DOI: 10.22394/2304-3369-2020-5-71-86 ВАК: 08.00.05

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ СОЗДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ, БАЗИРУЮЩЕЕСЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЦИОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

И.З. Мустаев[a], Н.К. Максимова[b], Т.И. Мустаев[a]

[a]Уфимский государственный авиационный технический университет
[b]ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение

АННОТАЦИЯ:
Статья посвящена изложению подхода к управлению инновационных проектов сложных технических изделий, выполняемых в рамках предприятия. Моделирование базируется на социофизическом подходе, используемом для анализа и прогнозирования поведения социофизических объектов.

Предметом статьи является инновационный проект создания сложного технического объекта. Показано, что предлагаемый подход позволяет учесть индивидуальные экономические, технологические и другие особенности предприятия, на котором реализуется проект, а также учесть технические особенности проектируемого объекта. Приведено сопоставление характера принятия решения о реализации проекта с применением социофизического подхода и с использованием оценки приведенной стоимости проекта. Отмечены преимущества подхода при моделировании проектов.

В рамках социофизического моделирования формализованы понятия о социофизических потенциалах технического объекта, проекта и предприятия, на котором проект реализуется. Приведено математическое описание накопленного потенциала. Формула содержит социофизическую функцию, свойства которой приведены. Раскрыта структура социофизических моделей предприятий и проектов. Приведена иллюстрация динамики изменения потенциалов проекта, реализуемого в составе предприятия. Введено определение технологического уклада предприятия, а также приведены формулы вычисления уровней технологического уклада проекта и предприятия. Приведена графическая иллюстрация процесса исполнения проекта, выполняемого в рамках существующего на предприятии технологического уклада и при изменяющемся технологическом укладе предприятия. Приведена структурная модель предприятия, формирующаяся в результате расчетов накопленных потенциалов организационных единиц предприятия, участвующих в реализации инновационного проекта. Изложены элементы принятия решений, связанных с управлением проекта с использованием структурной модели. Приведены результаты расчетов, подтверждающие эффективность использования накопленных потенциалов как для предприятия, так и для проекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инновационный проект, социофизический потенциал, накопленный социофизический потенциал, социофизический подход, социофизический объект.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мустаев И.З., Максимова Н.К., Мустаев Т.И. (2020). Управление проектами создания технически сложных изделий, базирующееся на использовании социофизических моделей // Вопросы управления. № 5. С. 71–86.

Введение

В общем множестве проектов инновационные проекты создания сложных изделий могут быть выделены в самостоятельный класс. В этот класс выделяются проекты, характеризуемые высокой неопределенностью, высокой стоимостью проектных решений, большой длительностью жизненного цикла, большим объемом ресурсов [12; 14].

Особенностью инновационных проектов является необходимость создания технологий, реализуемость которых не гарантирована. Под реализуемостью понимается потенциальная возможность достижения техниче-

© Мустаев И.З., Максимова Н.К., Мустаев Т.И., 2020

технологического результата в требуемые промежутки времени с приемлемыми затратами разнообразных ресурсов. Как правило, вопросы исследования реализуемости проектов или выводятся за сферу внимания [3] или упрощаются до реализации вариантного перебора с привлечением в качестве экспертов профильных специалистов [5; 23; 25]. В качестве методологического обоснования используется интерпретация риска как вероятности событий [32]. Необходимо отметить, что применительно к инновационным проектам применение вероятностных оценок проблематично и имеет ограниченный интерес, поскольку такие оценки не позволяют учесть технологическую информационную и иную специфику конкретных объектов [1].

Создание новой техники предполагает систематический финансово-экономический анализ технических и технологических предложений [49]. Теория приведенной стоимости, лежащая в основе такого анализа, также существенным образом использует понятие рисков [35]. В согласовании с вероятностной сущностью рисков их измерение предполагает априорное знание формы закона распределения и предпочтения лица, принимающего решения [19; 33; 44]. Казалось бы, что теория развита до такой степени, что, при необходимости, проектные риски могут быть с необходимой степенью детализации конкретизированы, изучены и предотвращены [8]. Однако вопрос о том, какова наилучшая мера неопределённости на сегодня остаётся без убедительного ответа и ждёт серьёзного обсуждения [2]. Если, тем не менее, оставаться в рамках вероятностного описания, то неопределенность инновационного проекта может быть проинтерпретирована как невозможность определения полного перечня рисков [9; 47], причем неполнота перечня рисков приводит к тому, что среди неизвестных рисков всегда может быть такой, который, условно, является катастрофическим для проекта. Такому риску должна быть приписана величина вероятности близкой или равной единице. Таким образом, неизвестное, но возможное существование катастрофического риска, препятствует, применительно к инновационным проектам, использованию подходов, развитых для проектов, в которых потенциальная реализуемость не ставится под сомнение.

Важной особенностью является то, что в случае разработки сложных технических объектов, таких как авиационная техника, длительность проектов может достигать 40–50 лет. Принятие решения о реализации проекта базируется на использовании приведенной стоимости. Это предполагает точное значение коэффициента дисконтирования [4; 10; 51]. С методологической точки зрения неточная оценка коэффициента может приводить к различным, зачастую противоположным трактовкам полученной и упущенной выгоды [15]. Еще один аспект использования коэффициента дисконтирования связан с тем, что его изменение влияет на оценку бизнеса. Это вывод следует из характера принимаемых решений в пользу инновационного проекта в ущерб текущему бизнесу, или, наоборот, в пользу обеспечения текущего состояния бизнеса вместо реализации проектов перспективного роста [4; 27]. Использование методов приведенной стоимости для оценки эффективности инвестиций требует точных знаний моментов начала и окончания проектов. Проблема оценки указанных моментов времени получила название «проблемы начала» и «проблемы хвоста» [28]. Суть сводится к, может быть, необоснованному изменению оценки эффективности проекта. Например, отнесение затрат, связанных с НИОКР, на уже принятые к исполнению проекты понижает их эффективность, делая этим проекты на начальных этапах экономически неэффективными. Игнорирование затрат на НИОКР в сметах затрат принятых к исполнению проектов завышает их эффективность, но затраты на НИОКР перекладываются на текущие расходы предприятия, что в итоге приводит к понижению его конкурентоспособности. Можно сделать вывод, что в целом складывается неопределенная картина, на фоне которой должны быть приняты инвестиционные решения.

Сложные технические объекты военного и двойного назначения и финансируются в основном государством и в интересах государства [22]. В связи с этим в ряде работ предлагается поменять подходы к анализу затрат. Вы-

двигается идея необходимости модификации методов анализа и управления под специфику объекта [20], изменения критериев эффективности [21], формирования специальных схем защиты инвестиций в проекты создания таких объектов [30], изменения парадигмы устойчивости [11], изменения оценки рисков [31] и т. д.

Актуальность разработки новых подходов к моделированию инновационных проектов подчеркивается тем, что в настоящее время не существует единой сквозной методологии, связывающей технико-технологические характеристики проектируемых изделий с требуемыми для этого ресурсами на всех этапах проекта. Указанное может формулироваться как проблема информационного разрыва между фазами проектирования и производства и средним и конечным этапами жизненного цикла инновации [43].

Современная точка зрения на процесс проектирования заключается в том, что успех или неудача инновационного проекта связывается с полнотой реализации требований, предъявляемых к инновационной проектной деятельности. Считается, что необходимо максимально расширить участие в инновационной проектной деятельности всех, кто так или иначе с ней связан. Для расширения участия в проектной деятельности, предлагается включать потребителей в процесс генерирования инноваций [38; 41; 45]. Предполагается, что инструменты обеспечения интегрированности, междисциплинарности и целостности подходов к реализации проектной деятельности приобретают решающее значение для конкурентных решений [42]. Для этого задействуется информационный инструментарий, обеспечивающий партнерство и интеграцию специалистов различных областей знаний [36; 39]. Однако, существующие информационные методы и инструменты интеграции подвержены ошибкам [48]. Поиск информационных решений в интегрировании усилий специалистов различных сфер деятельности концентрируются на семантических технологиях и искусственном интеллекте [24; 34; 37; 40; 50], но проблема поиска надежного и последовательно интерпретируемого способа представления разнородной информации не решена [46]. Как следствие, управляемость инновационного технического проекта существенно ограничена [43].

Итак, необходимы подходы, в которых акценты принятия решений не зависят от степени детализации рисков, их абсолютных величин. Принятые решения должны в явном виде учитывать особенности технического объекта и особенности предприятия, на котором проект реализуется.

Методология

В дальнейшем при изложении материала предполагается, что проект создания сложного технического устройства развивается в рамках предприятия, для которого такая деятельность не является абсолютно неизвестной. В такой постановке создание новых технологий, трактуемых в широком смысле, понимается как исторически обусловленный процесс количественного и качественного развития компетенций, ассоциированных с объектом. Развитие проекта, в рамках развиваемого авторами социофизического подхода, рассматривается как обусловленное движение в социофизическом пространстве социофизического объекта [16; 17]. Принятие решения по управлению инновационным проектом базируется на представлении о формировании у проекта свойства, названного социофизическим потенциалом. Это характеристика состояния проекта. Социофизический потенциал у проекта формируется по мере его исполнения. Величина и структура потенциала обуславливается и согласуется со свойствами проектируемого объекта, но также и с характеристиками предприятия. Социофизический потенциал как свойство численно оценивается через множество величин, каждая из которых представляет собой накопленный социофизический потенциал актива проекта. Таким образом, накопленный социофизический потенциал актива проекта – это численная оценка одного из аспектов социофизического потенциала; накопленный потенциал отражает текущую оценку ценности исторически сформированного актива. Предприятие, с позиции социофизического моделирования рассматривается как сложная система, включающая в себя разнообразные подсистемы: техническую, организационную, технологическую, социальную, экономическую, ин-

формационную, определяющие все вместе социофизический потенциал проекта У всех элементов – у проектных подсистем, у проекта в целом, у предприятия, а также у участков, цехов и других организационных элементов формируются социофизические потенциалы. Каждая подсистема характеризуется своим социофизическим потенциалом: техническая подсистема характеризуется социофизическим техническим потенциалом, информационная подсистема – информационным социофизическим потенциалом и т. д. Таким образом, социофизический технический потенциал проекта – это характеристика текущего состояния технического аспекта проекта, обусловленная прошлым, как самого проекта, так и предприятия, на котором проект реализуется. Соответственно, социофизический информационный потенциал – это характеристика состояния информационного аспекта проекта, обусловленная прошлым проекта и предприятия, на котором проект реализуется и т. д. Проект, условно, в предначальный момент времени, до тех пор, пока он не принят к исполнению, обладает социофизическим потенциалом, определяемым социофизическими потенциалами лица или группы лиц, которые «формируют облик» будущего инновационного проекта. Потенциал проекта изменяется по мере исполнения, причем изменение проектного потенциала является элементом изменения потенциала предприятия. По завершении проекта его социофизический потенциал не пропадает, а остается в составе потенциала предприятия. Поэтому помимо выполнения собственно проекта, одной из целей инновационной проектной деятельности может быть формирование социофизического потенциала предприятия.

Любой объект рассматривается как социофизический объект, после того, как для него определяется социофизический потенциал. Любой социофизический объект, с точки зрения социофизического моделирования – это социофизическая система. В процессе выполнения проекта социофизические потенциалы формируются у проекта, у предприятия, у спроектированного объекта. Протекающие процессы с позиции социофизического моделирования рассматриваются как социофизические системные процессы в едином социофизическом пространстве. Интерпретация социофизических процессов связывается с интерпретацией аспектов движения. Так, динамика экономической компоненты социофизического потенциала интерпретируется как экономическая модель поведения социофизического объекта. Следует отметить, что экономическая модель проекта, описанного с социофизической точки зрения, отличается от модели проекта, описанного как экономический объект, поскольку помимо экономической учитываются другие компоненты – технологические, информационные и т. д.

Известно, что законы движения физических систем формулируются исходя из принципа наименьшего действия Гамильтона [13]. Базовый принцип формирования социофизического потенциала носит название принципа максимума социофизического действия. Таким образом, законы нефизических аспектов движения социофизических систем формулируются исходя из принципа, имеющего интерпретацию, противоположную интерпретации принципа наименьшего действия [18]. Применительно к анализу объектов принцип максимума социофизического действия может интерпретироваться как принцип разумного поведения. С точки зрения экономической рациональности [26] интерпретация принципа максимума сводится к тому, что субъект рассматривается как ограниченно рациональный субъект.

Характер изменения социофизического потенциала предприятия соотносится с динамикой переменных предприятия [6]. Соответственно, характер изменения социофизического потенциала проекта соотносится с динамикой переменных проекта. Управление проектом, с социофизической точки зрения, рассматривается в контексте управления социофизическим потенциалом предприятия, на котором проект реализуется. Моделирование предприятия и проекта в едином социофизическом пространстве открывает возможность их сопоставления и координированного управления.

Величина накопленного потенциала определяется следующей формулой:

$$x(q,t) = \int_{\tau=0}^{t} q(t-\tau)\,\psi(\tau)\,d\tau, \qquad (1)$$

где $q(t)$ – это переменная состояния, множество которых характеризует предприятие или проект как объект управления; t – время; τ – параметр времени; $\psi(\tau)$ – социофизическая функция. Социофизическая функция $\psi(\tau)$ обладает следующими свойствами: $|\psi(\tau)| \to 0$, если $t \to \infty$; $\psi(t) = 0$, если $t < 0$; $\|\psi\| = 1$.

Экономическая интерпретация накопленного потенциала X заключается в следующем: накопленный потенциал отражает текущую экономическую оценку ценности исторически сформированного актива, измеряемого переменной q. Социофизическая функция μ – это функция, отражающая представление об объекте как об интегрированной социофизической системе. Социофизическая функция проекта учитывает не только время, но и сложившиеся разнообразные индивидуальные свойства как предприятия, на котором проект исполняется, так и проектируемого изделия.

Для исследуемого проекта необходимо определить ресурсный ($x_{\text{рес}}$) и результирующий ($x_{\text{рез}}$) накопленные потенциалы. Может быть определен коэффициент, равный тангенсу угла (α) наклона касательной к характеристике, связывающей эти потенциалы (рис. 1*а*). В качестве одного из накопленных ресурсных потенциалов для предприятия может рассматриваться накопленный потенциал внеоборотных активов:

$$x_{\text{рес}}^{\text{предп}} = \int_{\tau=0}^{t} q_{\text{ва}}(t-\tau)\,\psi(\tau)\,d\tau, \qquad (2)$$

где $q_{\text{ва}}(t-\tau)$ – это величина внеоборотных активов в момент времени $t-\tau$, сдвинутый в прошлое на τ, относительно времени t определения потенциала внеоборотных активов. В качестве одного из результирующих накопленных потенциалов для предприятия может рассматриваться потенциал выручки:

$$x_{\text{рез}}^{\text{предп}} = \int_{\tau=0}^{t} q_{\text{в}}(t-\tau)\,\psi(\tau)\,d\tau, \qquad (3)$$

где $q_{\text{ва}}(t-\tau)$ – это величина выручки, зафиксированной в момент времени $t-\tau$, сдвинутом в прошлое на τ относительно момента времени t определения потенциала выручки. Соответственно, для проекта, в роли ресурсного потенциала может рассматриваться накопленный потенциал затрат на оборудование проекта, в роли результирующего потенциала – накопленный потенциал той части выручки, которая обязана реализации проекта. Следует отметить, что распределение потенциалов на ресурсный и результирующий потенциалы определяется постановкой задачи. Описание модели проекта начинается с модели, имеющей форму связи потенциалов

$$x_{\text{рез}}^{\text{проект}} = f(x_{\text{рес}}^{\text{проект}}),\ f' = \frac{dx_{\text{рез}}^{\text{проект}}}{dx_{\text{рес}}^{\text{проект}}} = \operatorname{tg}\alpha. \qquad (4)$$

На рисунке 1*а* эта характеристика проекта представлена линией AA'. Она соответствует тому состоянию предприятия и тем объектам, которые производятся на предприятии до момента начала выполнения проекта. Необходимость в создании и производстве технически более совершенного объекта, например, необходимость в использовании и обработке новых материалов, или реализация новых тактико-технических свойств проектируемых объектов или иные потребности, реализуемые в инновациях, приводят к изменению модели объекта. Изменение потенциала ресурса на одну единицу после технологических изменений приводит к изменению результирующего потенциала на большую величину, чем аналогичное изменение потенциала результата до технологических изменений. Так что угол наклона линии модели потенциалов увеличивается $\alpha \to \beta$, $\beta > \alpha$. Новой модели объекта соответствует линия BB'. Угол наклона линии по мере реализации проекта увеличивается и становится равным tg β. Штриховая линия на рисунке описывает социофизическую траекторию динамических процессов, разворачивающихся на предприятии, связанных с технологическими трансформациями. Отрезок траектории между точками O и O' представляет социофизическую траекторию, моделирующую процессы, разворачивающиеся на предприятии при выполнении конкретного проекта.

Общие требования к проекту могут формулироваться в виде требований к длительности его выполнения (ΔT), к финансовым результатам, которые должны быть достигнуты

(h_0), например, в форме требования обеспечения систематических доходов в размере h_0, $\frac{\text{руб.}}{\text{ед. врем.}}$, и в форме других требований. Социофизическая интерпретация указанных требований сводится к следующему. Предположим, что в момент времени t_0 принято решение о реализации проекта. Требования к проекту с социофизической точки зрения представляют собой барьер, который должен быть преодолен. В рассматриваемом случае барьер принимает форму финансово-экономического барьера, преодоление которого является только одной из целей проекта. Форма барьера приведена на рисунке 1*б*. Если по окончании проекта через время ΔT выполнения проекта должна быть обеспечена дополнительная регулярная выручка в размере не менее h_0, усл. ед., то с точки зрения социофизического подхода, величина h_0 определяет высоту барьера. В общем случае, высота барьера может изменяться по мере увеличения времени. Необходимо отметить, что высота барьера (U) связана не только с обязательным выполнением упомянутых финансово-экономических требований, но также и с необходимостью обеспечения роста других компонент.

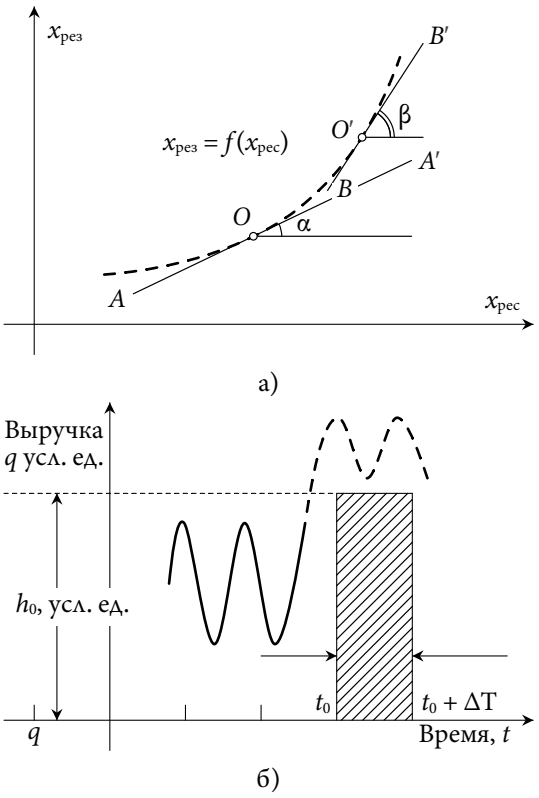


Рисунок 1 – Модель проекта и форма барьера (пунктиром показана линия связывающая потенциалы предприятия)

Figure 1 – The model of the project and the shape of the barrier (the dashed line connects the potentials of the enterprise)

Социофизические коэффициенты, обозначенные далее коэффициентом k с индексами, определяются через потенциалы и поэтому могут быть сопоставлены с понятием уровня технологического уклада, представленного на анализируемом предприятии. Поскольку понятие технологического уклада в настоящее время применяется к совокупности производств, применительно к предприятию используется уточняющий термин, а именно, «технологический уклад предприятия». Так что, уровень технологического уклада предприятия – это, с позиции социофизического моделирования, коэффициент, отражающий эффективность освоения разнообразных ресурсов предприятием. Особенностью определения уровня технологического уклада предприятия с использованием накопленных социофизических потенциалов является возможность учета индивидуальных особенностей предприятия, отражающихся в накопленных потенциалах. Поскольку накопленные потенциалы могут быть определены также и для проекта, то применительно к проекту может быть определен уровень технологического уклада проекта. Сопоставление накопленных потенциалов переменных различных типов позволяет определить различные коэффициенты, каждый из которых определяет формирование результата в соответствие с технологическим уровнем освоения ресурса.

Следует отметить следующее преимущество использования социофизического подхода к анализу инновационных проектов: величина накопленного потенциала дает интегральную оценку ценности актива за все время его формирования. Иными словами, в величине накопленного потенциала учитываются не просто значения актива за все время его анализа, но и промежуток времени анализа. Это следует прямо из формулы (1). Таким образом, формулирование цели проекта в виде некоторой величины накопленного потенциала предполагает выполнение согласованных требований, как к длительности проекта, так и к графикам формирования требуемых активов. С точки зрения социофизического пред-

ставления, цели проектов различаются, если у них одинаковыми являются длительность и сумма запрашиваемых финансовых активов, но различаются графики освоения.

Экономическая эффективность инновационного проекта ($r_{эфф}$) создания технически сложного изделия определяется как результат уточнения оценки финансовых затрат и финансовых результатов в сочетании с оценкой времени выполнения этапов проекта и жизненного цикла проекта в целом. Численно она определяется как отношение разности $\Delta x_{рес}$ накопленных потенциалов ресурсов, которые надо было бы потратить, если бы проект выполнялся без технологических усовершенствований ($x'_{рес}$) и потенциалов проекта с технологическими усовершенствованиями ($x_{рес}$) к величине накопленного потенциала проекта $x_{проект}$:

$$r_{эфф} = \frac{\Delta x_{рес}}{x_{проект}} = \frac{|x'_{рес} - x_{рес}|}{x_{проект}}. \qquad (5)$$

Достижение проектных результатов может обеспечиваться в рамках существующего на предприятии технологического уклада (рис. 2*а*). Этот случай характерен для инвестиционных проектов. Пусть в момент времени начала проекта t_0 потенциал предприятия оценивается парой величин $\left(x_{рес}(t_0), x_{рез}(t_0)\right)$. Требуется обеспечить потенциал в размере $x_{рез}(t_1) = x_{рез}(t_1) + \Delta x_{рез}$ к моменту времени t_1. Потенциал внешних инвестиций предприятия оценивается величиной $\Delta x_{рес}$. Это означает, что предприятие, пользуясь исключительно внешними инвестициями, может обеспечить результирующий потенциал в размере $\Delta x'_{рез} = \Delta x_{рес} \cdot \operatorname{tg}\alpha$. Этого, может оказаться недостаточным. Потенциал $\Delta x'_{рез}$ может рассматриваться как величина, предопределяемая инвестициями предприятия, не связанными с проектом. С точки зрения развиваемого социофизического подхода, объяснение сводится к тому, что, потребляя внешний инвестиционный потенциал, предприятие генерирует собственный потенциал, равный $\Delta x'_{рез}$.

Схема социофизического описания проектных результатов в случае, когда на предприятии изменяется технологический уклад, в целом подобна схеме описанной ранее. Она реализуется в том случае, когда по каким-либо причинам недостаток в результирующем потенциале не может быть скомпенсирован ресурсным потенциалом. С точки зрения моделирования выделяются два случая: первый случай связан с недостатком времени на достижения требуемой величины результирующего потенциала. Второй случай связан с принципиальной невозможностью достижения требуемой величины результирующего потенциала при существующем на предприятия уровне технологического уклада. Вторая схема описания социофизических процессов отличается от приведенной первой схемы в том, как моделируется переход на новые технологии. На рисунке 2*б* показан случай, когда предприятие переходит на новую технологию ($\alpha \to \beta$) по окончании проекта к моменту времени t_1. Социофизическое моделирование выполнения проекта заключается в моделировании движения объекта из точки $O(t_0)$ в точку $O''(t_1)$ по окончании проекта. Дальнейшее развитие предприятия осуществляется вдоль линии $O'O''$. Эффект от перехода на новую технологию может быть описан двояким способом.

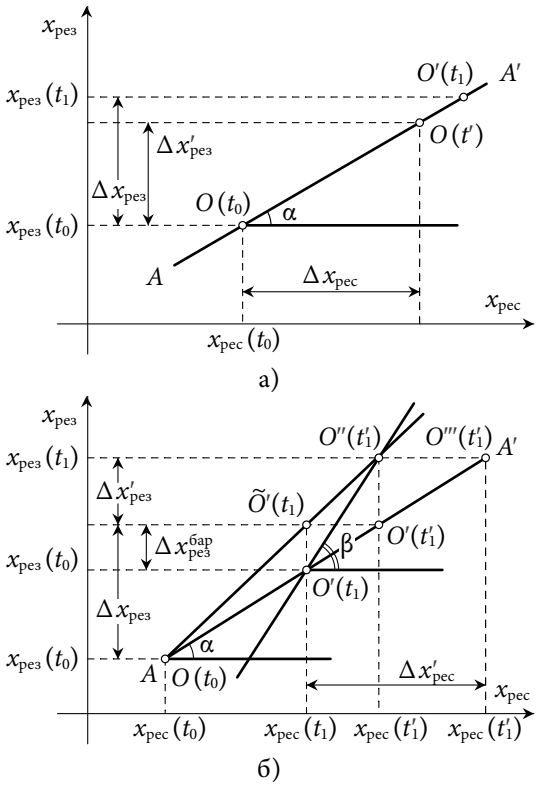


Рисунок 2 – Выполнение проекта в рамках существующего на предприятии (а) и при изменяющемся (б) технологическом укладе

Figure 2 – Implementation of a project carried out within the existing (a) and changing (b) technological structure of the enterprise

Первый способ оценки указывает на дополнительный потенциал, который приобретает предприятие от такого перехода. Он отражается отрезком $\Delta x'_{\text{рез}}$ с вершинами в точках O'' и O' (рис. 2*б*). Второй способ оценки указывает на экономию ресурсов и моделируется отрезком $\Delta x'_{\text{рес}}$. Потенциал предприятия в момент начала выполнения проекта определяется величинами $\left(x_{\text{рес}}(t_0), x_{\text{рез}}(t_0)\right)$. Проектная цель в рамках социофизического подхода рассматривается как обеспечение потенциала в размере $x_{\text{рез}}(t_1) = x_{\text{рез}}(t_1) + \Delta x_{\text{рез}}$ к моменту времени t_1. В случае инвестиционного проекта с сохранением технологии, действительное изменение определялось бы точками $O(t_0)$ и $\tilde{O}''(t_1)$. Изменение высоты барьера $\Delta x_{\text{рез}}^{\text{бар}}$, обусловленное изменением технологического уклада, определяется отрезком $O''\tilde{O}''(t_1)$.

Методика принятия решений

Итак, достижение определенной величины накопленного потенциала объявляется целью выполнения проекта. Инвестиционные решения прямо связаны с характеристиками предприятия. Они определяются тем, изменяются ли показатели технологического уклада предприятия, и если изменяются, то насколько. Каждый из показателей технологического уклада характеризует определенную сторону динамики функционирования предприятия. Показатель текущего уровня технологического уклада характеризует текущие динамические свойства предприятия; показатель среднего уровня технологического уклада характеризует динамические свойства предприятия в среднем за некоторый промежуток времени. Это может быть произвольный промежуток времени длиной в полгода, год, два года, или промежуток времени продолжительности, которая интересует исследователя. Показатель абсолютной величины технологического уклада предприятия характеризует динамические свойства предприятия на всем промежутке времени развития предприятия. Начальный момент времени может быть отнесен как угодно далеко к моменту начала деятельности предприятия. Для точки A, соответствующей текущим значениям ресурсного и результирующего потенциалов (рис. 3) определяются:

– текущая величина уровня технологического уклада:

$$k_{\text{тек}} = \operatorname{tg}\gamma \tag{6}$$

– средняя величина уровня технологического уклада:

$$k_{\text{ср}} = \operatorname{tg}\beta \tag{7}$$

– абсолютная величина уровня технологического уклада:

$$k_{\text{абс}} = \operatorname{tg}\alpha \tag{8}$$

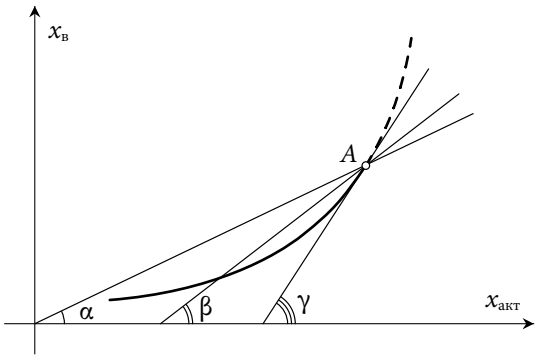


Рисунок 3 – Определение уровней технологического уклада предприятия
Figure 3 – Determining the levels of the technological structure of the enterprise

Методика принятия инвестиционного решения в случае, когда на предприятии сохраняется показатель уровня технологического уклада, отличается от случая, когда показатель меняется. Рассмотрим первый случай, когда уровень технологического уклада предприятия сохраняется некоторое время до выполнения проекта, и не изменяется после его выполнения.

Принятие решения о реализации проекта или отказе от него с позиции социофизического моделирования связано с сопоставлением показателей уровней технологических укладов для анализируемого проекта и для предприятия. Сравниваются показатели, полученные на основании расчетов потенциалов сопоставимых величин. Часто, перечни регистрируемых параметров проекта и предприятия не совпадают. В этом случае можно воспользоваться расчетом показателей по методу цепочки. Идея расчета показателя уровня технологического уклада по методу цепочки заключается в использовании того свойства, что искомая величина не изменяется, если ее умножить и разделить на одну и ту же величину:

$$k_{(\cdot)} = \frac{\Delta x_{\text{рез}}}{\Delta x_{\text{рес}}} = \frac{\Delta x_{\text{рез}}}{\Delta x_{\text{рес}}^{(1)}} \cdot \frac{\Delta x_{\text{рес}}^{(1)}}{\Delta x_{\text{рес}}^{(2)}} \cdot \ldots \cdot \frac{\Delta x_{\text{рес}}^{(n)}}{\Delta x_{\text{рес}}}, \tag{9}$$

где $k_{(\cdot)}$ – это один из коэффициентов $k_{\text{тек}}$, $k_{\text{ср}}$, $k_{\text{абс}}$. В формуле (9) введенные вспомогательные сомножители имеют вид отношения потенциалов:

$$k_{i+1}^{i} = \frac{\Delta x_{\text{рес}}^{(i)}}{\Delta x_{\text{рес}}^{(i+1)}}, \qquad (10)$$

где $\Delta x_{\text{рес}}^{(i)}$, $\Delta x_{\text{рес}}^{(i+1)}$ – изменения потенциалов активов предприятия, определенные для соответствующих промежутков времени. k_{i+1}^{i} – сравнительный показатель (текущий, средний или абсолютный) уровней укладов формирования активов за номерами i и $i+1$. Более удобным является вычисление коэффициентов k_{i+1}^{i} в базовых величинах. Для этого необходимо дополнительно умножить и разделить уравнение (10) на базовую величину потенциала ресурса, который рассматривается в качестве базового:

$$k_{i+1}^{i} = \frac{\Delta x_{\text{рес}}^{(i)}}{\Delta x_{\text{рес}}^{(i+1)}} \cdot \frac{\Delta x_{\text{баз}}}{\Delta x_{\text{баз}}} = \frac{\Delta \tilde{x}_{\text{рес}}^{(i)}}{\Delta \tilde{x}_{\text{рес}}^{(i+1)}}, \qquad (11)$$

где через $\Delta \tilde{x}_{\text{рес}}^{(i)}$ и $\Delta \tilde{x}_{\text{рес}}^{(i+1)}$ обозначены потенциалы активов предприятия в относительных величинах. В дальнейшем символ тильды над обозначением потенциалов опускается, чтобы не загромождать запись формул. Поскольку каждый из коэффициентов расчитывается на одних и тех же временных горизонтах, то можно утверждать, что каждый из коэффициентов k_{i+1}^{i} показывает относительные темпы формирования потенциалов активов. Если $k_{i+1}^{i} > 1$, то относительный темп формирования потенциала i-го актива сравнительно выше, чем относительный темп формирования потенциала $(i+1)$-го актива. Соответственно, если $k_{i+1}^{i} < 1$, то темп формирования потенциала i-го актива ниже, чем темп формирования $(i+1)$-го актива. Логика вычисления коэффициентов k_{i+1}^{i} показывает, что сопоставляться могут не только темпы формирования одних и тех же активов в различных подразделениях предприятия, но и темпы формирования разных активов в одном подразделении предприятия, а также темпы формирования разных активов в разных подразделениях предприятия. В итоге, требуемый показатель уровня технологического уклада получается как произведение цепочки:

$$k_{(\cdot)} = \frac{\Delta x_{\text{рез}}}{\Delta x_{\text{рес}}} = \frac{\Delta x_{\text{рез}}}{\Delta x_{\text{рес}}^{(1)}} \cdot \prod_{i=2}^{n} k_i^{(i-1)} \cdot \frac{\Delta x_{\text{рес}}^{(n)}}{\Delta x_{\text{рес}}}. \qquad (12)$$

Коэффициенты k_{i+1}^{i} образуют матрицу, которую можно назвать структурной моделью предприятия, определенной на некотором промежутке времени. Обобщенный вид структурной модели предприятия представлен в таблице 1. Следует еще раз отметить, что в качестве элементов могут выбираться различные активы структурных единиц предприятия – цеха, группы цехов и т. д. Полная структурная модель предприятия составляется для текущих, средних и абсолютных коэффициентов технологических укладов.

Принятие решения о реализации проекта или отказе от него с позиции социофизического моделирования связано с анализом коэффициента технологического уклада проекта, вычисленного на сопоставимых с предприятием активах на предполагаемом промежутке времени выполнения проекта. Рассмотрим два случая, когда принимаются решения о реализации двух одинаковых проектов. Отличие сводится к различию потенциалов предприятий, на которых предполагается реализация проекта.

1) На рисунке 4*а* приведен случай, когда проект, планируемая динамика потенциалов которого отображается отрезком OA, имеет такой же угол наклона, что и кривая потенциалов предприятия. Если за время проекта потенциалы предприятия изменятся в соответствие с отрезком BB', то суммарное изменение с учетом проектных потенциалов отразится отрезком BB''. Здесь соблюдается равенство отрезков: $OA' = B'B''$.

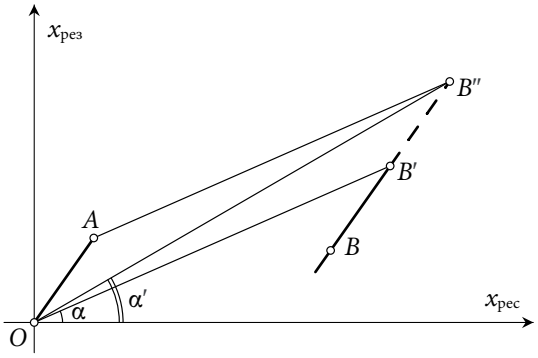
Таблица 1 – Структурная модель предприятия в разрезе μ-го актива

Table 1 – Structural model of the enterprise in the context of the μ-asset

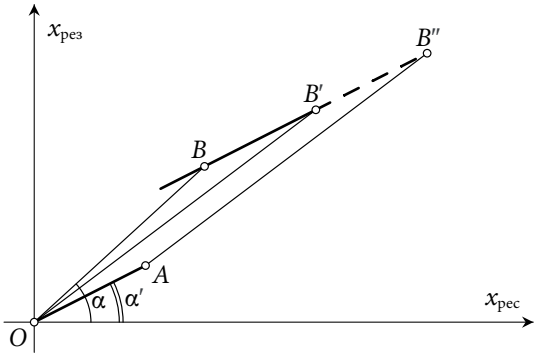
Актив		Предприят.	Цех 1	...	...	Подразделен. N
		$i=0$	$i=1$	...	...	$i=N$
Предприят.	$j=0$			...	...	...
Цех 1	$j=1$	$k_{1,0}^{\mu}$		...	...	$k_{1,N}^{\mu}$
...	...	...	...	...		...
Подразделен. N	$j=N$	$k_{N,0}^{\mu}$	$k_{N,1}^{\mu}$	...	...	

В результате выполнения проекта показатель абсолютной величины уровня технологического уклада увеличится с величины $k_{абс} = \text{tg}\,\alpha$ до величины $k'_{абс} = \text{tg}\,\alpha'$. Показатели значений среднего и текущего уровней технологического уклада предприятия не изменятся. В целом, случай 1 характерен для реализации инвестиционных проектов на предприятии, находящемся в фазе развития. Проект должен быть принят к реализации.

2) На рисунке 4*б* приведен случай, когда проект, планируемая динамика потенциалов которого отображается отрезком *OA*, имеет такой же угол наклона, что и кривая потенциалов предприятия. Иными словами, проектные характеристики в обоих случаях одинаковы. Отличие заключается в том, что предприятие находится в фазе стабилизации или в фазе стагнации. Если за время выполнения проекта потенциалы предприятия изменятся в соответствие с отрезком BB', то суммарное изменение с учетом проектных потенциалов отразится, как и в случае 1, отрезком BB''. Здесь также соблюдается следующее условие равенства отрезков: $OA = B'B''$.



а)

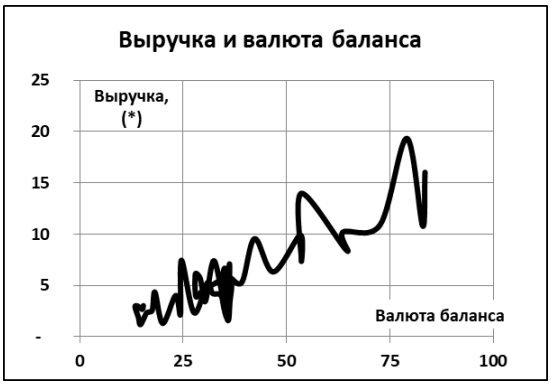


б)

Рисунок 4 – Принятие решения о реализации инвестиционного проекта

Figure 4 – Making a decision on the implementation of an investment project

В отличие от случая 1, в результате выполнения проекта показатель абсолютной величины уровня технологического уклада уменьшится с величины $k_{абс} = \text{tg}\,\alpha$ до величины $k'_{абс} = \text{tg}\,\alpha'$. Показатели значений среднего и текущего уровней технологического уклада предприятия не изменятся. Проект должен быть отклонен. Результаты принимаемых решений определяются не только проектными характеристиками, но и характеристиками предприятия. Одинаковые проекты для одних предприятий могут быть приняты к исполнению; для других – отвергнуты.



а)



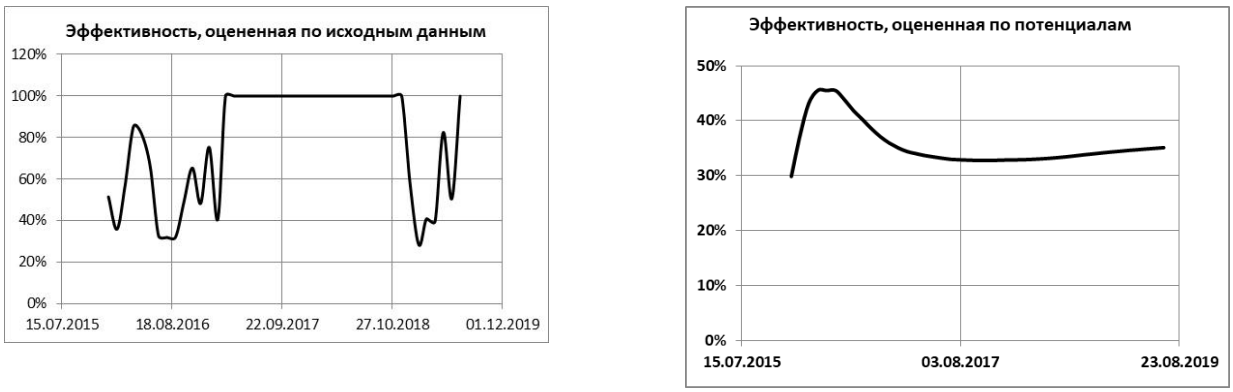
б)



в)

Рисунок 5 – Иллюстрация расчетов накопленных потенциалов предприятия

Figure 5 – Illustration of calculations of the accumulated potential of the enterprise



а) б)

Рисунок 6 – Иллюстрация определения эффективности проекта
Figure 6 – Illustration of project performance definition

Результаты моделирования

Использование социофизического подхода позволяет получать адекватные результаты, обладающие высокой информативностью. В качестве иллюстрации на рисунке 5 приводятся результаты расчетов потенциалов предприятия, выполненные на горизонте данных в 14 лет. Анализ графиков показывает, что уровень неопределенности в исходных данных превышает 50 %, в ряде случае она достигает 90 %. Использование потенциалов позволяет повысить адекватность модели. Это создает предпосылки для использования социофизического подхода при принятии инвестиционных решений.

На рисунке 6 приводятся результаты оценки эффективности реального проекта по исходным данным (рис. 6*а*) и по потенциалам (рис. 6*б*). Эффективность определяется путем сопоставления накопленных потенциалов запланированного и фактического производства товарной продукции проекта. Сопоставление графиков подтверждают высокую информативность социофизических моделей применительно к моделированию проектов.

Заключение

В статье изложены элементы методики моделирования проектов создания сложных технических объектов, базирующихся на социофизическом подходе. Приведены определения социофизического потенциала объекта, накопленного потенциала актива объекта, соответсвующих потенциалов предприятия и проекта, реализуемого на этом предприятии. Подход является методологической основой для формирования проекта создания системы управления жизненным циклом объекта. Изложены особенности принятия решений, направленных на управление проектом, реализуемого в рамках предприятия. Теоретические результаты проиллюстрированы результатами расчетов накопленных потенциалов предприятия, а также результатами оценки эффективности проекта с использованием накопленных потенциалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аралов О.В., Сайко Е.В. (2011). Разработка математической модели оценки финансовой реализуемости плана ОКР по созданию сложных технических систем // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. № 3. С. 36–41.

2. Балакин Д.А., Волков Б.И., Еленина Т.Г., Кузнецов А.С., Пытьев Ю.П. (2014). Математическое моделирование субъективных суждений в теории измерительно-вычислительных систем // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. Т. 18. № 2. С. 33–78.

3. Бычкова О.Ю., Преображенский А.П. (2019). Об особенностях реализации и разработок инновационного проекта в компании // Вестник Воронежского института высоких технологий. № 4 (31). С. 82–85.

4. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. (2008). Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М. : Дело.

5. Вишняков А.А. (1999). Совершенствование механизма оценки реализуемости инновационных проектов: диссертация на соискание

ученой степени кандидата экономических наук. Саратов.

6. Гизатуллин Х.Н., Мустаев И.З., Фатхуллина Л.З. (2009). Инновационные модели финансового менеджмента предприятия. Уфа : АН РБ, Гилем.

7. Глазьев С.Ю. (1993). Теория долгосрочного технико-экономического развития. М. : ВлаДар.

8. Гужов В.В. (2014). Особенности оценки и управления рисками в инновационных проектах // Вестник УМО. Экономика, статистика и информатика. № 5. С. 17–21.

9. Капустин В.Ф. (1993). Неопределенность: виды, интерпретации, учет при моделировании и принятии решений // Вестник СпбГУ. Вып. 2. С. 108–114.

10. Ковалев В.В. (2014). Финансовый менеджмент: теория и практика. М. : Проспект.

11. Анисимов С.Н., Колобов А.А., Омельченко И.Н., Орлов А.И., Иванилова А.М., Краснов С.В. (2006). Проектирование интегрированных производственно-корпоративных структур: эффективность, организация, управление. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.

12. Курако Д.В., Дроздов М.А., Рагозина М.А. (2018). Особенности инновационных проектов ракетно-космической отрасли // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Т. 2. № 4 (14). С. 699–701.

13. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. (1973). Механика. Т. 1. М. : Наука.

14. Лубянская Э.Б., Анисимов Ю.П. (2019). Особенности системы стратегического управления инновационными проектами в условиях цифровой экономики // Организатор производства. Т. 27. № 2. С. 81–93.

15. Лукашов В.Н., Лукашов Н.В. (2019). Определение величины ставки дисконтирования для инвестиционного проектирования и оценки бизнеса: о различии подходов к исчислению и применению // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. Т. 35. Вып. 1. С. 83–112. DOI: 10.21638/spbu05.2019.104.

16. Мустаев И.З. (2012). Экономические модели инноватики. Уфа : Изд-во УГАТУ.

17. Мустаев И.З. (2017). Социофизические модели инноватики. Уфа : РИК УГАТУ.

18. Мустаев И.З., Гизатуллин Х.Н. (2015). Использование накопленных потенциалов для построения моделей развития // Журнал экономической теории. № 3. С. 122–134.

19. Моргенштерн О., фон Нейман Дж. (2012). Теория игр и экономическое поведение. М. : Наука.

20. Орлов А.И. (2009). Менеджмент: организационно-экономическое моделирование. Ростов-н/Д : Феникс.

21. Орлов А.И. (2013). Критерии выбора показателей эффективности научной деятельности // Контроллинг. № 3 (49). С. 72–78.

22. Орлов А.И. (2014). Организационно-экономическое обеспечение инновационной деятельности в ракетно-космической отрасли // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. № 102. С. 112–143.

23. Охезина Г.М. (2013). Методы оценки перспективности и реализуемости процессных инноваций на промышленном предприятии: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Н. Новгород.

24. Палюх Б.В., Бурдо Г.Б. (2011). Метод интеллектуальной оценки решений при проектировании технологии в многономенклатурных производствах // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Т. 17. № 2. С. 342–350.

25. Русаков С.Н. (2015). Методика оценки технологической реализуемости производства инновационной продукции двойного назначения // Экономические и гуманитарные науки. № 4 (279). С. 45–54.

26. Саймон Г. (1978). Рациональность как процесс и продукт мышления // American Economic Review. Т. 68, № 2. С. 1–16.

27. Славянов А.С. (2016). Проблемы оптимизации ресурсного потенциала ракетно-космической промышленности в условиях сокращения бюджетных расходов // Инновации в менеджменте. № 3 (9). С. 58–69.

28. Смоляк С.А. (2006). О методологии оценки эффективности реальных инвестиционных проектов // Российский экономический журнал. № 9-10. С. 63–73.

29. Танака К. (1986). Итоги рассмотрения факторов неопределенности и неясности в инженерном искусстве // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. М. : Радио и связь. С. 37–50.

30. Хрусталёв Е.Ю., Славянов А.С., Сахаров И.Е. (2013). Методы и инструментарий выбора механизмов экономической защиты наукоемких производств на примере ракетно-космической промышленности // Экономиче-

ский анализ: теория и практика. № 30 (333). С. 2–11.

31. Чурсин А.А., Русинов А.А., Волков В.А. (2012). Оценка рисков устойчивого развития высокотехнологичных областей промышленности при внедрении инновационных технологий // Экономика и управление в машиностроении. № 1. С. 25–29.

32. Шарп У., Александер Г., Бейли Дж. (2001). Инвестиции. М. : ИНФРА-М.

33. Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M. *et al.* (1999). Coherent Measures of Risk, *Math. Finance*, no. 3, pp. 203–228.

34. Borgo S., Leitão P. (2007). Foundations for a Core Ontology of Manufacturing *Integrated Series, Information Systems*, no. 14, pp. 751–775. DOI: 10.1007/978-0-387-37022-4.

35. Brealey R., Myers S. (1997). Principles of corporate finance. McGraw-Hill.

36. Chesbrough H. (2007). Open Business Models. Boston, Harvard Business School Press.

37. Chungoora N., Gunendran G. A., Young R. I. M., Usman Z., Anjum N. A., Palmer C., Harding J. A., Case K., Cutting-Decelle A. F. (2012). Extending Product Lifecycle Management for Manufacturing Knowledge Sharing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, *Journal of Engineering Manufacture*, vol. 226, no. A12, pp. 2047–2063. DOI: 10.1177/0954405412461741.

38. Deci E. L., Ryan R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York, Plenum Press.

39. Enkel E., Perez-Freije J., Gassmann O. (2005). Minimizing market risks through customer integration in new product development: Learning from bad practice, *Creativity and Innovation Management*, vol. 14, no. 4, pp. 425–437.

40. Forkel M. (1994). Cognitive tools an approach for problem solving. Munchen, Hanser Verlag.

41. Heider F. (1958). The Psychology of Interpersonal Relations. NJ, Lawrence Erlbaum. John Wiley & Sons Inc. DOI: 10.1037/10628-000.

42. Huber A. Presentation by Siemens CEO. Milan: World Manufacturing Forum. URL: http://www.ims.org/2014/07/world-manufacturing-forum-2014/ (accessed 01.04.2020).

43. Kiritsis D., Bufardi A., Xirouchakis P. (2004). Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems, *Advanced Engineering Informatics*, vol. 17, no. 3-4, pp. 189–202.

44. Markowitz H. M. (1952). Portfolio Selection, *J. Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91.

45. Mausner B., Snyderman B. B., Herzberg F. (1993). Motivation to Work. Edison, NJ, Transaction.

46. Palmer C., Usman Z., Canciglieri O., Malucelli A., Young R. I. M. (2017). Interoperable manufacturing knowledge systems, *International journal of production research*, vol. 56, no. 8, pp. 2733–2752.

47. Pshebelskaya L. U. (2014). Risks of innovative projects and methods to reduce them, *Belarusian State Technological University*, no. 7 (171), pp. 18–20.

48. Ray S. R., Jones A. T. (2006). Manufacturing Interoperability, *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 17, no. 6, pp. 681–688. DOI: 10.1007/s10845-006-0037-x.

49. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / утв. 21.06.1999 Минэкономики РФ, Минфин РФ, Госстроем РФ // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/ (дата обращения: 01.04.2020).

50. Schreiber A. Th., Hoog R., Akkermans H., Anjewierden A., Shadbolt N., Velde W. (2000). Knowledge engineering and management. In: *The Common KADS methodology.* Cambridge, The MIT Press.

51. Treynor J. L. (1961). Market Value, Time and Risk, *Unpublished manuscript*, no. 95, pp. 95–209.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мустаев Ирек Закиевич – доктор экономических наук; Уфимский государственный авиационный технический университет (450000, Россия, Уфа, ул. К. Маркса, 12); fermi_moustaev@mail.ru.

Максимова Наталья Константиновна – ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение (450039, Россия, Уфа, ул. Ферина, 2); natalia_02.78@mail.ru.

Мустаев Тимур Ирекович – Уфимский государственный авиационный технический университет (450000, Россия, Уфа, ул. К. Маркса, 12); tima.mus.1321@gmail.com.

PROJECT MANAGEMENT FOR CREATING TECHNICALLY COMPLEX PRODUCTS BASED ON THE USE OF SOCIO-PHYSICAL MODELS

I.Z. Mustaev[a], N.K. Maksimova[b], T.I. Mustaev[a]

[a]Ufa State Aviation Technical University
[b]UEC-Ufa Engine-Building Production Association

ABSTRACT:
The article is concerned with the presentation of an approach to the management of innovative projects of complex technical items performed at the enterprise. Modeling is based on the socio-physical approach used for analyzing and predicting the behavior of socio-physical objects.

The subject of the article is an innovative project for creating a complex technical object. It is shown that the proposed approach allows taking into account individual economic, technological and other features of the enterprise where the project is implemented, as well as taking into account the technical features of the designed object. A comparison of the nature of the decision to implement the project using the socio-physical approach and using the estimate of the present value of the project is given. The advantages of the approach in project modeling are noted.

Within the framework of socio-physical modeling, the concepts of the socio-physical potentials of a technical object, project, and enterprise where the project is implemented are formalized. The mathematical description of the accumulated potential is given. The formula contains a socio-physical function whose properties are given. The structure of socio-physical models of enterprises and projects is revealed. An illustration of the dynamics of changes in the potentials of a project implemented as part of an enterprise is given. The definition of the technological structure of the enterprise is introduced, as well as formulas for calculating the levels of the technological structure of the project and the enterprise. A graphic illustration of the project execution process performed within the existing technological structure of the enterprise and with the changing technological structure of the enterprise is given. The article introduces a structural model of the enterprise that is formed as a result of calculating the accumulated potentials of the enterprise's organizational units involved in the implementation of an innovative project. Elements of decision-making related to project management using the structural model are described. The results of calculations confirming the efficiency of using the accumulated potentials for both the enterprise and the project are presented.

KEYWORDS: innovation project, socio-physical potential, accumulated socio-physical potential, socio-physical approach, socio-physical object.

FOR CITATION: Mustaev I.Z., Maksimova N.K., Mustaev T.I. (2020). Project management for creating technically complex products based on the use of socio-physical models, *Management Issues*, no. 5, pp. 71–86.

REFERENCES

1. Aralov O.V., Sayko E.V. (2011). Development of a mathematical model for assessing the financial feasibility of an R&D plan for the creation of complex technical systems, *Science and technology of pipeline transport of oil and oil products*, no. 3, pp. 36–41.

2. Balakin D.A., Volkov B.I., Elenina T.G., Kuznetsov A.S., Pytev Yu.P. (2014). Mathematical modeling of subjective judgments in the theory of measuring and computing systems, *Intellectual systems. Theory and applications*, vol. 18, no. 2, pp. 33–78.

3. Bychkova O.Yu., Preobrazhensky A.P. (2019). On the features of the implementation and development of an innovative project in the company, *Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies*, no. 4 (31), pp. 82–85.

4. Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A.

(2008). Evaluation of the effectiveness of investment projects. Theory and practice. Moscow, Business.

5. Vishnyakov A.A. (1999). *Improving the mechanism for assessing the feasibility of innovative projects.* Ph. D. thesis. Saratov.

6. Gizatullin Kh.N., Mustaev I.Z., Fatkhullina L.Z. (2009). Innovative models of enterprise financial management. Ufa, Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Gilem.

7. Glazyev S.Yu. (1993). The theory of long-term technical and economic development. Moscow, VlaDar.

8. Guzhov V.V. (2014). Features of risk assessment and management in innovative projects. *Economics, statistics and informatics. Bulletin of Educational Methodical Association*, no. 5, pp. 17–21.

9. Kapustin V.F. (1993). Uncertainty: types, interpretations, accounting in modeling and decision-making, *Bulletin of St. Petersburg State University*, no. 2, pp. 108–114.

10. Kovalev V.V. (2014). Financial management: theory and practice. Moscow, Prospect.

11. Anisimov S.N., Kolobov A.A., Omelchenko I.N., Orlov A.I., Ivanilova A.M., Krasnov S.V. (2006). Designing integrated production and corporate structures: efficiency, organization, management. Moscow, Publishing house of MSTU.

12. Kurako D.V., Drozdov M.A., Ragozina M.A. (2018). Features of innovative projects of the rocket and space industry, *Actual problems of aviation and cosmonautics*, vol. 2, no. 4 (14), pp. 699–701.

13. Landau L.D., Livshits E.M. (1973). Mechanics. Vol. 1. Moscow, Nauka.

14. Lubyanskaya E.B., Anisimov Yu.P. (2019). Features of the system of strategic management of innovative projects in the digital economy, *Production organizer*, vol. 27, no. 2, pp. 81–93.

15. Lukashov V.N., Lukashov N.V. (2019). Determination of the value of the discount rate for investment design and business valuation: on the difference in approaches to calculation and application, *Bulletin of St. Petersburg University. Economy*, vol. 35. no. 1, pp. 83–112. DOI: 10.21638/spbu05.2019.104.

16. Mustaev I.Z. (2012). Economic models of innovation. Ufa, USATU Publishing House.

17. Mustaev I.Z. (2017). Sociophysical models of innovation. Ufa, USATU.

18. Mustaev I.Z., Gizatullin Kh.N. (2015). Using the accumulated potentials for building development models, *Journal of Economic Theory*, no. 3, pp. 122–134.

19. Morgenstern O., J. von Neumann (2012). Game theory and economic behavior. Moscow, Nauka.

20. Orlov A.I. (2009). Management: organizational and economic modeling. Rostov-on-Don, Phoenix.

21. Orlov A.I. (2013). Criteria for choosing indicators of the effectiveness of scientific activities, *Controlling*, no. 3 (49), pp. 72–78.

22. Orlov A.I. (2014). Organizational and economic support of innovative activity in the rocket and space industry. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, no. 102, pp. 112–143.

23. Okhezina G.M. (2013). Methods for assessing the viability and feasibility of process innovations in an industrial enterprise: Ph. D. thesis. Nizhny Novgorod.

24. Palyukh B.V., Burdo G.B. (2011). The method of intellectual evaluation of decisions in the design of technology in multi-product industries, *Bulletin of the Tambov State Technical University*, vol. 17, no. 2, pp. 342–350.

25. Rusakov S.N. (2015). Methodology for assessing the technological feasibility of the production of innovative dual-use products, *Economic and humanitarian sciences*, no. 4 (279), pp. 45–54.

26. Simon G. (1978). Rationality as a process and a product of thinking, *American Economic Review*, vol. 68, no. 2, pp. 1–16.

27. Slavyanov A.S. (2016). Problems of Optimizing the Resource Potential of the Rocket and Space Industry in the Context of Reducing Budgetary Expenditures, *Innovations in Management*, no. 3 (9), pp. 58–69.

28. Smolyak S.A. (2006). On the methodology for assessing the effectiveness of real investment projects, *Russian economic journal*, no. 9-10, pp. 63–73.

29. Tanaka K. (1986). Results of consideration of factors of uncertainty and ambiguity in the art of engineering. In: Fuzzy sets and theory of possibilities. Recent achievements. Moscow, Radio and communication, pp. 37–50.

30. Khrustalev E.Yu., Slavyanov A.S., Sakharov I.E. (2013). Methods and tools for choosing mechanisms for economic protection of high-tech industries on the example of the rocket and space industry, *Economic analysis: theory and practice*, no. 30 (333), pp. 2–11.

31. Chursin A.A., Rusinov A.A., Volkov V.A. (2012). Assessment of the risks of sustainable development of high-tech industries in the implementa-

tion of innovative technologies, *Economics and Management in Mechanical Engineering*, no. 1, pp. 25–29.

32. Sharpe W., Alexander G., Bailey J. (2001). Investments. Moscow, INFRA-M.

33. Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M. *et al.* (1999). Coherent Measures of Risk, *Math. Finance*, no. 3, pp. 203–228.

34. Borgo S., Leitão P. (2007). Foundations for a Core Ontology of Manufacturing *Integrated Series, Information Systems*, no. 14, pp. 751–775. DOI: 10.1007/978-0-387-37022-4.

35. Brealey R., Myers S. (1997). Principles of corporate finance. McGraw-Hill.

36. Chesbrough H. (2007). Open Business Models. Boston, Harvard Business School Press.

37. Chungoora N., Gunendran G. A., Young R. I. M., Usman Z., Anjum N. A., Palmer C., Harding J. A., Case K., Cutting-Decelle A. F. (2012). Extending Product Lifecycle Management for Manufacturing Knowledge Sharing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, *Journal of Engineering Manufacture*, vol. 226, no. A12, pp. 2047–2063. DOI: 10.1177/0954405412461741.

38. Deci E. L., Ryan R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York, Plenum Press.

39. Enkel E., Perez-Freije J., Gassmann O. (2005). Minimizing market risks through customer integration in new product development: Learning from bad practice, *Creativity and Innovation Management*, vol. 14, no. 4, pp. 425–437.

40. Forkel M. (1994). Cognitive tools an approach for problem solving. Munchen, Hanser Verlag.

41. Heider F. (1958). The Psychology of Interpersonal Relations. NJ, Lawrence Erlbaum. John Wiley & Sons Inc. DOI: 10.1037/10628-000.

42. Huber A. Presentation by Siemens CEO. Milan: World Manufacturing Forum. URL: http://www.ims.org/2014/07/world-manufacturing-forum-2014/ (accessed 01.04.2020).

43. Kiritsis D., Bufardi A., Xirouchakis P. (2004). Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems, *Advanced Engineering Informatics*, vol. 17, no. 3-4, pp. 189–202.

44. Markowitz H. M. (1952). Portfolio Selection, *J. Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91.

45. Mausner B., Snyderman B. B., Herzberg F. (1993). Motivation to Work. Edison, NJ, Transaction.

46. Palmer C., Usman Z., Canciglieri O., Malucelli A., Young R. I. M. (2017). Interoperable manufacturing knowledge systems, *International journal of production research*, vol. 56, no. 8, pp. 2733–2752.

47. Pshebelskaya L. U. (2014). Risks of innovative projects and methods to reduce them, *Belarusian State Technological University*, no. 7 (171), pp. 18–20.

48. Ray S. R., Jones A. T. (2006). Manufacturing Interoperability, *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 17, no. 6, pp. 681–688. DOI: 10.1007/s10845-006-0037-x.

49. Methodological recommendations for assessing the effectiveness of investment projects (as approved on 21.06.1999 by Ministry of Economy, Ministry of Finance, Gosstroy of Russian Federation. ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/ (accessed 01.04.2020).

50. Schreiber A. Th., Hoog R., Akkermans H., Anjewierden A., Shadbolt N., Velde W. (2000). Knowledge engineering and management. In: *The Common KADS methodology*. Cambridge, The MIT Press.

51. Treynor J. L. (1961). Market Value, Time and Risk, *Unpublished manuscript*, no. 95, pp. 95–209.

AUTHORS' INFORMATION:

Irek Z. Mustaev – Advanced Doctor in Economic Sciences; Ufa State Aviation Technical University (12, Karl Marx St., Ufa, 450000, Russia); fermi_moustaev@mail.ru.

Natal'ya K. Maksimova – UEC-Ufa Engine-Building Production Association (2, Ferin St., Ufa, 450039, Russia); natalia_02.78@mail.ru.

Timur I. Mustaev – Ufa State Aviation Technical University (12, Karl Marx St., Ufa, 450000, Russia); tima.mus.1321@gmail.com.