

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ПРОГРАММ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ\*****Александр Николаевич МЕЛЬНИК<sup>а</sup>, Кирилл Андреевич ЕРМОЛАЕВ<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой инноваций и инвестиций, Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), Казань, Российская Федерация  
amelnik21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8953-1534>  
SPIN-код: 2333-0212

<sup>б</sup> кандидат экономических наук, доцент кафедры инноваций и инвестиций, Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), Казань, Российская Федерация  
ermolaev.kirill.a@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5223-5088>  
SPIN-код: 9240-8954

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 26.11.2018  
Получена в доработанном виде 12.12.2018  
Одобрена 24.12.2018  
Доступна онлайн 28.02.2019

УДК 330.341.1:338.26

JEL: L20, O21, O32

**Ключевые слова:**

инновационное развитие,  
повышение  
энергоэффективности,  
управление программой,  
оптимизация

**Аннотация**

**Предмет.** Энергосбережение и повышение энергоэффективности на предприятиях.  
**Цели.** Разработать методические основы построения оптимизационного подхода к формированию программ энергосбережения и повышения энергоэффективности на российских предприятиях в современных условиях развития при различных вариантах их позиционирования в системе управленческих приоритетов предприятия.

**Методология.** В основу проведения исследования была положена выдвинутая нами гипотеза о том, что сложившиеся механизмы управления энергосбережением и повышением энергоэффективности предприятий далеко не в полной мере используют потенциал инновационной деятельности предприятия для достижения стратегических результатов. В качестве одного из возможных направлений повышения эффективности принятия управленческих решений была предложена разработка оптимизационного подхода. Для его практической апробации был применен метод Гомори, используемый для нахождения целочисленных решений в задачах линейного программирования.

**Результаты.** Разработан алгоритм построения оптимизационного подхода к формированию программ энергосбережения и повышения энергоэффективности на российских предприятиях в современных условиях. Представлены математические постановки задачи оптимизации набора программных мероприятий при различных вариантах позиционирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе управленческих приоритетов предприятия. Проведена экспериментальная апробация разработанного оптимизационного подхода применительно к условиям функционирования машиностроительного предприятия.

**Выводы.** Разработанный оптимизационный подход может быть использован при принятии управленческих решений, ориентированных на повышение конкурентоспособности отечественных предприятий, на основе реализации концепции позиционирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе управленческих приоритетов предприятия.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Мельник А.Н., Ермолаев К.А. Оптимизационный подход к построению программ энергосбережения и повышения энергоэффективности на предприятиях // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 200 – 216.  
<https://doi.org/10.24891/ea.18.2.200>

## Введение

Важнейшим условием инновационной модернизации российской экономики является развитие таких направлений науки, техники и технологий, которые могут позволить добиться конкурентного преимущества в мировом экономическом пространстве. Особое место среди них отводится энергосбережению и повышению энергоэффективности<sup>1</sup>. Системообразующий характер энергосбережения и повышения энергоэффективности по отношению к другим приоритетам развития страны может рассматриваться в качестве важнейшего фактора активизации технологического развития не только в топливно-энергетическом комплексе, но и в других отраслях промышленного производства, оказывая тем самым значительное влияние на повышение конкурентоспособности экономики [1–3].

Вместе с тем вопросы инновационного развития и повышения энергоэффективности до настоящего времени решаются изолированно друг от друга в рамках двух самостоятельно функционирующих структур управления, которые формируют самостоятельные стратегические документы и независимо друг от друга отвечают за результаты выполнения принятых стратегий и программ развития. Такая ситуация сохраняется не только на уровне государственного управления [4, 5], но и на уровне отдельных предприятий [6, 7]. В ранее проведенных нами исследованиях были проанализированы причины сложившейся ситуации и предложены различные направления решения этой проблемы. В частности, влияние процессов энергосбережения и повышения энергоэффективности на инновационное развитие предприятия было отражено в работах [8, 9]. А обратное влияние рассматриваемых процессов было доказано на примере функционирования предприятий

регионального промышленного комплекса [10]. Все это позволило на основе проведения экспериментальных расчетов обосновать эффект взаимного влияния энергосбережения, повышения энергоэффективности и инновационного развития, что значительно расширяет научные представления о роли энергоэффективности в развитии конкурентоспособности предприятий [8].

## Метод исследования

Существующая нормативно-правовая база в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности устанавливает требования к построению программ и к формам отчетности о ходе их реализации, определяет методику расчета значений целевых показателей в сфере энергосбережения, дает перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, устанавливает важнейшие требования к проведению энергетического обследования<sup>2</sup> и т.д. Однако в ней не содержатся методические указания по адаптации программы энергосбережения и повышения энергоэффективности на предприятиях к специфике их функционирования и к особенностям сложившейся структуры управления. До настоящего времени отсутствует единая методическая основа по выстраиванию системы взаимосвязанных целевых индикаторов в сфере энергосбережения, повышения энергоэффективности и инновационного развития<sup>3</sup> [11].

Принимая во внимание сложившуюся ситуацию, в рамках выполнения исследования мы исходили из выдвинутой гипотезы о том, что сложившиеся механизмы управления энергосбережением и повышением энергоэффективности предприятий далеко не в полной мере используют потенциал их инновационной деятельности для достижения

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-18-10227).

<sup>2</sup> Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 07.07.2011 № 899.

<sup>3</sup> Нормативно-правовая документация в области энергоэффективности.

URL: <http://gisee.ru/budget/articles/documentation/>

<sup>3</sup> Melnik A.N., Ermolaev K.A. Investigation of a Reciprocal Influence of Innovative Development Processes and Energy Efficiency Enhancement in Sectors of the Russian Economy. URL: [https://repository.kpfu.ru/?p\\_id=157258](https://repository.kpfu.ru/?p_id=157258)

стратегических результатов. Такое положение является важнейшей проблемой, существенным образом ограничивающей возможности дальнейшего развития. Для ее решения были сформулированы две задачи. Во-первых, разработать оптимизационный подход к построению программ энергосбережения и повышения энергоэффективности при различных вариантах позиционирования в условиях инновационной модернизации предприятия. Во-вторых, провести его апробацию для подтверждения возможности практического использования при решении прикладных задач развития предприятий.

При решении первой задачи был проанализирован стандартный процесс программно-целевого планирования на предприятиях применительно к исследуемой проблеме. В результате было выявлено, что его применение не в полной мере учитывает возможную взаимосвязь энергосбережения и повышения энергоэффективности с другими приоритетами инновационного развития предприятия при формировании состава программных мероприятий. При этом недостаточно внимания уделяется формированию организационных условий, необходимых для обеспечения благоприятной среды на предприятии и способствующих успешному достижению поставленных программных целей и задач. Именно эти возможности повышения эффективности принятия управленческих решений включены в состав предложенного нами оптимизационного подхода к построению программ энергосбережения и повышения энергоэффективности.

В качестве объекта для проведения исследования при решении второй задачи было выбрано одно из машиностроительных предприятий по производству станков и оборудования. Исследование влияния различных вариантов компоновки взаимосвязанных проектов для достижения целей программы энергосбережения и повышения энергоэффективности на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях управления предприятием было

проведено с использованием сценарного моделирования.

### **Оптимизационный подход к разработке программы**

Оптимизационный характер разрабатываемого подхода к управлению программой мероприятий в рассматриваемой сфере деятельности предполагает использование широкого круга различных способов оптимизации принимаемых управленческих решений и предусматривает максимальное использование потенциала энергоэффективных инноваций для достижения поставленных целей стратегического развития предприятия. Это предопределяет необходимость анализа множества организационных, экономических, социально-психологических и иных факторов, которые могут повлиять на разрабатываемую программу и поэтому должны учитываться в процессе принятия управленческих решений. В результате проведенного исследования логика выбора и принятия решений при управлении энергосбережением и повышением энергоэффективности в условиях инновационного развития была систематизирована в результате введения в состав оптимизационного подхода трех взаимосвязанных методических аспектов процесса принятия управленческих решений:

- принципов управления энергосбережением и повышением энергоэффективности на предприятии в условиях его инновационного развития;
- требований к использованию программно-целевого управления на предприятии;
- алгоритма формирования и оптимизации программы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятия в условиях его инновационного развития.

В качестве важнейших принципов формирования оптимизационного подхода выступают высокая степень взаимной диффузии управленческих процессов энергосбережения и повышения энергоэффективности и процессов инновационного развития, а также активное

участие руководства предприятия в процессах управления процессами энергосбережения и энергоэффективности. Соблюдение указанных принципов будет способствовать повышению эффективности системы управления предприятием за счет глубокой синхронизации рассматриваемых процессов энергетического и инновационного менеджмента, концентрации усилий и мобилизации ресурсных возможностей предприятия [11, 12].

Сложившиеся подходы к управлению энергосбережением и повышением энергоэффективности промышленного предприятия базируются, как правило, на типовых решениях, определяемых стандартами управления программами P2M и PMI [13]. Однако их адаптация применительно к исследуемой проблеме потребовала расширения требований к построению оптимизационного подхода. Они были объединены в следующие две группы.

Первая группа требований к разрабатываемому подходу связана с инновационным характером мероприятий, которые должны быть сориентированы на достижение стратегических целей развития предприятия. В соответствии с этими требованиями, во-первых, при планировании, реализации и контроле эффективности мероприятий в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности следует учитывать их место и роль в системе приоритетов инновационного развития предприятия; во-вторых, в качестве целевых индикаторов программы наряду с традиционными показателями эффективности использования энергетических ресурсов должны использоваться показатели, характеризующие увеличение стоимости предприятия, повышение его конкурентоспособности, выход на новые рынки; в-третьих, должна быть отражена возможная взаимосвязь разрабатываемой программы с другими программами развития предприятия, включая, например, производственную программу, программу модернизации и реконструкции предприятия и т.д.

Вторая группа требований к разрабатываемому подходу связана с технологическими направлениями инновационного развития предприятия, которые зависят от достижений научно-технического прогресса в сфере его деятельности. Определение этих требований зависит от специфики деятельности предприятия и выполняется с учетом, во-первых, максимального использования возможностей научно-технической и коммерческой кооперации с другими участниками рынка для восполнения недостающих компетенций предприятия, с одной стороны, и надежной защиты результатов интеллектуальной деятельности предприятия с учетом высоких рисков опережающего проведения конкурентами научных исследований и опытно-конструкторских работ по рассматриваемым технологическим направлениям инновационного развития предприятия, с другой стороны [14, 15]; во-вторых, потенциальной возможности использования механизмов поддержки национальной инновационной инфраструктуры и востребованности рассматриваемых предприятием технологических направлений с точки зрения государственных приоритетов инновационной модернизации российской экономики [16, 17]; в-третьих, имеющегося потенциала предприятия по активизации экспортной деятельности и выходу на новые международные рынки, включая наличие соответствующего опыта и компетенций [18, 19].

Выполнение указанных требований позволит существенным образом расширить круг решаемых задач и рассматриваемых технологических направлений инновационного развития предприятия, которые помимо рационального использования энергетических ресурсов также позволяют повысить производительность труда, уменьшить влияние человеческого фактора при производстве продукции, качественно улучшить потребительские свойства производимой продукции, значительно уменьшить потоки производственных отходов

и существенно снизить негативное влияние на окружающую среду и т.д.

Сформированные принципы и разработанные требования были положены в основу алгоритма формирования и оптимизации программы энергосбережения и повышения энергоэффективности в условиях инновационного развития промышленного предприятия. Он содержит в себе четыре основных блока выполняемых работ (рис. 1). Первый блок включает проведение работ по оценке исходных условий разработки программы и определения целевой функции управления. Второй блок предполагает проведение оптимизации состава мероприятий программы на основе определения экстремума целевой функции управления. Третий блок предполагает проведение процедур согласования с другими программами развития предприятия. Четвертый блок определяет ресурсное обеспечение программы и организационные условия ее реализации. В отличие от существующих подходов, в том числе в сравнении с методами анализа промышленных энергетических систем, предложенный нами алгоритм включает:

- формирование состава разрабатываемых мероприятий программы на основе решения оптимизационной задачи отыскания экстремума целевой функции управления в рамках выбранного варианта позиционирования;
- использование показателей энергоэффективности не только в качестве основных критериев оценки прогрессивности инновационных мероприятий, но также и в качестве важнейшей составляющей системы показателей перспективного развития предприятия;
- определение организационных условий реализации программы, включая необходимость согласования с другими программами развития предприятия.

Первый блок включает проведение позиционирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в условиях

инновационного развития, определение целевой функции управления и выбор критериев формирования программы в соответствии с проведенным позиционированием. В основе решения указанных задач лежит проведение исследовательской работы по выявлению целевых установок менеджмента предприятия и определению приоритета энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе стратегического управления предприятием. Принятое по результатам этой работы осознанное решение высшего руководства об изменении системы управленческих приоритетов позволяет сформулировать цели программы и определить возможный вклад энергосбережения и повышения энергоэффективности в инновационное развитие предприятия [8, 12]. Особенности постановки решаемой проблемы при различных вариантах позиционирования получают свое отражение в целевой функции управления. Такой подход позволяет учесть различные сценарии организационного поведения руководства предприятия при разработке прогнозов развития бизнеса на основе создания, внедрения и коммерциализации инноваций в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Второй блок предполагает выполнение комплекса работ по оптимизации состава мероприятий программы на основе определения экстремума целевой функции управления. В результате должен быть сформирован перечень программных мероприятий из всего множества возможных для реализации проектов. Для этого используется единая база сравнения всех программных мероприятий. Причем обязательным условием является использование единой методики проведения расчетов.

Третий блок включает проведение процедур согласования с другими программами развития предприятия и сориентирован на исследование возможной взаимосвязи для выявления синергетических эффектов разрабатываемой программы с другими

программами развития предприятия, включая, например, производственную программу, программу инновационного развития и ряд других. Следует отметить, что в результате проведения работ может быть выявлена необходимость, с одной стороны, корректировки состава мероприятий разрабатываемой программы, а с другой стороны, внесения изменений в рассмотренные программы развития предприятия.

Четвертый блок раскрывает ресурсное обеспечение программы и предполагает создание соответствующих организационных условий для ее реализации. При необходимости разрабатывается комплекс организационных механизмов сопровождения и поддержки реализации программы, включая меры по снижению транзакционных издержек деятельности предприятия и преодолению организационного сопротивления изменениям. Все эти меры, как правило, направлены на создание режима наибольшего благоприятствования реализации программы.

#### **Экспериментальная апробация разработанного подхода**

Экспериментальная апробация разработанного подхода была проведена применительно к трем рассматриваемым нами вариантам позиционирования, определяющим место процессов энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе управления приоритетами развития предприятия. В соответствии с содержанием работ по первому блоку разработанного нами алгоритма была определена цель формирования программы и разработана математическая постановка задачи для каждого варианта позиционирования энергосбережения и повышения энергоэффективности.

В качестве целевого приоритета реализации программы применительно к первому варианту позиционирования было определено максимальное повышение эффективности использования энергетических ресурсов в процессе осуществления производственной деятельности. Ограничения касаются лимита

выделенных средств и необходимости реализации всех мероприятий, связанных с улучшением условий труда работников. В этом случае постановка задачи может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} f(\delta) = \sum_{i=1}^N E_i X_i \rightarrow \max \\ O \Leftrightarrow O_1 \wedge O_2 \\ O_1 : i = \sum_{i=1}^N S_i X_i \leq L \\ O_2 : X_i = 1, i \in B \\ X_1, X_2, X_3, \dots, X_N \in \{0; 1\} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $f(\delta)$  – целевая функция;

$N$  – количество проектов во множестве исходных мероприятий, которые могут быть реализованы на предприятии;

$E_i$  – экономия в результате реализации  $i$ -го проекта, руб.;

$X$  – вектор управляемых переменных, описывающий итоговый состав программы;

$X_i$  – принимает значение «1» если включаем  $i$ -й проект в программу, «0» – в противном случае;

$O$  – система ограничений;

$S_i$  – объем инвестиций в  $i$ -й проект, руб.;

$L$  – лимит выделенных средств, руб.;

$B$  – множество мероприятий, которые направлены на улучшение условий труда работников предприятия.

При втором варианте энергосбережение и повышение энергоэффективности рассматриваются в качестве направления вложения инвестиций. Критерием отбора является возврат вложенных инвестиций при обеспечении наименьшего срока окупаемости проектов. В этом случае постановка задачи может быть сформулирована так:

$$\begin{cases} f(\delta) = \sum_{i=1}^N NPV_i X_i \rightarrow \max \\ O \Leftrightarrow O_1 \\ O_1 : PB_i \leq 5; i \in \{1, \dots, N\} \\ X_1, X_2, X_3, \dots, X_N \in \{0; 1\} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $NPV_i$  – чистый дисконтированный доход  $i$ -го проекта, руб.;

$PB_i$  – срок окупаемости  $i$ -го проекта, лет.

При третьем варианте позиционирования энергосбережение и повышение энергоэффективности рассматриваются с позиции достижения стратегических целей предприятия. В этом случае математическая постановка задачи может быть представлена следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(\delta) = \sum_{i=1}^N F_i X_i \rightarrow \max \\ O \Leftrightarrow O_1 \vee O_2 \vee O_3 \\ O_1 : X_i = 1 \forall i : F_i \geq 80 \\ O_2 : X_i = 1, i \in B \\ O_3 : PB_i \leq 7; i \in \{1, \dots, N\} \\ X_1, X_2, X_3, \dots, X_N \in \{0; 1\} \end{array} \right. , \quad (3)$$

где  $F_i$  – степень влияния проекта на достижение стратегических целей предприятия, %.

Далее при проведении работ в рамках второго блока разработанного подхода было рассмотрено исходное множество возможных проектов. Оно было сформировано исходя из предложений, поступивших от производственных цехов, и на основе мероприятий, разработанных по результатам проведения энергетического аудита (табл. 1). Для каждого мероприятия были определены четыре параметра. В их число вошли инвестиционные затраты, снижение энергопотребления предприятия в стоимостном выражении в результате реализации мероприятия, влияние мероприятий на создание благоприятных условий труда работников предприятия, а также влияние на достижение стратегических целей развития предприятия.

Для решения задач (1)–(3), которые могут быть отнесены к задачам линейного программирования, был использован метод Гомори для нахождения целочисленного решения. В результате проведенных расчетов было получено множество проектов, претендующих на включение в итоговую

программу энергосбережения и повышения энергоэффективности (табл. 2).

Как следует из анализа полученных результатов, набор программных мероприятий в результате проведенной оптимизации различается по каждому из трех вариантов позиционирования. В результате проведенной оптимизации состава мероприятий программы по первому варианту позиционирования было отобрано 18 из 23 предложенных мероприятий. Объем инвестиций для их реализации составит 7,59 млн руб. Представленный набор программных мероприятий позволит получить экономию 0,805 млн руб. в год. Сокращение расходов на энергоресурсы составит 4,8%.

В результате проведенной оптимизации состава мероприятий программы по второму варианту позиционирования было отобрано 8 из 23 предложенных мероприятий. Объем инвестиций для их реализации составит 1,19 млн руб. Величина NPV за пять лет при ставке дисконтирования 20% составит 0,93 млн руб. Расходы на энергоресурсы будут снижены на 4,2%.

И, наконец, в результате проведенной оптимизации состава мероприятий программы по третьему варианту позиционирования было отобрано 16 из 23 предложенных мероприятий. Объем инвестиций для их реализации составит 26,8 млн руб. Ожидаемая экономия составит почти 1,4 млн руб. в год, а сокращение расходов на энергоресурсы – 8,1%. Основные риски реализации программы для трех рассмотренных вариантов позиционирования представлены на рис. 2. Для их нивелирования могут использоваться стандартные методы и технологии снижения отрицательного воздействия рисков на проект [8].

Выполнение работ по третьему блоку разработанного подхода предполагает проведение согласования разработанной программы с другими программами развития и оценку ее влияния на достижение стратегических целей предприятия. В качестве примера практической реализации разработанного подхода было рассмотрено

влияние программы энергосбережения и повышения энергоэффективности, сформулированной по третьему варианту позиционирования, и производственной программы предприятия. Для этого были исследованы два возможных сценария изменения объема производства предприятия. По первому сценарию была проведена оценка динамики изменения объема производимой продукции при реализации мероприятий разработанной программы. В результате проведенных расчетов было установлено, что при реализации этого сценария предприятие сможет увеличить долю на занимаемом сегменте рынка с 20% в 2018 г. до 28% к 2021 г. Второй сценарий основывается на отсутствии взаимосвязи между рассматриваемыми программами развития предприятия и на использовании в расчетах информации о существующих тенденциях изменения объема производства промышленной продукции. В этом случае доля занимаемого предприятием сегмента рынка изменится значительно скромнее – с 20% в 2018 г. до 24% в 2021 г. Таким образом, результаты проведенных расчетов подтвердили выдвинутое нами предположение о значительном влиянии разрабатываемых программ энергосбережения и повышения энергоэффективности на другие программы развития, включая производственную программу предприятия. Разработка механизмов их согласования позволит скоординировать деятельность различных структурных подразделений предприятия по достижению поставленных стратегических целей.

Результаты проведенных расчетов используются при проведении работ по четвертому блоку разработанного подхода, во-первых, для определения потребности в ресурсном обеспечении программы и, во-вторых, для выявления организационных условий, необходимых для реализации сформированной программы. Для согласования процессов управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности, с одной стороны, и процессов управления инновационным развитием, с другой стороны, особое внимание необходимо уделить

установлению между ними взаимосвязи по следующим направлениям:

- через систему целей и их декомпозицию между различными подразделениями предприятия;
- через распределение задач и функций между соответствующими подразделениями;
- через распределение ответственности, прав и полномочий внутри организации;
- через используемые потоки информации и сложившийся документооборот.

Представленные направления проведения организационных изменений на предприятии должны найти адекватное отражение в системе его управления и обеспечить создание благоприятных условий для стратегического развития. Все это является необходимым условием доведения предложенного оптимизационного подхода до практического внедрения на предприятиях различной отраслевой принадлежности и разных сфер деятельности.

### **Заключение**

Разработанный оптимизационный подход к формированию программы энергосбережения и повышения энергоэффективности промышленного предприятия в условиях его инновационного развития позволяет выбрать наилучший вариант компоновки программы из всей совокупности существующих альтернатив для достижения поставленных руководством предприятия целей. При этом обеспечивается возможность гибкой настройки процесса разработки программы применительно к специфическим условиям конкретного предприятия с позиции реализации стратегических направлений его развития, тактических целей или оперативных задач осуществляемой деятельности. Более того, сравнительная оценка различных вариантов формирования программы может быть использована для принятия осознанного решения об изменении места и роли энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе управленческих приоритетов предприятия. Все это позволяет

более полно реализовать потенциал энергосбережения и повышения энергоэффективности в результате их согласования с процессами инновационного развития предприятия, повышая тем самым эффективность процессов принятия управленческих решений в рассматриваемой сфере деятельности. Результаты апробации разработанного оптимизационного подхода позволили сделать вывод о его практической значимости для принятия управленческих решений на предприятии. Важнейшим направлением проведения дальнейших

исследований является разработка инструментальных средств, ориентированных на решение прикладных задач управления процессами энергосбережения и повышения энергоэффективности с позиции их тесной интеграции с процессами управления инновационной деятельностью. Это позволит рассматривать процессы энергосбережения и повышения энергоэффективности в качестве важнейшего фактора повышения конкурентоспособности производимой продукции в условиях перехода мировой экономики к новому технологическому укладу.

**Таблица 1**

**Сводный перечень поступивших предложений для включения в состав программы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятия**

**Table 1**

**A summary list of received proposals to be included in the program for energy saving and energy efficiency enhancement at the enterprise**

Номер проекта	Инвестиционные затраты, тыс. руб.	Снижение энергопотребления в стоимостном выражении, тыс. руб. в год	Влияние на создание благоприятных условий труда сотрудников	Влияние на стратегические цели
1	0	100	Слабое	Слабое
2	500	120	Сильное	Слабое
3	500	0	Сильное	Слабое
4	300	145	Слабое	Слабое
5	800	0	Сильное	Слабое
6	2 000	0	Сильное	Слабое
7	7 000	300	Слабое	Среднее
8	3 500	50	Слабое	Слабое
9	3 000	0	Слабое	Слабое
10	0	30	Слабое	Слабое
11	0	100	Слабое	Слабое
12	300	120	Слабое	Слабое
13	60	24	Слабое	Слабое
14	30	20	Слабое	Слабое
15	1 000	36	Слабое	Слабое
16	5 000	100	Слабое	Сильное
17	250	18	Слабое	Слабое
18	150	15	Сильное	Слабое
19	100	12	Слабое	Слабое
20	200	15	Слабое	Слабое
21	200	0	Сильное	Слабое
22	1 200	0	Сильное	Слабое
23	10 000	250	Слабое	Сильное

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 2****Итоговая компоновка программных мероприятий при различных вариантах позиционирования****Table 2****Final arrangement of program activities for different options of positioning**

Номер проекта	Состав программы по различным вариантам позиционирования		
	Первый вариант	Второй вариант	Третий вариант
1	+	+	+
2	+	+	+
3	+	-	+
4	+	+	+
5	+	-	+
6	+	-	+
7	-	-	+
8	-	-	-
9	-	-	-
10	+	+	+
11	+	+	+
12	+	+	+
13	+	+	+
14	+	+	+
15	+	-	-
16	-	-	+
17	+	-	-
18	+	-	+
19	+	-	-
20	+	-	-
21	+	-	+
22	+	-	-
23	-	-	+

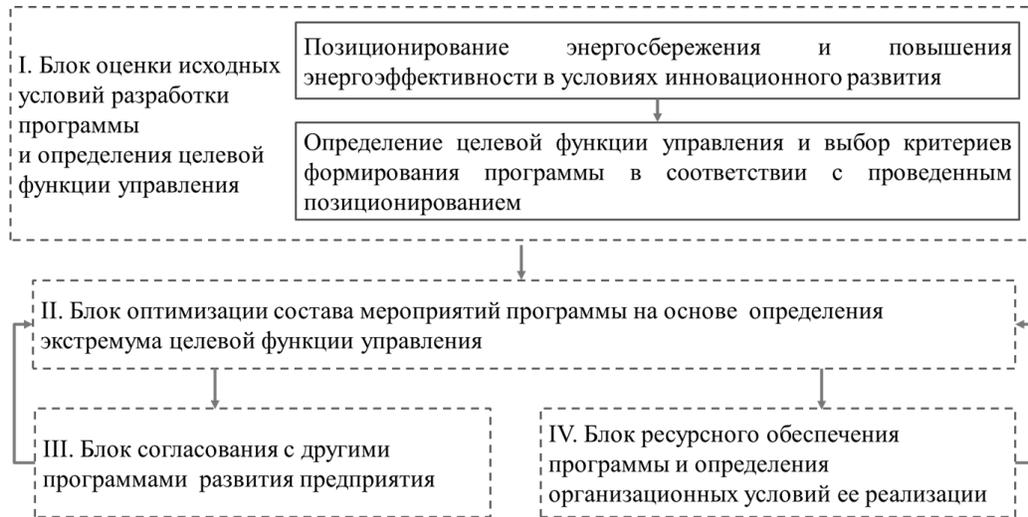
*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

**Рисунок 1**

**Принципиальная схема процесса формирования и оптимизации программы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятия в условиях его инновационного развития**

**Figure 1**

**A conceptual flow chart of the formation and optimization process of program for energy saving and energy efficiency enhancement at the enterprise under conditions of its innovative development**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Основные риски реализации программы энергосбережения и повышения энергоэффективности для трех рассмотренных вариантов позиционирования**

**Figure 2**

**Main risks inherent in program implementation for energy saving and energy efficiency for the three considered options of positioning**

	1-й вариант позиционирования	2-й вариант позиционирования	3-й вариант позиционирования
Общие	1. Низкая эффективность организации и управления процессом реализации мероприятий программы. 2. Недостаточная квалификация кадров, необходимых для эффективной реализации мероприятий программы		
Специфические	1. Сокращение или прекращение финансирования в силу низкой приоритетности программы для предприятия. 2. Сложность оценки реально получаемой экономии от реализации мероприятий	1. Решение только тех проблем энергоснабжения, которые позволят получить экономический эффект в кратко- и среднесрочной перспективе. 2. Недооценка экономического эффекта от мероприятий в долгосрочной перспективе	1. Недостаток профессиональных компетенций для реализации программы. 2. Увеличение нагрузки на высший менеджмент предприятия

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

## Список литературы

1. Кулигин А.П. Системный анализ интересов в сфере энергетической эффективности // Вестник УрФУ. Сер.: Экономика и управление. 2014. № 3. С. 55–64.  
URL: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/55080/1/vestnik\\_2014\\_3\\_006.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/55080/1/vestnik_2014_3_006.pdf)
2. Бездудная А.Г., Трейман М.Г. Экономическая оценка энергоэффективности на примере топливно-энергетического комплекса России // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4. С. 75–80.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskaya-otsenka-energoeffektivnosti-na-primere-toplivno-energeticheskogo-kompleksa-rossii>
3. Алутин А.П., Геращенко А.А., Каравайков В.М. Формирование управляющего воздействия в системе управления энергоэффективностью текстильного производства // Менеджмент в России и за рубежом. 2012. № 3. С. 52–60.
4. Белова Т.Д. Методика оценки энергоэффективности региональной экономики // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 3. С. 82–91.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-energoeffektivnosti-regionalnoy-ekonomiki>
5. Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Рост энергоэффективности как фактор социально-экономического развития региона (на примере Иркутской области) // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2017. Т. 3. № 2. С. 152–166.  
URL: [https://vestnik.utmn.ru/upload/iblock/ef0/152\\_166.pdf](https://vestnik.utmn.ru/upload/iblock/ef0/152_166.pdf)
6. Ратнер С.В., Нижегородцев Р.М. Барьеры энергоэффективности: эмпирическое исследование // Экономическая наука современной России. 2017. № 4. С. 103–117.  
URL: <https://www.ecr-journal.ru/jour/article/view/210>
7. Шилин В.А. Управление энергоэффективностью социально-экономической системы региона // Экономический анализ: теория и практика. 2011. № 2. С. 12–18.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-energoeffektivnostyu-sotsialno-ekonomicheskoy-sistemy-regiona>
8. Мельник А.Н., Садриев А.Р., Ермолаев К.А. и др. Активизация энергосбережения и повышения энергоэффективности в условиях инновационной модернизации российской экономики. Казань: Казанский федеральный университет, 2017. 268 с.
9. Мельник А.Н., Ермолаев К.А. Концептуальная модель формирования механизма активизации энергосбережения и повышения энергоэффективности российской экономики // Экономика и управление. 2016. № 12. С. 70–76.
10. Ермолаев К.А. Влияние процессов инновационного развития на повышение энергоэффективности функционирования регионального промышленного комплекса // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 12. С. 84–96.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-protsessov-innovatsionnogo-razvitiya-na-povyshenie-energoeffektivnosti-funktsionirovaniya-regionalnogo-promyshlennogo>
11. Melnik A., Ermolaev K. Study on the Processes of Energy Conservation and Efficient Energy Use in the Innovative Development Programs of Russian Companies. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, vol. 13, iss. 1, pp. 14–18.  
URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2018.14.18>

12. Melnik A.N., Ermolaev K.A., Antonova N.V. Stages in formalizing energy conservation and efficiency management in industrial enterprises. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2014, vol. 5, iss. 12, pp. 173–176. URL: <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n12p173>
13. Федулова Е.А., Ашмарова О.В. Совершенствование методики оценки применения программно-целевого подхода в информатизации общества // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15. Вып. 9. С. 1615–1631. URL: <https://doi.org/10.24891/re.15.9.1615>
14. Бучнев А. Инновационная и инвестиционная активность в возобновляемой энергетике // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 12. С. 55–65.
15. Гирева И.В. Анализ энергоэффективности хозяйствующего субъекта // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2012. № 10. С. 51–54. URL: <http://vestnik.sseu.ru/index.php?cnt=1&idv=185>
16. Сергеев П.А. Ресурсная политика как фактор устойчивого развития мировой энергетики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 12. С. 2–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursnaya-politika-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-mirovoy-energetiki>
17. Чайка Л.В. Задачи и методы анализа энергоэффективности экономики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 2. С. 117–126. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zadachi-i-metody-analiza-energoeffektivnosti-ekonomiki>
18. Тётушкин В.А. Анализ влияния санкций в сфере энергетики и проблем импортозамещения в РФ в условиях экономического кризиса // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 12. С. 94–110. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-sanktsiy-v-sfere-energetiki-i-problem-importozamescheniya-v-rf-v-usloviyah-ekonomicheskogo-krizisa>
19. Ануфриев В.П., Криворотов В.В., Калина А.В., Савельева А.И. Методические основы многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов // Вестник Удмуртского университета. Сер.: Экономика и право. 2012. № 2. С. 3–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osnovy-mnogokriterialnogo-otbora-prioritetnyh-energoeffektivnyh-proektov>

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## AN OPTIMIZATION APPROACH TO PROGRAM DEVELOPMENT FOR ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY ENHANCEMENT AT ENTERPRISES

Aleksandr N. MEL'NIK <sup>a,\*</sup>, Kirill A. ERMOLAEV <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Kazan (Volga Region) Federal University (KFU), Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation  
amelnik21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8953-1534>

<sup>b</sup> Kazan (Volga Region) Federal University (KFU), Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation  
ermolaev.kirill.a@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5223-5088>

\* Corresponding author

### Article history:

Received 26 November 2018  
Received in revised form  
12 December 2018  
Accepted 24 December 2018  
Available online  
28 February 2019

**JEL classification:** L20, O21,  
O32

**Keywords:** innovation-driven  
growth, energy efficiency,  
program management,  
optimization

### Abstract

**Subject** The article deals with the issues of energy saving and energy efficiency improvement at enterprises.

**Objectives** The focus is on preparing methodological bases for optimization approach to devising programs for energy saving and energy efficiency enhancement at Russian enterprises in modern conditions of development, considering various options of their positioning in the system of managerial priorities.

**Methods** The study rests on our own hypothesis that the existing mechanisms to manage the enterprise energy saving and energy efficiency do not fully exploit the potential of innovative activities to achieve strategic results. We offer an optimization approach as one of possible ways to increase the efficiency of decision making. For practical testing, we employ the Gomory method, which is used to find integer solutions in linear programming problems.

**Results** We developed an algorithm of building the optimization approach to devising programs for energy saving and energy efficiency at Russian enterprises under modern conditions. The paper presents mathematical statements of the problem of optimizing a set of actions at various options of energy saving and energy efficiency enhancement in the system of managerial priorities. We performed a trial testing of the developed optimization approach as applied to operating conditions of a machine-building enterprise.

**Conclusions** The developed optimization approach can be used in making managerial decisions aimed at increasing the competitiveness of domestic enterprises on the basis of the concept of positioning the energy saving and efficiency in the system of managerial priorities of the enterprise.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Mel'nik A.N., Ermolaev K.A. An Optimization Approach to Program Development for Energy Saving and Energy Efficiency Enhancement at Enterprises. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 2, pp. 200–216.  
<https://doi.org/10.24891/ea.18.2.200>

### Acknowledgments

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project № 16-18-10227.

### References

1. Kuligin A.P. [System analysis of interests in the field of energy efficiency]. *Vestnik UrFU. Ser.: Ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2014, no. 3, pp. 55–64.  
URL: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/55080/1/vestnik\\_2014\\_3\\_006.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/55080/1/vestnik_2014_3_006.pdf) (In Russ.)

2. Bezdudnaya A.G., Treiman M.G. [Economic evaluation of energy efficiency on the example of the fuel and energy complex of Russia]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of Saint-Petersburg State University of Economics*, 2018, no. 4, pp. 75–80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskaya-otsenka-energoeffektivnosti-na-primere-toplivno-energeticheskogo-kompleksa-rossii> (In Russ.)
3. Alutin A.P., Gerashchenko A.A., Karavaikov V.M. [Formation of control action in the energy efficiency management system of textile manufacture]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom = Management in Russia and Abroad*, 2012, no. 3, pp. 52–60. (In Russ.)
4. Belova T.D. [Methods of evaluating the energy efficiency of the regional economy]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2016, no. 3, pp. 82–91. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-energoeffektivnosti-regionalnoy-ekonomiki> (In Russ.)
5. Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. [The Increase in Energy Efficiency as a Factor of Socio-Economic Development of Region (On the Example of Irkutsk Region)]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya = Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research*, 2017, vol. 3, iss. 2, pp. 152–166. URL: [https://vestnik.utmn.ru/upload/iblock/ef0/152\\_166.pdf](https://vestnik.utmn.ru/upload/iblock/ef0/152_166.pdf) (In Russ.)
6. Ratner S.V., Nizhegorodtsev R.M. [Barriers to Energy Efficiency: An Empirical Study]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii = Economics of Contemporary Russia*, 2017, no. 4, pp. 103–117. URL: <https://www.ecr-journal.ru/jour/article/view/210> (In Russ.)
7. Shilin V.A. [Efficient energy management in regional socioeconomic systems]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2011, no. 2, pp. 12–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-energoeffektivnostyu-sotsialno-ekonomicheskoy-sistemy-regiona> (In Russ.)
8. Mel'nik A.N., Sadriev A.R., Ermolaev K.A. et al. *Aktivizatsiya energosberezheniya i povysheniya energoeffektivnosti v usloviyakh innovatsionnoi modernizatsii rossiiskoi ekonomiki* [Spurring the of energy saving and energy efficiency enhancement in the context of innovation modernization of the Russian economy]. Kazan, Kazan Federal University Publ., 2017, 268 p.
9. Mel'nik A.N., Ermolaev K.A. [Conceptual Model for the Formation of a Mechanism for Intensifying Energy Conservation and Increasing the Energy Efficiency of the Russian Economy]. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*, 2016, no. 12, pp. 70–76. (In Russ.)
10. Ermolaev K.A. [The impact of processes of innovative development on energy performance of regional industrial complex]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2016, no. 12, pp. 84–96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-protsssov-innovatsionnogo-razvitiya-na-povyshenie-energoeffektivnosti-funktsionirovaniya-regionalnogo-promyshlennogo> (In Russ.)
11. Melnik A., Ermolaev K. Study on the processes of energy conservation and efficient energy use in the innovative development programs of Russian companies. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, vol. 13, iss. 1, pp. 14–18. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2018.14.18>
12. Melnik A.N., Ermolaev K.A., Antonova N.V. Stages in Formalizing Energy Conservation and Efficiency Management in Industrial Enterprises. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2014, vol. 5, iss. 12, pp. 173–176. URL: <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n12p173>

13. Fedulova E.A., Ashmarova O.V. [Improving the methodology for assessing the application of the program-oriented approach in the informatization of society]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2017, vol. 15, iss. 9, pp. 1615–1631. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/re.15.9.1615>
14. Buchnev A. [Innovation and investment in renewable energy sector]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Theoretical and Practical Aspects of Management*, 2017, no. 12, pp. 55–65. (In Russ.)
15. Gireva I.V. [Analysis of energy efficiency of an economic entity]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Samara State University of Economics*, 2012, no. 10, pp. 51–54. URL: <http://vestnik.sseu.ru/index.php?cnt=1&idv=185> (In Russ.)
16. Sergeev P.A. [Resources policy as a world energy sustainable factor]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2011, no. 12, pp. 2–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursnaya-politika-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-mirovoy-energetiki> (In Russ.)
17. Chaika L.V. [Objectives and methods of analyzing energy efficiency in the economy]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 117–126. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zadachi-i-metody-analiza-energoeffektivnosti-ekonomiki> (In Russ.)
18. Tetushkin V.A. [Analyzing an impact of sanctions in energy and import substitution issues in the Russian Federation during the economic crisis]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, no. 12, pp. 94–110. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-sanktsiy-v-sfere-energetiki-i-problem-importozamescheniya-v-rf-v-usloviyah-ekonomicheskogo-krizisa> (In Russ.)
19. Anufriev V.P., Krivorotov V.V., Kalina A.V., Savel'eva A.I. [Methodological principles for the multi-objective selection of priority power efficient projects]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser.: Ekonomika i pravo = Bulletin of Udmurt Universit. Series: Economics and Law*, 2012, no. 2, pp. 3–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osnovy-mnogokriterialnogo-otboraprioritetnyh-energoeffektivnyh-proektov> (In Russ.)

### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.