

---

# ФАКТЫ, ОЦЕНКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 65.01.005

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА И НАУЧНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «SMART CITY»**

**Крупкин А.В., Городнова Н.В.**

Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
E-mail: a.v.krupkin@urfu.ru, n.v.gorodnova@urfu.ru

Развитие информационных технологий требует выработки эффективной системы управления городским пространством. Авторами статьи на основании имитационного моделирования устойчивого развития экономики обоснован новый подход к оценке эффективности Smart-проектов, разработаны алгоритмы оценки эффективности реализации проектов с применением нанотехнологии, а также принятых инновационных решений. Сделан вывод о том, что авторский инструментарий позволяет оценивать эффективность управленческих решений в рамках реализации концепции «Smart City».

*Ключевые слова:* управление, инновации, информационные технологии, нанотехнологии, управление, эффективность, Smart-подход.

## **SUBSTANTIATION OF METHODOLOGICAL APPROACH AND SCIENTIFIC TOOLS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF «SMART CITY»**

**Krupkin A.V., Gorodnova N.V.**

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin  
E-mail: a.v.krupkin@urfu.ru, n.v.gorodnova@urfu.ru

The development of information technologies requires the development of an effective system of management of urban space. The authors on the basis of simulation modeling of sustainable development of the economy justified a new approach to evaluating the effectiveness of Smart projects, developed algorithms to assess the effectiveness of implementation projects with the use of nanotechnologies, adopted by innovative solutions. It is concluded that the authoring tools used to evaluate the effectiveness of management decisions in the framework of the implementation of the concept of «Smart City».

*Keywords:* management, innovation, information technology, nanotechnology, management, efficiency, Smart approach.

Переход западных стран к четвертому технологическому укладу развития общественных отношений требует построения нового общества, базирующегося на принципах законности, применении высоких морально-этических норм, инновационных подходах к системе управления, а также IT- и Smart-технологий. В современных условиях общество сталкивается с таким объемом информации, для обработки которого требуются новые инновационные подходы и методики быстрого освоения новых знаний. При этом приоритетным направлением государственной экономической политики России должно стать повышение качества жизни общества. Процесс планирования устойчивого экономического развития требует сегодня и новых теоретических научных подходов, методологии и технологии. В этой связи необходимо разработать новый эффективный научный управленческий инструментарий оценки эффективности управления в целях максимально точного прогнозирования возможных негативных рисков событий и их минимизации, а также внедрения всеобъемлющей системы управления городским пространством, позволяющей, как показал мировой опыт, достичь экономии средств города до 60 % и получившей название «Smart City» [2], эффективное внедрение которой невозможно без реализации комплекса инновационно-индустриальных проектов.

Сегодня концепция «Smart City» успешно внедрена в таких странах, как Сингапур, США, Канада, Япония, Испания, Франция, Марокко, Нидерланды, Финляндия, Китай, ОАЭ, Южная Корея, Казахстан. В России концепция «Умного города» начала внедряться в проектах Greenfield (Республика Татарстан, проекты «Иннополис», «SmartCityKazan» – строительство нового района в г. Казань, проект «Сколково», Московская область, новый город «Усть-Луга», Ленинградская область, кластеры олимпийских объектов, г. Сочи, Краснодарский край, микрорайон «Smart City», г. Ульяновск, что стало основой процесса принятия эффективных управленческих решений по созданию комфортных условий для жителей крупных российских городов.

К существенным проблемам, создающим препятствия для широкого применения Smart-технологий в Российской Федерации, следует отнести отсутствие инвестиций в социальный и человеческий капитал, разрыв в социально-экономическом развитии регионов России, отсутствие необходимого объема ресурсов, наличие инфраструктурных проблем, возникновение недобросовестной конкуренции и борьбы компаний за свой особый сегмент нового рынка, выявление проблем взаимодействия девелоперов, муниципальных органов власти, законодательных структур, застройщиков и иных специалистов, а также серьезные экологические проблемы.

Концепция «Smart City» должна стать составной частью инновационной стратегии нашего государства. Это в свою очередь требует разработки, успешной реализации и оценки взаимовлияния целого комплекса приоритетных инвестиционных проектов, нацеленных на применение Smart-технологий. Вследствие чего ожидается существенный синергетический эффект во всех сферах жизни города и городской инфраструктуры, в том числе повышение качества жизни и уровень безопасности горожан, строительство образовательных и социальных центров, решение экологических проблем.

Оценка эффективности управления инновационными проектами может быть осуществлена методом *прогнозирования*, при котором определяется цель получения конкретных показателей эффективности управления проектом до наступления определенного временного периода и до проведения хозяйственной операции.

Такая цель может быть достигнута методом *экономико-математического (имитационного) моделирования* системы управления проектом, а также проведением специальных и комплексных расчетов. В результате может быть получена система показателей внешней и внутренней эффективности, по которой возможно оценить эффективность системы управления проектом в целом, а также осуществить сопоставительную оценку различных вариантов систем управления проектом, в том числе инновационным проектом с государственным участием [10].

Наиболее надежным методом получения сравнительных оценок различных вариантов системы управления проектом является *математическое (ситуационное) моделирование*, основанное на ретроспективном анализе результатов деятельности субъектов-участников проекта, а также финансового результата проекта в целом. В целях нейтрализации влияния иных факторов на эффективность управления проектом предполагается, что все параметры и характеристики (кроме параметров, непосредственно характеризующих систему управления проектом) остаются неизменными. Ситуационное моделирование системы управления как способ проведения сравнительных оценок различных вариантов системы управления проектом по множеству показателей и получения единого интегрального показателя эффективности проекта является наиболее экономичным. Оно осуществляется с помощью имитационных моделей, в которых комплексно учтено влияние различных параметров, характеризующих систему управления инновационного проекта, а также управляемость информационными потоками различных уровней иерархии в системе управления проектом.

До настоящего времени ни за рубежом, ни в России не сформулировано четкой дефиниции понятия «Smart City». Перевод данного термина означает «Умный город», что подразумевает, прежде всего, развитие городов в условиях устойчивой экономики, а значит и непосредственно город должен быть устойчивым, конкурентоспособным, эффективным (в том числе и энергоэффективным), а также удобным для жизни населения. К основным характеристикам концепции «Умного города» относятся:

1. Развитие высокоэффективной цифровой экономики.
2. Разработка и внедрение системы эффективного менеджмента.
3. Обеспечение высокого уровня жизни населения.
4. Повышение мобильности и адаптивности горожан к быстроменяющимся внешним условиям и факторам.
5. Наличие активного участия населения в жизни и функционировании города.
6. Разработка мероприятий в целях сохранения окружающей среды.

Общепризнанное определение дефиниции «устойчивое развитие» было дано в 1987 г. в Докладе Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды. В частности, в нем отмечается, что удовлетворение потребностей

сегодняшних потребителей не снижает возможности будущих поколений удовлетворять собственные потребности.

Единая система «Smart City» представляет собой взаимосвязь следующих основных элементов:

1. Наличие «Умной экономики» – это развитие цифровой экономики, которая представляет собой соединение информационных технологий и предпринимательской среды, адаптирующейся к быстроменяющимся внешним и внутренним факторам функционирования, гибких мобильных рынков труда и т.п.

2. Создание «Умного человеческого капитала» – это формирование мобильного рынка труда, подготовка высококвалифицированных специалистов, обеспечивающих фундаментальное сращивание инфо-, нано-, био-, когнитивных и социогуманитарных технологий при посредничестве основного и базового элемента – цифровых систем и устройств.

3. Развитие «Умного (электронного) правительства», вовлекающего на-родонаселение в процесс принятия стратегических планов развития города.

4. Наличие и развитие системы «Умная безопасная транспортная и информационная инфраструктура», повышающая доступность города в целом и входящих в него районов для отдельных индивидов извне.

5. Разработка системы «Умное сохранение окружающей среды», основанное на принципах экономии природных ресурсов, борьбы с загрязнением, а также устойчивого развития экономики страны.

6. Развитие системы «Умная организация жизни» в городе с внедрением информационных технологий в учреждения здравоохранения, культурные объекты и образовательные центры.

На основании вышеизложенного, под концепцией «Smart City» следует понимать систему управления городским пространством, базирующуюся на информационном подходе и инновационных технологиях, применении новых наноматериалов, реализующую принципы энергосбережения и энергоэффективности процессов, позволяющую повысить производительность города, его инвестиционную привлекательность и конкурентоспособность, эффективность грузопотока, прогнозировать и минимизировать негативные последствия рискованных событий, а также сформировать комфортную для жизни населения среду обитания и инфраструктуру. В этой связи нами разработаны следующие имитационные модели устойчивого развития экономики:

1. Моделирование устойчивого экономического развития, которое основано на принципе «айсберг» (рис. 1).

Описание устойчивого развития экономики  $U$  осуществлено следующим образом:

$$\begin{aligned} h &\in \{0 \div H\}, \\ h &\rightarrow H, \text{ следовательно, } U \rightarrow \max, \\ v &\leq R, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $h$  – координата смещенного центра тяжести айсберга под воздействием различного рода факторов, в основном внешних;  $H$  – координата центра тяжести айсберга в устойчивом состоянии, ТЦ;  $U$  – стратегия устойчивого развития экономики;  $v$  – скорость изменения какого-либо фактора  $F_i$  (либо

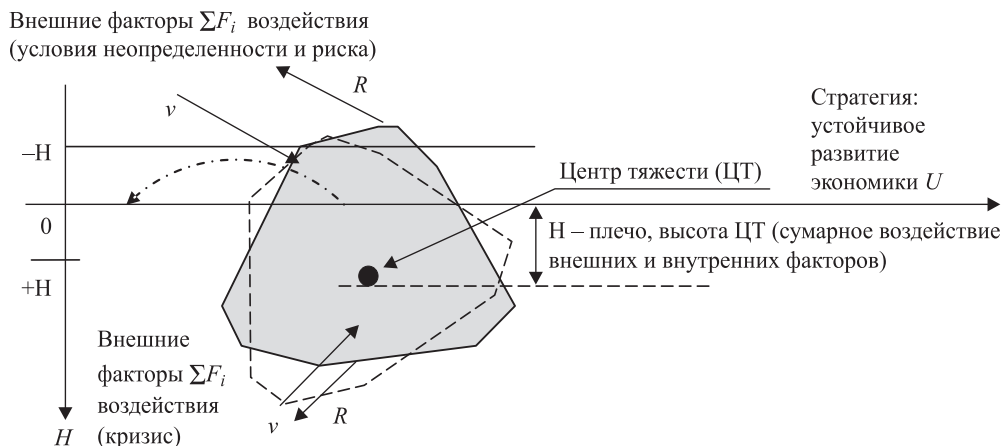


Рис. 1. Имитационная модель устойчивого развития экономики, принцип «айсберг»

суммарного воздействия ряда факторов  $\Sigma F_i$ );  $R$  – скорость реакции системы управления проектом на изменение какого-либо фактора  $F_i$  (либо суммарного воздействия ряда факторов  $\Sigma F_i$ ).

Внешнее воздействие (влияние таких факторов, как отставание от наработанного мирового опыта эффективного управления инновационными проектами и наличие специфики российских городов-участников проекта, проведение государственной политики индустриализации и реиндустриализации) приводит к изменению конфигурации айсберга (неравномерному таянию), что вызывает смещение положения центра тяжести (ЦТ). В этом случае возможны три варианта развития событий:

1)  $h \in \{0 \div H\}$  – устойчивое функционирование системы, при этом скорость реакции управления проектом выше или равна скорости изменения внешнего воздействия:  $v \leq R$ ;

2)  $h \rightarrow 0$  – нестабильное положение айсберга, т.е. любое внешнее воздействие приводит проект (систему управления проектом) в неустойчивое положение, скорость реакции системы сопоставима со скоростью изменения факторов или ниже:  $v \approx R$ ;

3)  $h \in \{0 \div (-H)\}$  – полная потеря устойчивости, скорость реакции системы управления ниже скорости изменения воздействующих факторов:  $v > R$ .

2. Имитационное моделирование устойчивого экономического развития, основанное на принципе «плавающее средство» (рис. 2).

Описание устойчивого развития экономики  $U$  осуществлено следующим образом:

$$\begin{aligned} \Sigma G_i &= \Sigma Z_i \rightarrow \min, \\ \Pi &= \text{ПВ} - \Sigma Z_i \rightarrow \max, \\ \text{ПВ} &> \Sigma G_i, - \text{ПВ} \rightarrow \min, \\ S &\rightarrow \max, U \rightarrow \max, \\ v &\leq R, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Sigma G_i = G_{\text{плав.ср}} + G_{\text{гр}} + G_{\text{экип}}$  – суммарный вес конструкции, суммарные затраты по элементам и статьям:

$G_{\text{плав.ср}}$  – вес плавающего средства (затраты на производственные нужды и внутреннее потребление инновационного проекта);

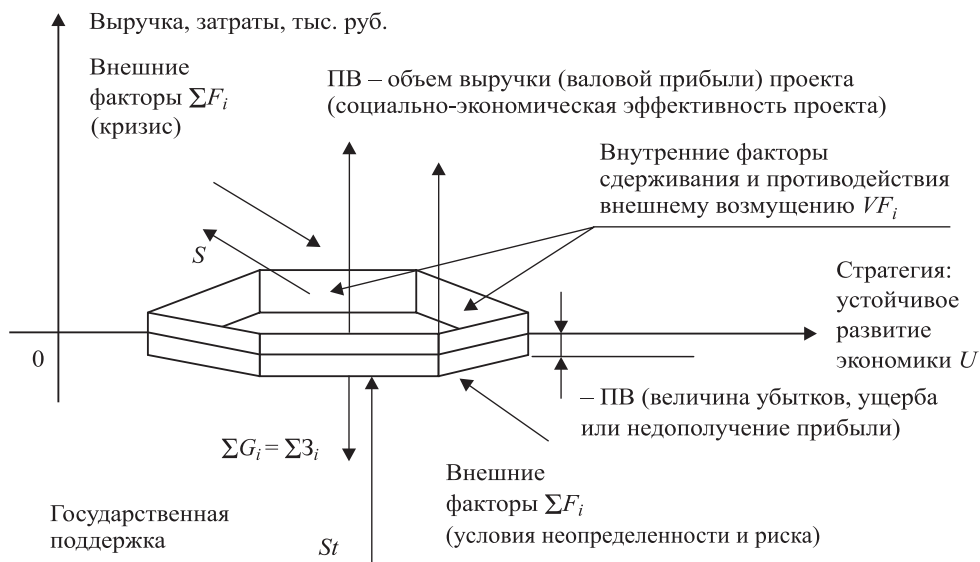


Рис. 2. Имитационная модель устойчивого развития экономики, принцип «плавающее средство»

$G_{гр}$  – вес перевозимого груза (затраты при оказании услуг жителям мегаполиса);

$G_{экип}$  – вес экипажа (зарботная плата управленческого персонала), ден. ед.;

$\Pi$  – прибыль (экономический / социально-экономический эффект) от реализации инновационного проекта;

$\Pi В$  – выручка (валовая прибыль) инновационного проекта;

$\Sigma Z_i$  – общая сумма затрат, включая коммерческие расходы (реклама, обучение и т.п.);

$\Sigma F_i$  – суммарное воздействие внешних факторов;

$S$  – управляемость плавающего средства (эффективность системы управления инновационным проектом);

$St$  – наличие факторов государственной поддержки (государственный заказ, государственное финансирование, государственные гарантии);

$v$  – скорость изменения какого-либо фактора  $F_i$  (либо суммарного воздействия ряда факторов  $\Sigma F_i$ );

$R$  – скорость реакции системы управления проектом на изменение какого-либо фактора  $F_i$  (либо суммарного воздействия ряда факторов  $\Sigma F_i$ ).

Боковые стенки плавающего средства рассматриваются как внутренние факторы, которые способны противостоять внешним воздействиям и угрозам (ветру, волнам, шторму, т.е. условиям неопределенности и риска).

В случае, если экипаж (система управления на разных уровнях иерархии) не принимает антикризисных мер к спасению, то возможны следующие варианты:

1)  $\Pi В = \Sigma G_i$  – нейтральное положение, проект может удержаться на плаву на спокойной воде – устойчивое положение, при этом скорость реакции управления проектом выше или равна скорости изменения внешнего воздействия:  $v \leq R$ ;

2)  $PВ \approx \sum G_i$  – возникают финансовые проблемы при наличии небольших волн – неустойчивая финансовая состоятельность проекта, скорость реакции системы сопоставима со скоростью изменения факторов или ниже:  $v \approx R$ ;

3)  $PВ < \sum G_i$  – плавучее средство начинает идти ко дну (при спокойной воде) – полная потеря финансовой устойчивости, скорость реакции системы управления ниже скорости изменения воздействующих факторов:  $v > R$ .

Приведенные имитационные модели в рамках закона Эшби могут наглядно демонстрировать также устойчивость экономического развития отдельно взятого региона страны (принцип «пирамида»).

3. Имитационное моделирование устойчивости экономического развития региона, в пределах территории которого реализуется инновационный проект, основанное на принципе «пирамида», представлено на рис. 3.

Состояние устойчивого развития региона  $U$  описано следующим образом:

$$\begin{aligned} h &= \sum F_i \rightarrow \min, \\ \sum F_i &\leq H_{\lim}, S \rightarrow \max, \\ U &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $h$  – плечо, высота центра тяжести (ЦТ);  $\sum F_i$  – сумма внешних и внутренних факторов воздействия;  $H_{\lim}$  – предельная величина суммарного влияния факторов, при которой конструкция сохраняет свои геометрические формы и не разрушается;  $S$  – управляемость проекта (эффективность системы управления инновационным проектом) – площадь опоры пирамиды, характеризуется финансовой устойчивостью проекта;  $U$  – социально-экономическая устойчивость региона.

В целях комплексной оценки эффективности управления инновационными проектами могут быть использованы отдельные виды расчетов по определению численных значений частных критериев с последующим сведением их в интегральные, а также общие показатели сравнительной эффективности различных систем управления проектов.

Инновационные проекты, основанные на применении Smart-технологий, направлены на решение проблем, возникающих при управлении крупным

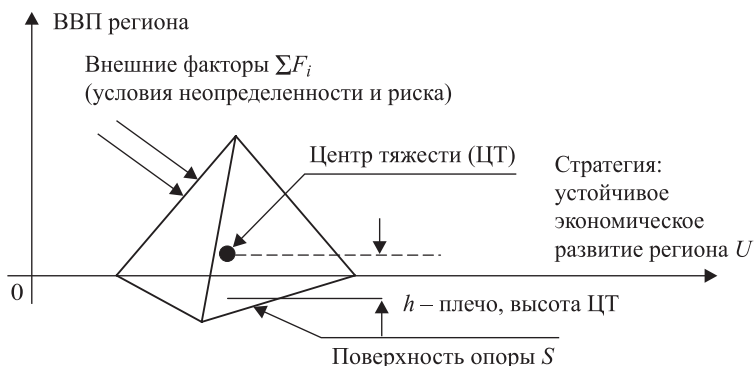


Рис. 3. Имитационная модель устойчивого развития экономики региона, принцип «пирамида»

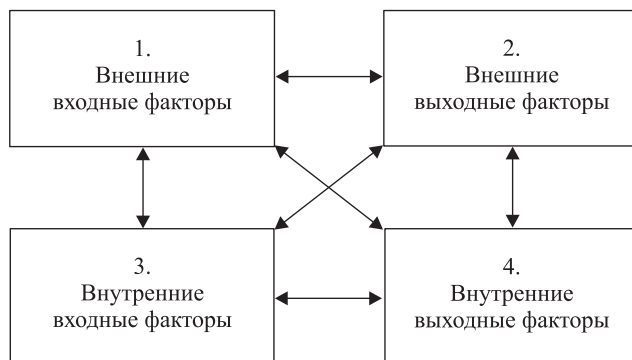


Рис. 4. Модель взаимосвязей внешних и внутренних факторов воздействия на эффективность управления инновационными проектами

городом в условиях урбанизации и глобализации. Основная цель концепции «Smart City» заключается в создании эффективной системы единого управления городским хозяйством, которая зависит от эффективного управления инновационными проектами и характеризуется набором качественных и количественных факторов (рис. 4).

Обобщение и систематизация накопленного опыта дают возможность разработать новый методический подход к оценке эффективности реализации концепции «Smart City», базирующийся на учете влияния четырех групп факторов, объединенных нами в так называемую матрицу эффективного управления инновационного проекта и создающих между собой шесть пар их комбинаций (рис. 4).

При моделировании устойчивости системы управления проектами необходимо разделить массив данных на внешние и внутренние параметры. При этом внешние факторы являются независимыми от реализации проектов и определяют изменения зависимых выходящих параметров, таких как воздействие политических факторов, приоритеты государственной экономической политики, состояние нормативно-правового поля, конкуренцию, колебание цен на рынке, баланс «спрос-предложение» на «зеленое» и «умное» жилье, возникновение различных макроэкономических изменений, согласованность интересов государственного и частного секторов, влияние демографического фактора, развитие процесса интернационализации, урбанизации и глобализации, наличие элементов цифровой экономики.

К внутренним факторам следует отнести состояние и организацию производства, использование инновационных технологий; оперативность, устойчивость, информативность, прозрачность системы управления проектом, баланс интересов участников, наличие «умного» человеческого капитала и «умного» менеджмента, проявление тенденции к нелинейности процессов, возможность использования методов нечетких технологий, формирование набора технических и организационных решений с целью повышения управляемости всего городского пространства. Кроме того, к внутренним факторам состояния следует отнести такие, как себестоимость продукции (работ, услуг), снижение транзакционных издержек, повышение

маржинальной прибыли и рентабельности, стоимость системы управления, повышение энергоэффективности объектов капитального строительства, повышение качества жизни горожан, мобильность и адаптивность населения, реализация мероприятий, направленных на охрану окружающей среды.

Указанные внутренние параметры состояния вводятся как промежуточные параметры и не входят в показатели, определяющие качество системы управления. Входящие факторы подразделяются на независимые и факторы с обратной связью. К первому типу относятся внешние факторы и факторы управления. Внешние факторы дают характеристику влияния на реализацию проектов и делятся на две группы: определенные (конкуренция, цена на рынке, спрос, предложение) и вероятностные (ключевая ставка, банковские проценты по кредитам). К факторам управления можно отнести все факторы, которые определяются управляющим органом проекта. Входные факторы обратной связи являются выходными показателями для предыдущих периодов. Все внутренние показатели имеют вероятностный характер.

По нашему мнению, одним из основных факторов успешной реализации концепции «Smart City» является применение высокотехнологичных строительных материалов, применяемых на Западе при возведении «Умных» жилых домов. Как показывает практика, внедрение новых технологий, в частности, применение нанотехнологии при создании инновационного продукта, по сравнению с традиционными технологиями, характеризуется более высокими эксплуатационными свойствами, что зачастую требует увеличения затрат ресурсов (материалов, сырья, электроэнергии и пр.) на производство, особенно в период проведения научных исследований и внедрения опытных, экспериментальных образцов. Однако применение нанотехнологии в дальнейшем дает возможность получения экономии энерго-ресурсов до 60 %, в отдельных случаях и до 100 % [6].

Анализ существующих методов оценки эффективности нанотехнологии и прикладное их применение дает возможность обосновать авторский подход к осуществлению такой оценки. Разработанная нами методика оценки внедрения нанотехнологии базируется на новом теоретическом подходе, предложенном и обоснованном проф., д.т.н. Е.В. Королевым [1].

**1. Подход к оценке эффективности** применения нанотехнологии, базирующийся на получении интегрального показателя эффективности  $I$ .

Стимулирующими факторами массового внедрения продукта, произведенного с применением нанотехнологии, являются создание уникальных эксплуатационных свойств продукции, увеличение продолжительности ее эксплуатации  $t$ , снижение затрат при повышении объемов производства серий продукции  $Z_i$ , сокращение затрат на поддержание продукта в работоспособном состоянии  $Z_p$  [1], увеличение периода между капитальными ремонтами  $t_p$ , повышение энергоэффективности в процессе дальнейшей эксплуатации продукции  $\mathcal{E}$  и пр. [3, 7].

Группирование всех вышеуказанных показателей дает возможность получить единый интегральный показатель  $I$ , соотношение которого к периоду времени эксплуатации обозначим через  $K$ . Условием оптимизации данного показателя является стремление к минимуму, что будет свидетель-

ствовать об экономической целесообразности внедрения продукта, с применением нанотехнологии ( $E_n$ ):

$$\begin{aligned} K &= I/t, \\ K &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (4)$$

$$I = [3_i + 3_p (t/t_p) - \Xi t] / t = 3_i / t + 3_p / t_p - \Xi. \quad (5)$$

Предположим, что показатели сокращения затрат на поддержание строительных конструкций в работоспособном состоянии  $3_p$  и энергоэффективность в процессе дальнейшей эксплуатации объекта капитального строительства  $\Xi$  остаются неизменными ( $3_p = \text{const}$ ,  $\Xi = \text{const}$ ), при этом повышение качества строительных материалов приводит к изменению геометрических свойств строительных конструкций ( $m_i \rightarrow \min$ ). Указанные характеристики связаны с параметрами материала  $p$  и массой конструкции  $m_i$  [1]. Тогда при сравнении имеющегося (базового) и нового варианта строительных конструкций имеем следующие выражения:

$$m_{i\delta} = (V_{in} + \Delta V_i) p_{\delta}, \quad (6)$$

или

$$m_{i\delta} = m_{in} (p_{\delta}/p_n) + \Delta V_i p_{\delta}, \quad (7)$$

где индексы «б» и «н» – соответственно характеристики исходного (базового) и нового вариантов строительного материала/конструкций;  $p$  – определяющий параметр материала (линейный износ, микротвердость и пр.);  $V_i$  – изменение эксплуатационных характеристик продукции.

Соотношение масс конструкций базового ( $m_{i\delta}$ ) и нового ( $m_{in}$ ) вариантов обозначим через коэффициент масс  $K_m$ :

$$K_m = m_{i\delta}/m_{in} = p_{\delta}/p_n + [(V_{i\delta} - V_{in})/V_{in}] (p_{\delta}/p_n). \quad (8)$$

Изменение массы строительной конструкции  $\Delta m_i$ :

$$\Delta m_i = m_{i\delta} [(K_m - 1) / K_m] \equiv 3_i. \quad (9)$$

**2. Подход к оценке экономической целесообразности**, базирующийся на определении условия экономической целесообразности [2]:

$$E_n = C_{i\delta} - C_{in} > 0, \quad (10)$$

где  $C_{i\delta}$ ,  $C_{in}$  – соответственно стоимость изделия в базовом и инновационном вариантах:

$$C_i = m_i C_i^i \quad (11)$$

где  $C_i^i$  – удельная стоимость строительной конструкции (материала) изделия, которая позволяет калькулировать все имеющиеся затраты на производство одного изделия.

$$C_{in}/C_{i\delta} = \varphi_m / K_m, \quad (12)$$

где  $\varphi_m = C_{in}^i / C_{i\delta}^i$ .

При этом необходимо выполнение условия:  $\varphi_m < 1$ .

Обоснование показателя технико-экономической эффективности внедрения нанотехнологии должно включать как оценку приобретаемых эксплуатационных свойств конструкций и объекта в целом, так и оценку фи-

нансовой эффективности вложений денежных средств в целях достижения такого изменения [9]:

$$Q = Q_m / \Delta C_{th}, \quad (13)$$

где  $\Delta Q_m$  – относительное изменение интегрального показателя качества наноматериала;  $\Delta C_{th}$  – относительное изменение стоимости нанотехнологии (строительного материала) [9].

Интегральный показатель качества нового строительного материала может быть определен следующим образом:

$$Q_m = \sum_1^n \beta_i K_i, \quad (14)$$

где  $\beta_i$  – весовые коэффициенты значимости уникальных свойств конструкции (изделия, материала);  $K_i$  – групповые параметры свойств конструкции (изделия, материала), изготавливаемого с применением нанотехнологии.

$$\sum_1^n \beta_i = 1.$$

Относительная стоимость конструкции (материала) с уникальными свойствами позволяет учесть жизненный цикл изделия и определяется следующим образом:

$$\Delta C_{th} = \sum a_i C_{thi}, \quad (15)$$

где  $a_i$  – весовые коэффициенты значимости учтенных затрат при изготовлении конструкции (изделия) с применением нанотехнологии;  $C_{thi}$  – сумма затрат на всех этапах жизненного цикла при изготовлении конструкции (изделия) с применением нанотехнологии. Определение указанной суммы затрат производится по формуле:

$$C_{thi} = (C_{thn} - C_{th6}) / C_{th6}. \quad (16)$$

**3. Подход к оценке экономической эффективности инновационного проекта** производства нового строительного материала (конструкции) с применением нанотехнологии при реализации концепции «Smart City».

Расчет показателя экономического эффекта от реализации проекта производства нового строительного материала с уникальными свойствами в течение промежутка времени  $t$  можно осуществить по нижеследующей формуле  $\Delta E_t$  в денежных единицах измерения:

$$\Delta E_t = \Delta P_t + \Delta R_t, \quad (17)$$

где  $\Delta P_t$  – разница между излишками производства сопоставимых нового продукта, изготовленного с применением нанотехнологии, и продукта-аналога, ден. ед.;  $\Delta R_t$  – разница между излишками потребителя сопоставимых нового продукта, изготовленного с применением нанотехнологии, и продукта-аналога, ден. ед.

В случае, если эластичность спроса на рынке  $\beta = -1$ , то

$$\Delta R_t = \alpha \times \ln (C_n / C_6), \quad (18)$$

где  $C_n$ ,  $C_6$  – соответственно стоимость реализации (коммерческая цена) нового строительного материала, произведенного с применением нанотехнологии, и базового продукта (продукта-аналога);

$$\alpha = Vr_b \times C_6^{-\beta}, \quad (19)$$

где  $Vr_b$  – объем рынка продукта-аналога (базового продукта).

В случае, если  $\beta \neq -1$ , то

$$\Delta R_t = [\alpha / (1 + \beta)] \times [C_n^{1+\beta} - C_6^{1+\beta}]. \quad (20)$$

Разница между излишками производства сопоставимых нового вида материала, произведенного с применением нанотехнологии, и продукта-аналога в общем случае может быть представлена следующим образом:

$$\Delta P_t = Vr_n (C_n - Z_n) - Vr_6 (C_6 - Z_6). \quad (21)$$

Иначе

$$\Delta P_t = \Delta \Pi = \Pi_n - \Pi_6 = K_n (\Pi_{in} - CC_{in}) - K_6 (\Pi_{i6} - CC_{i6}), \quad (22)$$

где  $\Delta \Pi$  – изменение прибыли от реализации нового строительного материала с уникальными свойствами по сравнению с продуктом-аналогом (базовым продуктом), тыс. руб.;  $\Pi_n$ ,  $\Pi_6$  – соответственно прибыль от реализации нового продукта, изготовленного с применением нанотехнологии, и продукта-аналога, тыс. руб.;  $K_n$ ,  $K_6$  – соответственно количество (объем реализации) нового продукта с уникальными свойствами и продукта-аналога, нат. ед.;  $\Pi_{in}$ ,  $\Pi_{i6}$  – соответственно коммерческая цена реализации нового продукта с уникальными свойствами и продукта-аналога, тыс. руб.;  $CC_{in}$ ,  $CC_{i6}$  – соответственно себестоимость производства нового продукта с уникальными свойствами и продукта-аналога, тыс. руб.

Применение нанотехнологии в инвестиционно-строительном комплексе России существенно затруднено вследствие влияния таких факторов, как серьезная нехватка высококвалифицированного персонала, несовершенство методической базы для подготовки кадров, отсутствие базы для проведения научных исследований и разработки новых технологий [1, 9], а также научных методов оценки экономической эффективности внедрения нанотехнологии.

В настоящее время российские инвесторы отдают предпочтение вложению свободных денежных средств в такие инновационные проекты, которые гарантируют им получение высокого уровня дохода на инвестированный капитал. Одним из показателей, который влияет на процесс принятия решения инвестора о вложении в тот или иной проект, является период времени, в течение которого будут покрыты все произведенные затраты (с учетом текущих денежных затрат (себестоимости), а также период времени, в течение которого инвестор получит объем расчетной прибыли от инвестиций с учетом обесценивания денежного потока.

В целях обоснования нового методического подхода необходимо разработать основные принципы оценки эффективности управления Smart-проектами (рис. 5).

К основным принципам формирования матрицы эффективности управления Smart-проектами относятся:

1) четкое целеполагание разработки инновационных Smart-проектов – это решение проблемы повышения эффективности управления инновационных проектов (в том числе и проектов, применяющих нанотехнологии);

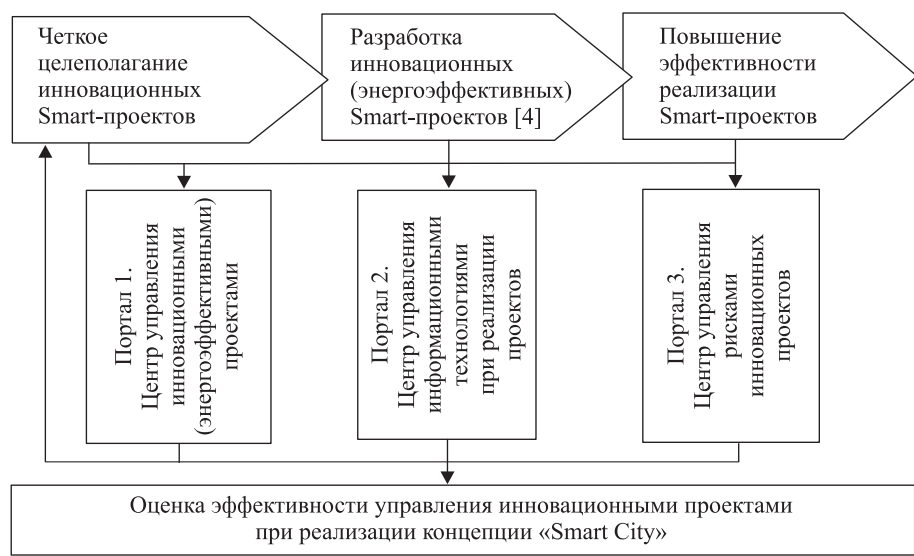


Рис. 5. Подход к формированию матрицы оценки эффективности управления инновационными проектами

- 2) формирование трех порталов управления Smart-проектами: 1 – центра управления инновационными проектами (в том числе с применением нанотехнологии); 2 – центра управления информационными технологиями; 3 – центра управления рисками инновационных проектов;
- 3) учет инновационной составляющей в рамках оценки эффективности управления Smart-проектами.

Применение известных научных подходов, базирующихся на инновационном фундаменте, позволяет сформировать новый методический подход (рис. 6). Данный подход учитывает требования к технико-экономической и социальной эффективности Smart-проектов, а также необходимость применения новых инновационных технологий (нанотехнологии) производства продукции.

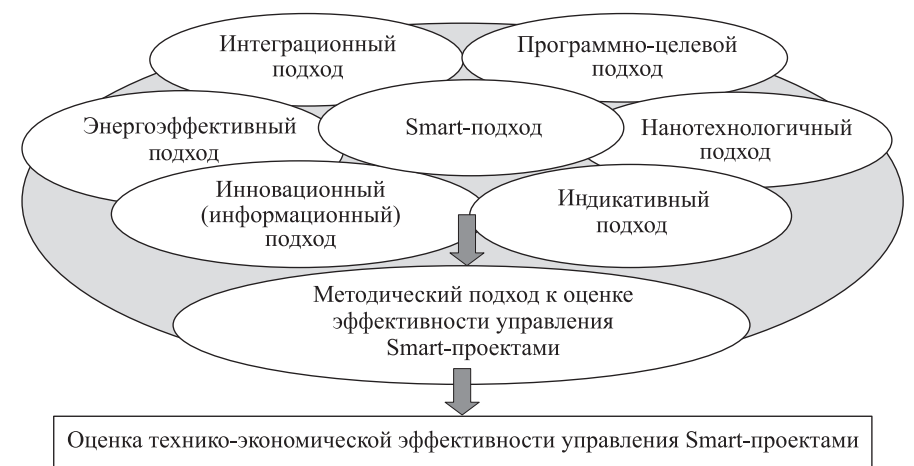


Рис. 6. Методический подход к оценке эффективности управления Smart-проектами

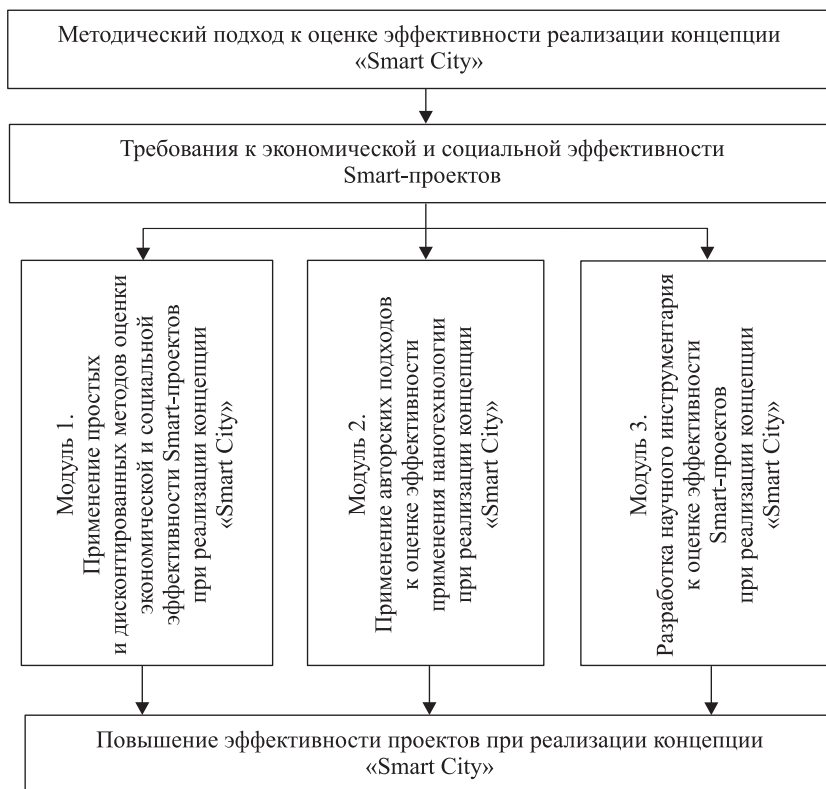


Рис. 7. Модульная оценка эффективности управления Smart-проектами

Модельное представление нового методического подхода (рис. 6) дает возможность развития методической базы исследования в целях разработки научного инструментария оценки эффективности управления Smart-проектами. Данный теоретический инновационный подход к реализации инвестиционных Smart-проектов позволяет авторам исследования сформировать основы модульного подхода оценки эффективности Smart-проектов, который представлен на рис. 7.

Модульный подход заключается в учете принципа технико-экономической и социальной эффективности проектов при реализации концепции «Smart City». По нашему мнению, приведенные выше методики расчета эффективности применения нанотехнологии при производстве новых строительных материалов и конструкций (формула 4-22) являются основой для дальнейшего развития методик оценки эффективности (модуль 3, рис. 7).

Проведенный анализ реализации проектов с применением нанотехнологии на Западе показывает, что оценка экономической целесообразности внедрения таких проектов в основном базируется на расчете показателей прибыли (финансового результата) в краткосрочной перспективе. Иными словами, для оценки эффективности Smart-проектов необходима разработка и практическое применение новых показателей экономической целесообразности осуществления капитальных вложений в Smart-проекты, которые могут продемонстрировать экономию энергетических и финансовых ресурсов и в долгосрочной перспективе.

По нашему мнению, такая оценка может состоять из следующих этапов.

**Этап 1. Определение коэффициента наноэффективности ( $K_{нэ}$ ).** Исходя из потребностей рынка, критериев оценки жизненного цикла товаров и услуг, принятых управленческих решений, авторами вводится показатель – коэффициент наноэффективности ( $K_{нэ}$ ). Данный показатель демонстрирует общий уровень достигаемой экономии ресурсов на базе повышения наноэффективности Smart-проекта в результате произведенных инвестиций и внедрения инновационных решений на протяжении всего рассматриваемого жизненного цикла проекта. Это соотношение абсолютной величины затраченных денежных средств в целях достижения экономии ресурсов [5].

Следует отметить, что  $K_{нэ}$  представляет собой общую стоимость за объемом сэкономленных ресурсов посредством применения эффективных мероприятий в определенном контексте (может быть рассмотрен жизненный цикл проекта, товара (услуги), производственный цикл, технологический процесс). В частности, в долгосрочной перспективе  $K_{нэ}$  определяем по следующей формуле:

$$K_{нэ}(t) = \sum ([Z_{пр} + Z_{кап} + Z_{опер}] / \mathcal{E}_{эн}), \quad (23)$$

$$K_{нэ} \rightarrow \min,$$

где  $(t)$  – продолжительность инновационного инвестиционного Smart-проекта, лет;  $Z_{пр}$  – затраты, осуществленные в предпроектной и проектной фазах реализации инновационного проекта, ден. ед. Указанные затраты могут включать в себя также затраты на аудит, планирование, контроль и т.п.;  $Z_{кап}$  – объем капитальных вложений в процессе реализации наноэффективных управленческих решений, ден. ед.;  $Z_{опер}$  – операционные издержки, учитывающие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание принятых управленческих решений по повышению наноэффективности (могут включить возможные расходы при выплате процентов за привлеченные средства), ден. ед.;  $\mathcal{E}_{эн}$  – величина ежегодной экономии ресурсов в связи с реализацией инновационных управленческих решений, ден. ед.

Показатель  $K_{нэ}$  должен быть оценен в динамике.

**Этап 2. Проведение сопоставительного анализа коэффициента наноэффективности  $K_{нэ}$ .**

В целях оценки экономической эффективности Smart-проекта в сфере нанотехнологии показатель  $K_{нэ}$ , полученный на этапе 1, необходимо сопоставить с эталонным значением. В качестве эталона (стандарта) в зависимости от вида инновационных решений могут стать следующие показатели:

- 1) соотношение затрат на мероприятия по повышению наноэффективности и экономии ресурсов успешно реализованных инфраструктурных проектов государственно-частными партнерствами (ГЧП) [11];
- 2) соотношение затрат на мероприятия по повышению наноэффективности и экономии электроэнергии в силу снижения трудоемкости изготовления нанопродукта.

В случае, если  $K_{нэ}$  ниже эталонного значения, можно сделать вывод, что общая стоимость наноэффективных мероприятий полностью покрывается полученной экономией. В случае, если  $K_{нэ}$  выше эталонного значения, то принятые управленческие решения и разработанный план мероприятий по повышению наноэффективности являются экономически нецелесообразными. Алгоритм методики оценки  $K_{нэ}$  представлен на рис. 8.



Рис. 8. Алгоритм расчета удельного показателя эффективности применения нанотехнологии

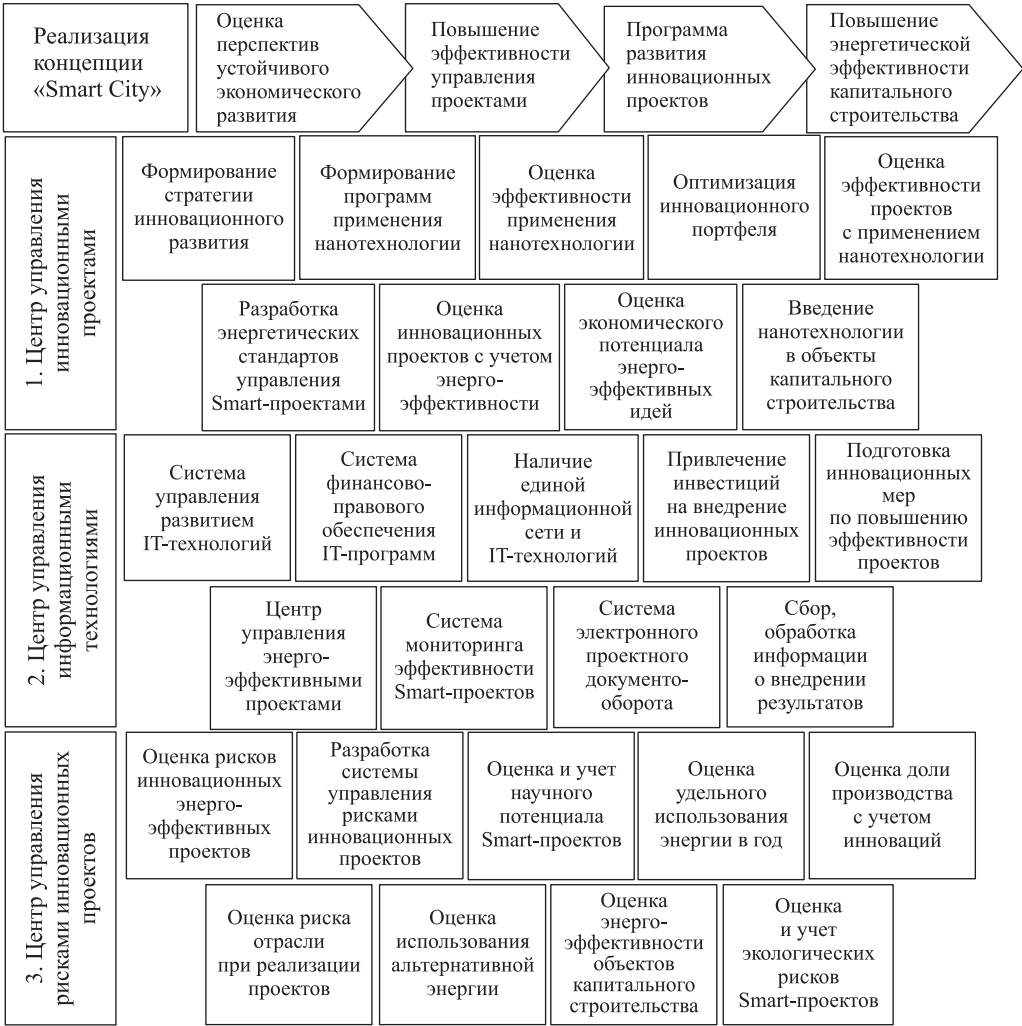


Рис. 9. Матрица оценки эффективности управления инновационными проектами

В целях принятия оптимальных инновационных решений в рамках реализации концепции «Smart City» необходим также теоретический и комплексный анализ внешней среды и внутренних составляющих, базирующийся на знаниях, опыте, логике и интуиции системы Smart-менеджмента. Как нами было сказано выше, система управления Smart-проектом представляет собой взаимосвязь двух функций (входной и выходной), которая направлена на выработку реакции Smart-системы на изменение внешних факторов и эффективное управление внутренними характеристиками Smart-проекта, что дает возможность развить предложенный нами методический подход (см. рис. 5) и обосновать матрицу оценки эффективности управления инновационными проектами (рис. 9).

**Заключение.** Разработанный авторский научный инструментарий позволяет осуществлять государственно-частный мониторинг эффективности инноваций при реализации Smart-проектов. К ожидаемым позитивным последствиям реализации инвестиционных проектов с применением Smart-технологии следует отнести реализацию промышленной революции в IT-технологии, повышение эффективности функционирования городской инфраструктуры, вовлечение городов в широкомасштабный процесс ее стандартизации, выработку единого минимального необходимого набора показателей эффективности Smart-проектов, устранение дисбаланса для населения мегаполиса в распределении информационных потоков, оптимизацию сбора данных о необходимых технологиях для конкретного города, расширение международных связей экономических субъектов, формирование прозрачных условий для развития IT-бизнеса, формирование высокоурбанистической среды для физических и юридических лиц, а также внедрение интеллектуальных и экологических систем.

### Литература

1. *Королев Е.В.* Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2009. № 2 (1). С. 66–79.
2. Политика повышения энергоэффективности: передовой опыт (43-я серия публикаций ЕЭК ООН по электроэнергетике). Information Service United Nations Economic Commission for Europe. Geneva. Switzerland, 2015.
3. *Copiello S.* Achieving affordable housing through energy efficiency strategy. Energy Policy. 2015. № 85. P. 288–298.
4. *Garmston H., Pann W.* Building regulations in energy efficiency: Compliance in England and Wales. Energy Policy. 2012. № 45. P. 594–605.
5. *Stenqvist C.* Trends in energy performance of the Swedish pulp and paper industry: 1984–2011. Energy Efficiency (2015). 8:1–17.15. DOI 10.1007/s12053-014-9276-4.
6. *Bosseboeuf Didier, Bruno Lapillon, Karine Pollier.* «Trendy energetické efektivity v nových zemích EU a v EU 25: pozice České republiky [Trends in Energy Efficiency in the New EU Countries and the EU 25: The Position of the Czech Republic]». Czech-French joint seminar on energy efficiency trends. Prague: Czech Energy Agency and ADEME/Enerdata, June 2007. (Энергоэффективность в государственном секторе. Политика и программы в странах-членах ДЭХ). 2008.
7. *Паньшин И.В., Тобиен М.А.* Бюджетная обеспеченность региональных экономических программ энергосбережения и повышения энергоэффективности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16595> (дата обращения: 01.12.2017).

8. Плужников О. Некоторые итоги реализации государственной политики повышения энергоэффективности в России. Что дальше? Carnegie Endowment for International Peace, 2014. URL: <http://www.carnegie.ru>. (дата обращения: 10 марта 2016).
9. Теличенко В.И., Егорычев О.О., Королев Е.В. Научно-образовательный центр «Нанотехнология» Московского государственного строительного университета: достижения и перспективы // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 4. С. 55–62. URL: <http://> (дата обращения: 15.02.2012).
10. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (дата обращения: 09.12. 2017).
11. Dedicated Public-Private Partnership Units. A Survey of Institutional and Governance Structures. OECD. Paris. 2010. URL : [www.oecd.org/publishing](http://www.oecd.org/publishing). (дата обращения: 22.04.16).

### Bibliography

1. Korolev E.V. Osnovnye principy prakticheskoy nanotehnologii v stroitel'nom materialovedenii // Nanotehnologii v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal. 2009. № 2 (1). P. 66–79.
2. Politika povyshenija jenergojeffektivnosti: peredovoj opyt (43-ja serija publikacij EJeK OON po jelektrojenergetike). Information Service United Nations Economic Commission for Europe. Geneva. Switzerland, 2015.
3. Copiello S. Achieving affordable housing through energy efficiency strategy. Energy Policy. 2015. № 85. P. 288–298.
4. Garmston H., Pann W. Building regulations in energy efficiency: Compliance in England and Wales. Energy Policy. 2012. № 45. P. 594–605.
5. Stenqvist S. Trends in energy performance of the Swedish pulp and paper industry: 1984–2011. Energy Efficiency (2015). 8:1–17.15. DOI 10.1007/s12053-014-9276-4.
6. Bosseboeuf Didier, Bruno Lapillon, Karine Pollier. «Trendy energetické efektivity v nových zemích EU a v EU 25: pozice České republiky [Trends in Energy Efficiency in the New EU Countries and the EU 25: The Position of the Czech Republic]». Czech-French joint seminar on energy efficiency trends. Prague: Czech Energy Agency and ADEME/Enerdata, June 2007. (Jenergojeffektivnost' v gosudarstvennom sektore. Politika i programmy v stranah-chlenah DJeH). 2008.
7. Pan'shin I.V., Tobien M.A. Bjudzhetnaja obespechennost' regional'nyh jekonomicheskikh programm jenergosberezhenija i povyshenija jenergojeffektivnosti // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16595> (data obrashhenija: 01.12.2017).
8. Pluzhnikov O. Nekotorye itogi realizacii gosudarstvennoj politiki povyshenija jenergojeffektivnosti v Rossii. Chto dal'she? Carnegie Endowment for International Peace, 2014. URL: <http://www.carnegie.ru>. (data obrashhenija: 10 marta 2016).
9. Telichenko V.I., Egorychev O.O., Korolev E.V. Nauchno-obrazovatel'nyj centr «Nanotehnologija» Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta: dostizhenija i perspektivy // Nanotehnologii v stroitel'stve: nauchnyj Internet-zhurnal. M.: CNT «NanoStroitel'stvo». 2011. № 4. P. 55–62. URL: <http://> (data obrashhenija: 15.02.2012).
10. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 23 nojabrja 2009 g. № 261-FZ «Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoy jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>. (data obrashhenija: 09.12. 2017).
11. Dedicated Public-Private Partnership Units. A Survey of Institutional and Governance Structures. OECD. Paris. 2010. URL : [www.oecd.org/publishing](http://www.oecd.org/publishing). (data obrashhenija: 22.04.16).