ключевых направлений развития энергоэффективного горного производства, снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности продукции является совершенствование системы организации энергосбережения, включая разработку программ энергосбережения с использованием комплексного методического обеспечения, базирующегося на системном подходе и моделировании задач оптимизации затрат на проведение энергетических обследований и реализацию энергосберегающих проектов (пп. 2, 11 Паспорта специальности 05.02.22).

2. Совершенствование кадрового планирования на горнопромышленных предприятиях должно осуществляться с учетом результатов экспертных исследований степени влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения для различных категорий персонала (п. 6 Паспорта специальности 05.02.22).

3. При оценке эффективности энергосберегающих проектов на горнопромышленных предприятиях должны учитываться специфические риски энергосбережения, а также добавленная стоимость человеческого капитала с целью повышения мотивации персонала (пп. 6, 9 Паспорта специальности 05.02.22).

4. Организационный механизм управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях целесообразно разрабатывать на основе проектно-процессного подхода, предложенного перечня процессов энергосбережения и сформулированных к ним требований, моделей и алгоритмов формирования программ энергосбережения и оптимизации затрат, а также методики оценки эффективности проектов с учетом факторов риска и мотивации (пп. 7, 11 Паспорта специальности 05.02.22).

### **Научная новизна** исследования состоит:

- в разработке механизма формирования программ энергосбережения, алгоритмов оптимизации затрат на проведение энергетических обследований и реализацию мероприятий;

- в определении степени влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения;

- в уточнении понятия и определении степени рисков энергосбережения, а также разработке методики технико-экономических обоснований энергосберегающих проектов с учетом факторов риска и мотивации;

- в обосновании и разработке организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях на основе проектно-процессного подхода.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются представительным объемом статистической информации по энергопотреблению и энергосбережению на предприятиях АО «СУЭК», корректным применением апробированных математических методов оптимизации, факторного анализа, методологии функционального моделирования, а также практическим применением результатов исследований на горнопромышленных предприятиях.

**Научное значение** диссертации заключается в разработке методического обеспечения для формирования организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях, предусматривающего построение системы управления энергосбережением на основе бизнес-процессов и операционных улучшений, обобщенного алгоритма построения оптимизированного плана энергосберегающих мероприятий, экономико-математических моделей оптимизации инвестиций, оценки факторов мотивации и риска при реализации энергосберегающих проектов на горнопромышленных предприятиях.

**Практическое значение** диссертации состоит в повышении эффективности организации и управления процессом энергосбережения на горнопромышленных предприятиях на основе предложенного организационного механизма.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследований рекомендованы к внедрению на предприятиях АО «СУЭК» и ОАО «Русский Уголь», использованы в учебно-методическом процессе Горного института НИТУ «МИСиС» и Московского института энергобезопасности и энергосбережения, а также при выполнении НИР Минэнерго РФ «Оказание консультационных услуг по информационно-аналитическому обеспечению осуществляемых мер по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, оценки их влияния на деятельность предприятий угольной промышленности в кризисных и посткризисных условиях».

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на семинарах в рамках «Недели горняка» (2014, 2015 гг.), на VIII и IX Всероссийских научно-практических конференциях «Антикризисное управление: производственные и территориальные аспекты» (г. Новокузнецк, 2012, 2014 гг.), на III Международной научно-практической конференции «Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения» (г. Екатеринбург, 2016 г.), на научных семинарах кафедр «Государственного и муниципального управления в промышленных регионах» и «Геотехнологии освоения недр» НИТУ «МИСиС».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и пяти приложений, содержит 38 рисунков, 23 таблицы, список литературы из 168 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** изложены актуальность, цель и идея работы, научная новизна выносимых на защиту положений, практическая ценность и результаты реализации работы.

В **первой главе** рассмотрены современное состояние и направления развития организации и управления энергосбережением на предприятиях горнопромышленного комплекса, обосновываются задачи исследования.

Вопросы управления энерго- и ресурсосбережением рассмотрены в трудах А.А. Андрижиевского, А.М. Афонина, Г.И. Бабокина, Н.И. Данилова, А.Н. Дмитриева, А.А. Дремина, Н.Б. Дьячкова, А.А. Кролина, Е.П. Кузнецова, В.В. Кузьменко, Н.П. Лаверова, В.К. Лозенко, А.В. Ляхомского, С.А. Михайлова, Е.Н. Перфильевой, Г.В. Судакова, В.А. Шилина, Я.М. Щелокова, М.М. Яковлева.

Вопросам совершенствования организации энергоэффективного горного производства посвящены исследования В.В. Агафонова, А.А. Ашихмина, В.Т. Борисовича, С.Е. Гавришева, В.И. Ганицкого, А.М. Валуева, Д.Р. Каплунова, В.С. Коваленко, Ю.Н. Кузнецова, Г.Г. Ломоносова, В.В. Мельника, Ю.А. Павлова, А.А. Петросова, В.А. Пикалова, Ю.А. Плакиткина, С.М. Попова, С.С. Резниченко, А.А. Рожкова, М.В. Рыльниковой, А.В. Соколовского и других ученых.

Годовое потребление энергоресурсов на горнопромышленных предприятиях исчисляется десятками и сотнями миллионов рублей. Так, на угольных шахтах оно достигает 150–250 млн руб./год, на угольных разрезах – 370–470 млн руб./год, на обогатительных фабриках – 80–100 млн руб./год, в угольных объединениях – 2,0–2,6 млрд руб./год.

Анализ проведенных в 2010–2012 гг. энергетических обследований показал, что предприятия угольной отрасли имеют значительный потенциал энергосбережения основных видов энергетических ресурсов:

- по электроэнергии – до 16–18 % (электроэнергия занимает наибольшую долю в структуре энергопотребления);
- по тепловой энергии – до 21–27 %;
- по котельно-печному топливу – до 18 %;
- по моторному топливу – до 5 %.

Объемы инвестиций в энергосберегающие проекты на горнопромышленных предприятиях также достаточно высоки (для примера, на предприятиях АО СУ-ЭК-Красноярск» «Разрез Бородинский им. М.И.Щадова», АО «Разрез Назаровский»

и АО «Разрез Березовский» они составляют порядка 200-300 млн руб.), что придает вопросам организации и управления энергосбережением особую значимость.

Анализ исследований позволил выявить основные сдерживающие факторы в осуществлении реализации политики повышения энергоэффективности на горнопромышленных предприятиях и предложить основные направления совершенствования организации энергосбережения (рис. 1).



Рис. 1. Сдерживающие факторы и направления совершенствования организации энергосбережения на горнопромышленных предприятиях

Во **второй главе** диссертации предложен механизм формирования программ энергосбережения и разработаны модели и алгоритмы формирования оптимизированных планов инвестиций в энергосбережение.

Данные источников, посвященных анализу выполнения энергосберегающих проектов, в том числе мониторинга реализации программы развития угольной от-

расли, а также мнения экспертов и специалистов говорят о том, что зачастую программы энергосбережения на горнопромышленных предприятиях реализуются неэффективно и не в установленные сроки.

Среди причин можно выделить следующие:

- нехватка финансирования;
- недостаточная проработка проектов энергосбережения;
- к формированию программ не всегда привлекаются специалисты по различным направлениям энергосбережения, технологи, экономисты, управленцы;
- низкая мотивация на всех уровнях управления;
- особенности реализации энергосберегающих мероприятий на действующих предприятиях.

Для формирования программ энергосбережения предлагается следующая схема механизма (рис. 2).



Рис. 2. Схема механизма формирования программ энергосбережения на горнопромышленных предприятиях

Принципы формирования оптимизированного плана энергосберегающих мероприятий следующие:

1. Формулировка целей и задач внедрения энергосберегающих мероприятий (ЭСМ).

2. Определение параметров плана энергосберегающих мероприятий (ПЭСМ) (продолжительность, объем инвестиций, распределенный по годам, годовые ставки дисконтирования, эксплуатационные затраты, риски, суммарный объем экономии энергоресурсов и др.).

3. Формирование перечня ЭСМ и определение их характеристик (время реализации - продолжительность и распределение по годам ПЭСМ, распределенные по годам объем инвестиций, эксплуатационные затраты, риски невыполнения, объем экономии энергоресурсов, достигнутый за счет реализации очередного этапа внедрения ЭСМ, и др.).

Характеристики ЭСМ  $\Phi$  для удобства анализа и обобщения целесообразно представить в виде морфологической карты (табл. 1).

4. Корректировка и уточнение целей и задач внедрения энергосберегающих мероприятий на основе анализа пп. 2, 3.

5. Выработка стратегии реализации ПЭСМ (формулировка целевой функции  $F$  и вида ее оптимальности (extremum - max, min), определение целевого значения  $F_{цел}$  в том числе его распределение по годам реализации ПЭСМ, задание ограничений  $G$  на параметры ПЭСМ  $P$  и характеристики ЭСМ  $\Phi$ , расстановка приоритетов параметров ПЭСМ и ЭСМ ( $rang(P, \Phi)$ ).

Постановка задачи оптимизации:

$$F(\text{ЭСМ} | G, \Phi, rang(P, \Phi)) \rightarrow F_{цел} \quad \text{или} \quad extr. \quad (1)$$

6. Решение оптимизационных задач.

Ввиду высокой неопределенности условий реализации программы энергосбережения (инфляция, удорожание работ и оборудования; несоблюдение сроков поставок; нарушение трудовой и технологической дисциплины; форс-мажорные обстоятельства и др.) оптимальный ПЭСМ как точное решение, полученное методами исследования операций (линейное и динамическое прогнозирование), даже при введении рискованной составляющей не может быть выполнен в полном объеме, а в случае выполнения целевое значение не будет достигнуто. В связи с этим целесообразно получить приближенное решение задачи оптимизации – оптимизированный ПЭСМ (ОПЭСМ).

Алгоритм построения ОПЭСМ основывается на полном прямом переборе ЭСМ и проверке характеристик  $\Phi$  согласно  $rang(P, \Phi)$  выбранной стратегии. Обобщенная схема алгоритма изображена на рис. 3.

7. Построенный ОПЭСМ представляет собой перечень ЭСМ по годам реализации, оценочные значения параметров плана  $P$  и целевой функции  $F_{цел}^{оценка}$  в целом и по годам реализации.

Таблица 1. Морфологическая карта энергосберегающего мероприятия

Наименование энергосберегающего мероприятия						
Характеристики энергосберегающего мероприятия	Суммарные значения характеристик	Значения характеристик по годам реализации				
		1-й год	2-й год	...	T-й год	
Организационные	$\Phi_1$	$\Sigma\Phi_{1,t}$	$\Phi_{1,1}$	$\Phi_{1,2}$	...	$\Phi_{1,T}$
	...	...	...	...	...	...
Финансовые	$\Phi_k$	$\Sigma\Phi_{k,t}$	$\Phi_{k,1}$	$\Phi_{k,2}$	...	$\Phi_{k,T}$
	$\Phi_{k+1}$	$\Sigma\Phi_{k+1,t}$	$\Phi_{k+1,1}$	$\Phi_{k+1,2}$	...	$\Phi_{k+1,T}$
Производственные	$\Phi_l$	$\Sigma\Phi_{l,t}$	$\Phi_{l,1}$	$\Phi_{l,2}$	...	$\Phi_{l,T}$
	$\Phi_{l+1}$	$\Sigma\Phi_{l+1,t}$	$\Phi_{l+1,1}$	$\Phi_{l+1,2}$	...	$\Phi_{l+1,T}$
Другие	$\Phi_K$	$\Sigma\Phi_{K,t}$	$\Phi_{K,1}$	$\Phi_{K,2}$	...	$\Phi_{K,T}$
	...	...	...	...	...	...

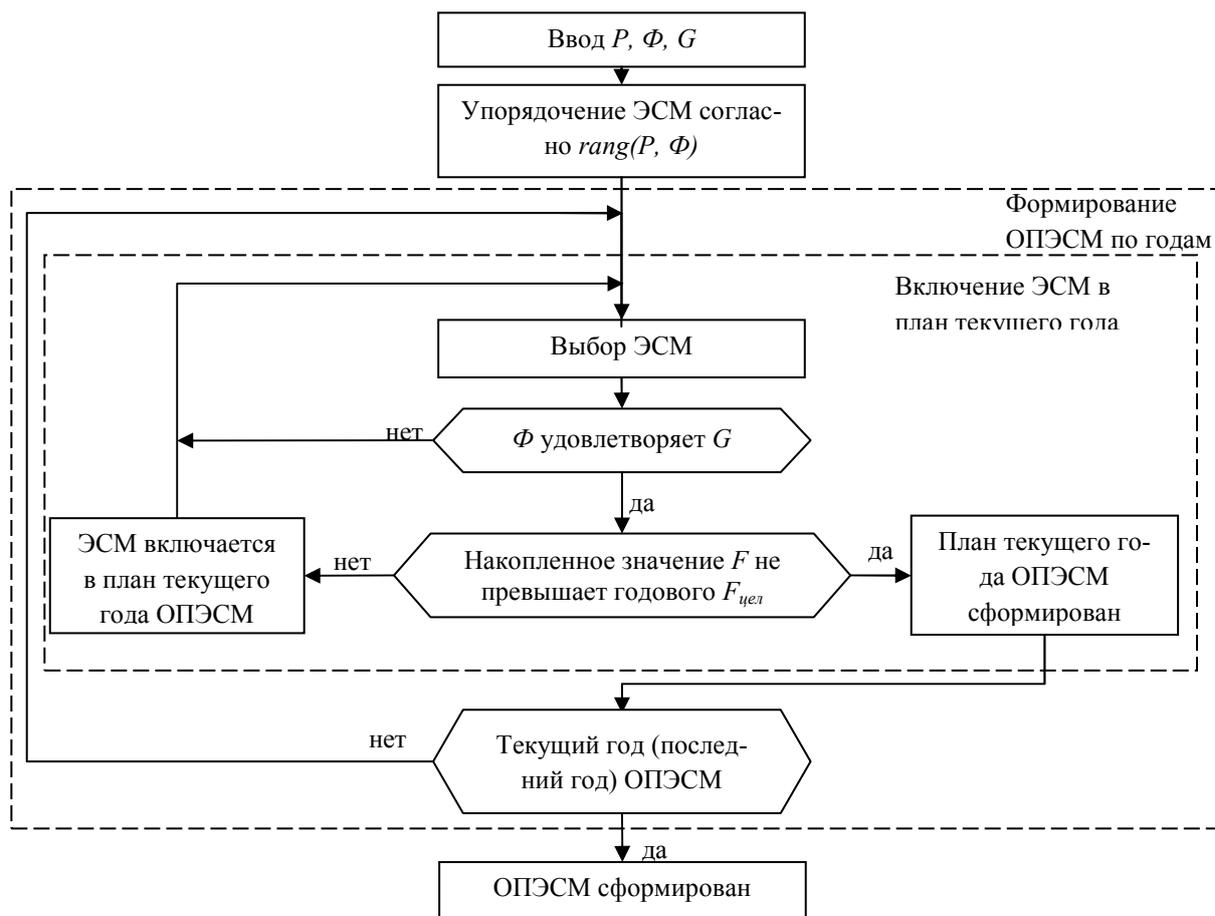


Рис. 3. Обобщенная схема алгоритма формирования ОПЭСМ

Существующие методики планирования энергообследований включают определение перечня работ и их стоимости без привязки к конечному результату – получению информации о выявленном потенциале энергосбережения. В связи с этим представляется важным не только определение стоимости энергоаудита, но и её обоснование, для чего необходимо решить задачу достижения максимального выявленного потенциала энергосбережения  $P$  в рамках заданного бюджета. Задача формирования данного перечня работ является задачей оптимизации вида

$$P(CO_j, CD_i, PO_j, PD_i, RD_i, ППД_i) \rightarrow \max \quad (2)$$

при ограничениях:

$$\sum CO_j + \sum CD_i \leq V_{\bar{o}} ; RD_i \leq R_{крит} ; ППД_i \leq ПП_{крит} , \quad (3)$$

где  $V_{\bar{o}}$  – объем финансирования комплекса работ по энергоаудиту;  $R_{крит}$  – критический уровень риска;  $ПП_{крит}$  – критический уровень производственных потерь;  $CO_j$  – стоимость  $j$ -й работы  $O_j$  из обязательного списка;  $PO_j$  – потенциал энергосбережения, выявленный в результате выполнения работы  $O_j$ ;  $CD_i$  – стоимость  $i$ -й работы  $D_i$  из дополнительного списка;  $PD_j$  – потенциал энергосбережения, выявленный в результате выполнения работы  $D_j$ ;  $RD_i$  – риск невыполнения работы  $D_i$ ;  $ППД_i$  – производственные потери, возникающие вследствие выполнения работы  $D_i$ .

Предложенные подходы, модели и алгоритмы оптимизации финансовых затрат при управлении энергосбережением являются актуальными для горнопромышленных предприятий, являющихся крупными потребителями энергоресурсов, для энергосберегающих проектов которых характерны высокая капиталоемкость, степень риска, а также длительные сроки окупаемости.

В **третьей главе** предложен подход и произведена оценка мотивации энергосбережения на основе использования концепции человеческого капитала, уточнено содержание рисков энергосбережения, проведены экспертные исследования и определены диапазоны рисков надбавок к ставке дисконта, а также предложена методика расчета показателей экономической эффективности энергосберегающих проектов с учетом факторов риска и мотивации.

В работе обоснованы факторы человеческого капитала, значимые для энергосбережения, и проведен экспертный опрос «Оценка степени влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения». Мнение экспертов о важности указанных в опросе факторов мотивации энергосбережения достаточно однородно. Средние экспертные оценки превышают среднее значение используемой пятибалльной шкалы, равное 3 баллам, и варьируются от 3,76 до 4,24 балла (рис. 4).

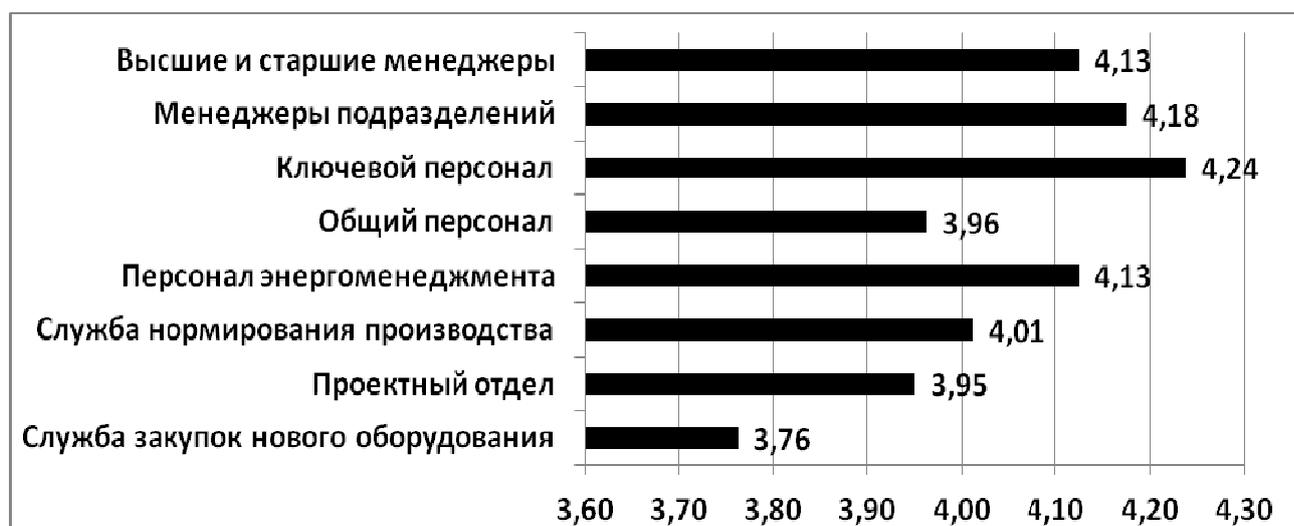
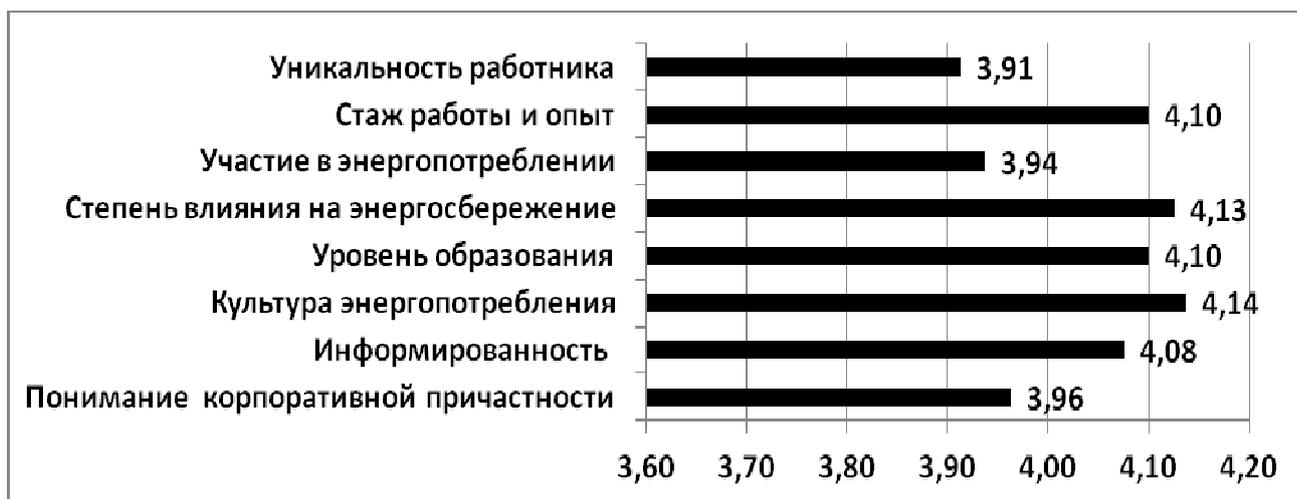


Рис. 4. Средние экспертные оценки степени влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения

По данным, полученным в результате экспертного опроса, проведен анализ с применением методов математической статистики (факторный анализ, метод главных компонент). Расчеты проводились в ППП STATISTICA, результаты приведены в табл. 2. Данные таблицы показывают, что все восемь рассматриваемых факторов являются информативными и входят в первые три главные компоненты с общим вкладом в дисперсию 90,28 %. Оставшиеся 9,72 % совокупного вклада в дисперсию приходятся на другие факторы, не включенные в анкету.

Данные рис. 4 и табл. 2 показывают, что рассмотренные факторы мотивации энергосбережения наиболее важны для ключевого персонала, высших и старших менеджеров, менеджеров подразделений, персонала энергоменеджмента, а наиболее значимые факторы – культура энергопотребления, опыт и стаж работы, уровень образования и степень влияния на энергосбережение. Эксперты определили, что наибольшее влияние на энергопотребление оказывает ключевой персонал, уникальной эксперты назвали профессию энергоменеджера. Также была опреде-

лена важность поддержки руководством (менеджерами высшего и среднего звена) деятельности по энергосбережению.

Учитывая результаты анализа, рекомендуется службе управления персоналом разработать и внедрить систему мероприятий, повышающих мотивацию энергосбережения, в первую очередь учитывающую выявленные факторы для соответствующих групп персонала.

Таблица 2. Оценка факторов мотивации энергосбережения методом главных компонент (в разрезе групп персонала)

Главная компонента		Фактор мотивации энергосбережения	Группа персонала	
Наименование	Вклад в дисперсию, %		Наименование	Оценка экспертов, балл
$F_1$	37,86	Стаж работы и опыт	Ключевой персонал	4,3
			Менеджеры подразделений	4,2
			Персонал энергоменеджмента	4,2
		Участие в энергопотреблении	Ключевой персонал	4,7
			Культура энергопотребления	Ключевой персонал
$F_2$	31,67	Уникальность работника	Менеджеры подразделений	4,2
			Персонал энергоменеджмента	4,4
		Степень влияния на энергосбережение	Высшие и старшие менеджеры	4,2
			Высшие и старшие менеджеры	4,8
			Менеджеры подразделений	4,6
		Уровень образования	Ключевой персонал	4,2
			Персонал энергоменеджмента	4,2
			Проектный отдел	4,4
			Высшие и старшие менеджеры	4,3
			Персонал энергоменеджмента	4,3
			Менеджеры подразделений	4,2
$F_3$	20,75	Информированность об энергосбережении	Служба главного технолога, нормирования производства	4,2
			Высшие и старшие менеджеры	4,3
			Ключевой персонал	4,3
		Понимание корпоративной причастности	Общий персонал	4,3
			Ключевой персонал	4,2
Общий персонал	4,2			
<b>Сумма</b>	<b>90,28</b>			

Риски, возникающие при реализации энергосберегающих мероприятий, можно условно разделить на традиционные риски - общие для любых инвестиционных проектов, и на специфические - характерные исключительно для проектов энергосбережения.

Специфические риски отражают вероятность потерь в связи с особенностями мероприятий энергосбережения и включают:

1. *Информационные риски.* К ним относятся информационно-подготовительные риски, характеризующие степень достоверности полученной информации о потенциале энергосбережения в ходе энергетических обследований, и информационно-верификационные риски, связанные с подтверждением достигнутой экономии энергоресурсов.

2. *Организационные риски* характеризуют зависимость эффективности ЭСМ от уровня организации управления энергосбережением на предприятии.

3. *Мотивационные риски* и риски, связанные с человеческим фактором, отражают зависимость эффективности реализации энергосберегающих проектов от уровня подготовки и мотивации персонала, системы учёта, контроля потребления и персональной ответственности за энергосбережение.

4. *Технические и технологические риски* – риски несоответствия фактических технических и технологических характеристик оборудования заявленным производителем в области энергопотребления.

Для расчета рисковой надбавки к ставке дисконта был составлен перечень энергосберегающих проектов для угольных шахт и разрезов и проведен опрос экспертов по определению степени влияния специфических рисков на энергосбережение. Опрос проводился по пятибалльной шкале оценок. Величина общей рисковой надбавки для проекта определялась из условия, что оценки «1», «2», «3», «4» и «5» соответствовали значениям надбавок, равным 0,04, 0,08, 0,12, 0,16 и 0,2. Величины надбавок по видам рисков соответствовали оценкам экспертов в пределах величины общей рисковой надбавки. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Величины общих рисковых надбавок находятся в интервале 0,148–0,182, что соответствует средним оценкам от 3,70 до 4,55. Наибольшие значения надбавок для рассмотренного перечня проектов относятся к техническим рискам (до 0,048). Эксперты отметили, что повышенные мотивационные риски соответствуют проектам, где высока роль человеческого фактора, информационные риски – проектам, у которых отсутствует точная регистрация расхода энергоресурсов, организационные – проектам с неопределенной границей ответственности.

Реализация задач повышения энергоэффективности предприятия неразрывно связана с решением вопросов мотивации персонала. С позиций концепции человеческого капитала мотивация энергосбережения представляет собой своего рода инвестиционный проект, а вложение средств – не что иное, как инвестирование средств в персонал с целью экономии энергоресурсов, включающее затраты на обучение и аттестацию персонала, запуск программы мотивации энергосбережения; внедрение системы учёта и контроля использования энергоресурсов.

Таблица 3. Величины рисковых надбавок к ставке дисконта для энергосберегающих проектов горнопромышленных предприятий

Наименование проекта	Величина надбавки к ставке дисконта по видам рисков					
	Традиционные $d_{трад}$	Информационные $d_{инф}$	Организа- ционные $d_{орг}$	Мотиваци- онные $d_{мотив}$	Техниче- ские $d_{техн}$	Величина общей рис- ковой над- бавки $d_p$
Модернизация систем ос- вещения	0,034	0,033	0,027	0,032	0,028	0,154
Внедрение систем контро- ля и учета энергоресурсов	0,027	0,035	0,038	0,026	0,05	0,176
Внедрение частотно- регулируемого электро- привода	0,032	0,036	0,041	0,033	0,028	0,17
Компенсация реактивной мощности	0,044	0,032	0,024	0,028	0,032	0,16
Модернизация технологи- ческого оборудования	0,041	0,035	0,032	0,027	0,045	0,18
Модернизация электро- энергетического оборудо- вания	0,031	0,04	0,036	0,021	0,028	0,156
Установка устройств кон- троля качества электро- энергии	0,04	0,034	0,031	0,029	0,034	0,168
Перевод котлов с твердого топлива на метан от дега- зационной установки	0,036	0,031-	0,021-	0,024	0,04	0,152
Модернизация теплового и теплоэнергетического обо- рудование	0,032	0,03-	0,02-	0,025	0,041	0,148
Использование возобнов- ляемых источников энер- гии	0,038	0,036	0,037	0,023	0,048	0,182

Для оценки и повышения уровня мотивации с позиции человеческого капита-  
ла предлагается анализ следующих показателей:

- экономия от энергосберегающих мероприятий в денежном или натураль-  
ном эквиваленте на одного сотрудника;
- рентабельность от инвестиций в персонал на цели энергосбережения;
- коэффициент окупаемости инвестиций в обучение персонала вопросам  
энергосбережения;
- количество средств на одного сотрудника, выделяемых на премирование  
по результатам энергосбережения;
- число сотрудников, принятое или уволенное при реализации энергосбере-  
гающих мероприятий, и др.

Методика технико-экономического обоснования энергосберегающих проек-  
тов с учетом факторов мотивации и рисков, а также предынвестиционных затрат

на проведение энергетических обследований включает расчет суммарного чистого дисконтированного дохода  $NPV_{\Sigma}$ :

$$NPV_{\Sigma} = NPV_{\text{ЭСМ}} + HCVA = -I_{\Sigma} + \sum_{t=1}^T \frac{P_i^t - S_i^t}{(1 + d_0 + d_p)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{P_{MЭ}^t - S_{MЭ}^t}{(1 + d_0 + d_M)^t}, \quad (4)$$

где  $NPV_{\text{ЭСМ}}$  – чистый дисконтированный доход от реализации ЭСМ с учетом фактора риска;  $HCVA$  (Human Capital Value Added) – добавленная стоимость человеческого капитала,  $I_{\Sigma}$  – инвестиции в энергосбережение;  $I_{\Sigma} = I_{\text{ЭО}} + \sum I_{\text{ЭСМ}i} + I_{MЭ}$ ;  $I_{\text{ЭО}}$  – затраты на энергообследования;  $I_{\text{ЭСМ}i}$  – инвестиции в  $i$ -е ЭСМ;  $I_{MЭ}$  – инвестиции в человеческий капитал;  $P_i^t$  – экономия энергоресурсов в результате реализации  $i$ -го ЭСМ;  $S_i^t$  – текущие затраты на реализацию  $i$ -го ЭСМ;  $d_0$  – безрисковая ставка доходности;  $d_p = d_{\text{трад}i} + d_{\text{нец}i}$  – суммарная надбавка за риск, включающая надбавку за традиционные риски ( $d_{\text{трад}i}$ ), надбавку за специфические риски ( $d_{\text{нец}i}$ );  $P_{MЭ}^t$  – доходы от мотивации персонала, определяемые как стоимость сэкономленных за счет улучшения мотивации персонала энергоресурсов;  $S_{MЭ}^t$  – текущие затраты на мотивацию энергосбережения, включающие затраты на мотивацию; штрафы (премии) за перерасход (экономия) энергоресурсов; управленческие расходы;  $d_M$  – рискованная надбавка при оценке эффективности вложений в мотивацию;  $t$  – расчётный год,

а также дисконтированного срока окупаемости  $T_{ок}$ :

$$T_{ок} = T_- - \frac{\sum_{i=1}^{T_-} \sum_{t=1}^{T_-} (P_i^t - S_i^t) (1 + d_0 + d_p)^{-t} + \sum_{t=1}^{T_-} (P_{MЭ}^{T_-} - S_{MЭ}^{T_-}) (1 + d_0 + d_M)^{-t}}{\sum_i (P_i^{T_+} - S_i^{T_+}) (1 + d_0 + d_p)^{-T_+} + (P_{MЭ}^{T_+} - S_{MЭ}^{T_+}) (1 + d_0 + d_M)^{-T_+}}, \quad (5)$$

где  $T_-$  – крайний период расчета, при котором накопленный чистый дисконтированный доход отрицателен;  $T_+ = T_- + 1$ .

Учет факторов риска и мотивации при расчете показателей эффективности энергосберегающих проектов позволяет получить более точную исходную информацию для принятия управленческих решений по их внедрению.

В **четвертой главе** разработаны методические рекомендации по формированию организационного механизма управления энергосбережением на основе проектно-процессного подхода.

Энергосбережение, как правило, рассматривают как реализацию (планирование, разработку) энергосберегающих проектов, т.е. им присущи ограничения во времени и ресурсах, а также другие признаки и особенности проектного подхода. С другой стороны, энергосбережение – это непрерывная деятельность, т.е., по сути, процессы. Реализация отдельных энергосберегающих проектов должна происходить в рамках процесса энергосбережения. Процессный подход позволяет согласовывать деятельность по энергосбережению с остальными процессами дейст-

вующего предприятия (ресурсы, цели, задачи и т.д.). Таким образом, на уровне отдельных мероприятий применяется проектный подход, а на уровне управления энергосбережением в целом – процессный подход.

Для формирования организационного механизма управления энергосбережением на основе проектно-процессного подхода:

- обоснованы и разработаны процессы энергосбережения, учитывающие специфику горного производства;

- разработана система управления энергосбережением, основанная на сочетании проектного и процессного подходов и выполненная в графической нотации методологии функционального моделирования IDEF0 (рис. 5);

- произведена идентификация процессов энергосбережения с положениями Международного стандарта ISO 50001 «Энергетический менеджмент»;

- разработаны схемы процессов энергосбережения с учетом моделей и алгоритмов оптимизации финансовых затрат, факторов мотивации и рисков, а также схема взаимодействия процессов энергосбережения с основными производственными процессами предприятия;

- сформулированы требования и разработана матрица для описания процессов энергосбережения.

Специфика горного производства отражена:

- в процессах планирования, реализации и контроля ЭСМ, поскольку на горном предприятии они непосредственно связаны с процессом производства;

- в процессах, связанных с контролем закупок нового оборудования (энергоэффективной техники, технологий и материалов), проектов (технического перевооружения реконструкции, нового строительства с учётом требований энергоэффективности) и нормированием энергопотребления на производстве, являющимся ключевым вопросом энергосбережения.

Для формирования системы процессов выполняются следующие операции:

- производится назначение исполнителей и ответственных;

- разрабатываются система отчетности, формы документов и должностные инструкции;

- производится расчет и распределение ресурсов и времени;

- осуществляется построение диаграмм данных и диаграмм работ, а также сети бизнес-процессов.

Система построения процессов энергосбережения должна отвечать требованиям стандарта ISO 9001 «Система Менеджмента Качества».

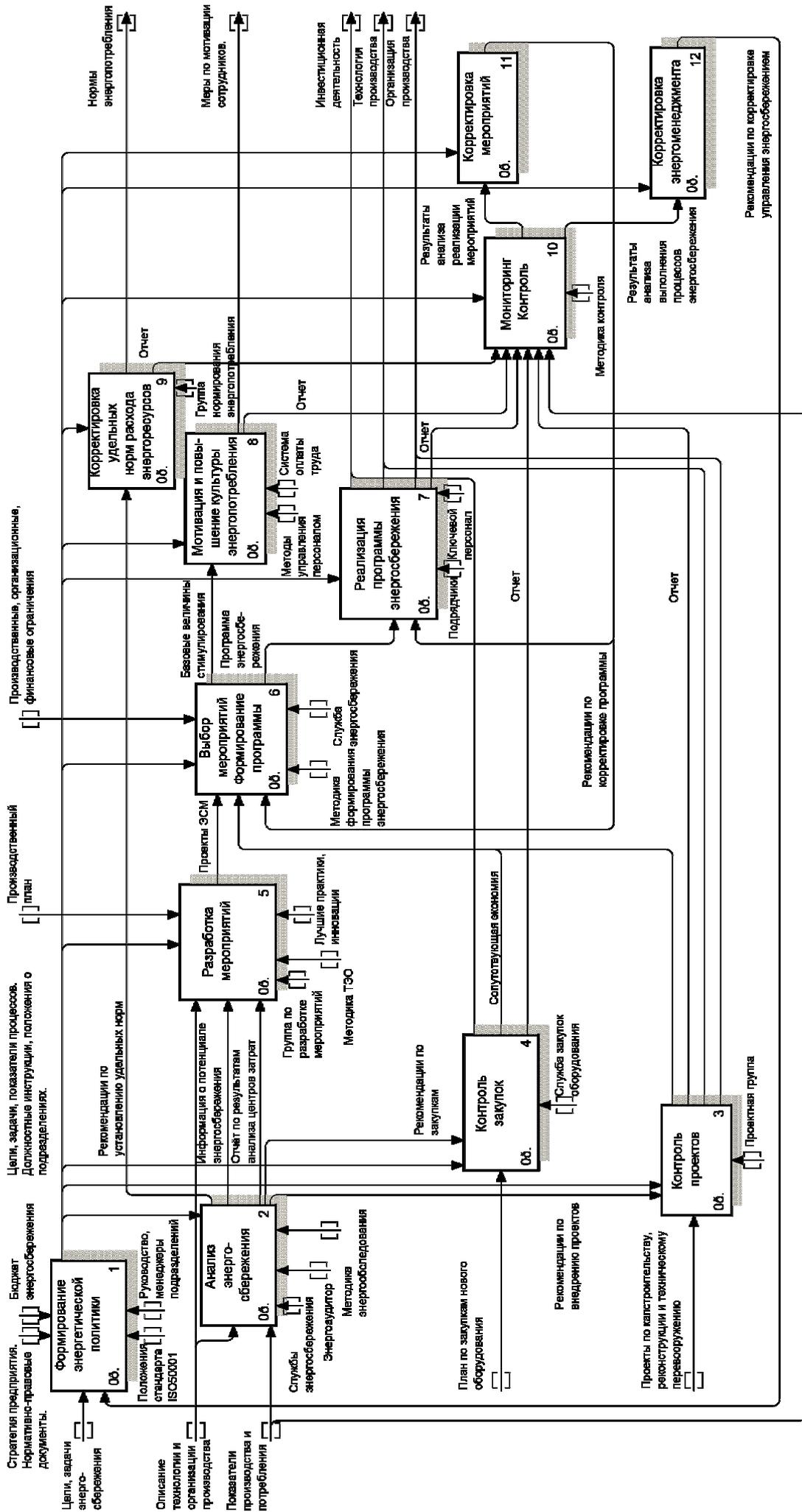


Рис. 5. Схема организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленном предприятии в нотации IDEFO <sup>4</sup>

<sup>4</sup> IDEFO — методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов.

Результатом построения системы управления на основе бизнес-процессов и ее оптимизации должно стать обоснование существующей или разработка новой структуры управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях.

Экономический эффект от внедрения организационного механизма управления энергосбережением на предприятиях АО «СУЭК-Красноярск» за три года реализации программы энергосбережения оценивается в 50 млн руб.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации в результате выполненных исследований предложено новое решение актуальной научно-квалификационной задачи по разработке методического обеспечения для формирования организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях, имеющей важное значение для повышения энергетической эффективности горного производства.

Основные научные и практические результаты работы, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Проанализировано состояние вопроса энергосбережения и повышения энергоэффективности на горнопромышленных предприятиях, выявлены сдерживающие факторы и предложены направления совершенствования организации и управления энергосбережением.

2. Предложен механизм формирования программ энергосбережения на горнопромышленных предприятиях на основе комплексного подхода и оптимизации затрат на энергетические обследования и реализацию мероприятий.

3. Разработаны экономико-математические модели и алгоритмы формирования планов оптимизации инвестиций в энергосбережение.

4. Проведены исследования влияния факторов человеческого капитала на мотивацию энергосбережения для различных групп персонала горнопромышленных предприятий и сформулированы предложения по ее повышению.

5. Уточнено содержание фактора риска при внедрении энергосберегающих проектов, предложены методы его оценки и определены величины рисковых надбавок к ставке дисконта.

6. Предложена методика расчета показателей экономической эффективности энергосберегающих проектов с учетом факторов риска и мотивации.

7. Разработано методическое обеспечение для формирования организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях на основе проектно-процессного подхода и методологии функционального моделирования.

8. Расчётный экономический эффект от внедрения организационного механизма управления энергосбережением на предприятиях АО «СУЭК-Красноярск» за три года реализации программы энергосбережения оценивается в 50 млн руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

**Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:**

1. Карпенко М.С. К вопросу оценки и повышения уровня мотивации энергосбережения // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – №1. – С.10-13.

2. Рожков А.А., Карпенко М.С. Методические подходы к формированию организационно-экономического механизма энергосбережения на предприятиях угольной отрасли // Уголь. – 2014. – №7. – С. 52-56.

3. Рожков А.А., Карпенко М.С. Разработка экономико-математических моделей и алгоритмов формирования оптимальных планов инвестиций в энергосбережение на горных и промышленных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – №8. – С. 292-298.

4. Карпенко М.С. Учет факторов риска и неопределенности при реализации энергосберегающих проектов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – №6. – С. 13-16.

5. Рожков А.А., Карпенко М.С. Экономико-математические модели и алгоритмы оптимизации финансовых затрат при управлении энергосберегающими инновациями на горнопромышленных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №6. – С. 307-313.

6. Рожков А.А., Карпенко М.С. Управление энергосбережением на углепромышленных предприятиях на основе проектно-процессного подхода // Уголь. – 2015. – №10. – С. 54-59.

7. Мельник В.В., Карпенко М.С. Совершенствование методологии формирования программ энергосбережения на горнопромышленных предприятиях // Актуальные аспекты организации энергосбережения на горных предприятиях. Отдельные статьи: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – №3 (специальный выпуск 10). – С. 3-8.

8. Мельник В.В., Карпенко М.С. Оценка влияния факторов человеческого капитала для различных категорий персонала горнопромышленных предприятий на мотивацию энергосбережения // Актуальные аспекты организации энергосбережения на горных предприятиях. Отдельные статьи: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – №3 (специальный выпуск 10). – С. 9-14.

### **Статьи в других изданиях:**

9. Рожков А.А., Карпенко М.С. Проектно-процессное управление энергосберегающими инновациями на горнопромышленных предприятиях // Вопросы современной экономики и менеджмента: свежий взгляд и новые решения / Сб. науч. тр. по итогам международной науч.-практ. конф. – Екатеринбург: 2015. – №2. – С. 34-36.

10. Мельник В.В., Карпенко М.С. Организационный механизм управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях // Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения / Сб. науч. тр. по итогам международной науч.-практ. конф. – Екатеринбург: 2016. – №3. – С. 122-125.

**Личный вклад** автора в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в следующем:

[2], [3], [5], [7] – проведение аналитического обзора, разработка математических моделей и алгоритмов, формулировка выводов;

[6], [9], [10] – обоснование направлений и методов исследования, построение моделей, формулировка выводов;

[8] – разработка основных теоретических положений, проведение расчетов, обработка результатов, формулировка выводов.