

УДК 658.26:338.28

**Сухонос Мария Константиновна**

Доктор технических наук, доцент, начальник научно-исследовательского сектора

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, Харьков*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПОРТФЕЛЯ ЭНЕРГОИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

**Аннотация.** Дано общее представление о портфеле энергоинфраструктурных проектов, приведены его общие и специфические характеристики, построена модель портфеля с использованием теории нечетких множеств.

**Ключевые слова:** портфель энергоинфраструктурных проектов; стратегическая реализуемость; ценность; сбалансированность

**Анотація.** Наведено загальне уявлення портфеля енергоінфраструктурних проектів, його загальні та специфічні характеристики, побудовано модель портфеля з використанням теорії нечітких множин.

**Ключові слова:** портфель енергоінфраструктурних проектів; стратегічна реалізованість; цінність; збалансованість

**Abstract.** Based on the objectives of portfolio management and solved using this methodology for the strategic objectives of energy infrastructure companies, to build an effective portfolio management energy infrastructure projects of sufficient degree of control, it is necessary to form a model of the control object. Furthermore, this model should take into account the specifics of the project activity and the conditions for its implementation. In this connection, the study introduced the concept of total energy infrastructure projects portfolio as an object in the system of management of development of energy infrastructure company, formed its structural model, being built on three basic parameters: time of financial activity portfolio of incoming and outgoing financial flows. Also identified the specific characteristics of the portfolio, which include: strategic feasibility; financial, commercial, technological, aggregate values; balance. Based on these parameters was built substantial model portfolio, taking into account the presence of significant resource constraints and investment in enterprises. When constructing a model approach was used the theory of fuzzy sets that stem from the lack or absence of a priori information about the object and the relative unpredictability of events due to the need of the portfolio in a dynamic environment, which is characterized by sudden changes, ie with incomplete information about external influences.

**Keywords:** energy infrastructure projects portfolio; strategic feasibility; value; balance

### Постановка проблемы

Целью портфельного управления является решение следующих задач:

- гарантированно реализовывать стратегию развития предприятия;
- согласовывать планируемые инвестиции и производимые расходы со стратегическими целями и задачами;
- принимать стратегически обоснованные управленческие решения;
- устанавливать приоритеты для выполняемых компонентов;

– повышать обоснованность распределения ресурсов и эффективность их использования при реализации компонентов портфеля;

– своевременно останавливать выполнение работ по компонентам, не соответствующим стратегии развития предприятия.

Понимание специфики представленных задач позволяет утверждать, что реализацию стратегии развития энергоинфраструктуры предприятия в условиях наличия ограничений по ресурсам и инвестициям целесообразно осуществлять на базе методологии портфельного менеджмента.

Для построения эффективной системы управления портфелем энергоинфраструктурных проектов (ПЭП) с достаточной степенью управляемости необходимо в первую очередь смоделировать объект управления.

### Цель работы

Целью исследования является введение общего понятия о портфеле энергоинфраструктурных проектов как объекте в системе управления развитием энергетической инфраструктуры предприятия, определение его базовых и специфических характеристик, построение модели для формирования адекватной системы управления в условиях наличия значительных ресурсных и инвестиционных ограничений на предприятии.

### Решение проблемы

Портфель энергоинфраструктурных проектов в общем виде можно представить как множество  $\Pi = \{Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_N\}$ . Мощность множества  $\Pi$  равна  $|\Pi| = N$  и числу исходных энергоинфраструктурных проектов. Основываясь на категоризации данного вида проектов, портфель  $\Pi$  можно также представить в виде,

$$\Pi = \{P^\Pi, O^\Pi, B^\Pi\},$$

где  $P^\Pi$  – множество обязательных энергоинфраструктурных проектов;  $O^\Pi$  – основных и  $B^\Pi$  – вспомогательных.

В теории портфельного управления выделяют три основных вида портфелей проектов:

- создающие ценности, состоящие из стратегических проектов или проектов в масштабе предприятия;

- операционный портфель, реализация проектов которого, приводит к повышению эффективности организации и соответствует основным нуждам функциональных подразделений;

- обеспечивающие соответствие, включающие обязательные проекты, необходимые для поддержания внутренних нормативов и стандартов. ПЭП представляет собой симбиоз всех вышепредставленных видов портфелей, т.к. он формируется из проектов различной природы, создающих ценность как для предприятия в целом, так и отдельных его подразделений. ПЭП является основным механизмом повышения эффективности энергетической инфраструктуры, а, следовательно, и улучшения конкурентных позиций предприятия в рыночной среде за счет минимизации степени влияния энергетического фактора на ценообразование конечной продукции.

Исходя из [5], под *портфелем энергоинфраструктурных проектов* целесообразно понимать совокупность энергоинфраструктурных

проектов (временных предприятий для создания уникального продукта, услуги или получения результата) и/или программ (группы взаимосвязанных проектов, управляемых скоординировано для достижения преимуществ, не достижимых при раздельном управлении) и других работ, сгруппированных для оптимального управления этими видами деятельности и достижения стратегических целей повышения энергоэффективности и уровня энергобезопасности энергоинфраструктуры, а также улучшения конкурентных позиций предприятия в рыночной среде в условиях ограниченности ресурсов. При этом проекты и программы в рамках портфеля не обязательно являются взаимозависимыми или напрямую взаимосвязанными.

ПЭП, как и проект, обладает набором следующих *базовых характеристик*: период реализации, входящие и исходящие финансовые потоки.

Так как сроки начала и окончания разных компонентов ПЭП не совпадают, они чаще всего имеют различные профили финансовой активности  $T = \{t_0, t_1, \dots, t_j\}$ , т.е. допустима ситуация, когда  $T(Pr_A) \neq T(Pr_B)$  и частично перекрываются во времени, поэтому временем реализации ПЭП будем считать:

$$T = \left\{ \begin{matrix} \text{MAX} \\ T \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \text{St} \\ \text{Fin} \end{matrix} \right\} \right\}, \quad (1)$$

где  $T^{\text{St}} = t_0(Pr_{\text{First}})$  – момент начала финансовой активности наиболее раннего проекта в ПЭП, а  $T^{\text{Fin}} = t_j(Pr_{\text{Last}})$  – момент окончания финансовой активности наиболее позднего энергоинфраструктурного проекта в портфеле.

В соответствии с этим, при определении показателей, характеризующих результативность реализации ПЭП, целесообразно приводить их значения к моменту  $T^{\text{St}}$ , т.е. времени начала реализации портфеля, учитывая при этом положения временной теории денег и изменение значения безрисковой ставки в период  $T^{\text{MAX}}$ .

Рассматривая портфель как совокупность энергоинфраструктурных проектов, целесообразно в первую очередь осуществить операцию агрегирования профилей исходящих  $AGR(D_{Pr1}(T), D_{Pr2}(T), \dots, D_{PrN}(T))$  и входящих  $AGR(I_{Pr1}(T), I_{Pr2}(T), \dots, I_{PrN}(T))$  потоков проектов путем объединения нескольких профилей в один, суммируя значения профилей тех проектов, которые

выполняются в рамках портфеля в момент времени

$$T, T \in T^{MAX} = \left[ T^{St}, T^{Fin} \right]:$$

$$AGR(D_{Pr1}(T), D_{Pr2}(T), \dots, D_{PrN}(T)) = \sum_{Pri=1, T \in (T^{St}, T^{Fin})}^N D_{Pri}(T) \times y_i; \quad (2)$$

$$AGR(I_{Pr1}(T), I_{Pr2}(T), \dots, I_{PrN}(T)) = \sum_{Pri=1, T \in (T^{St}, T^{Fin})}^N I_{Pri}(T) \times y_i, \quad (3)$$

где  $N$  – число энергоинфраструктурных проектов, претендующих на место в портфеле;  $y_i$  – двоичная (бинарная) переменная, равная 1, если  $i$ -й проект включен в портфель и равная 0, если  $i$ -й проект отвергается.

Таким образом, ПЭП определяется в виде кортежа:

$$\Pi = \langle T^{MAX}, \Pi, ДП \rangle. \quad (4)$$

Получаем профили вида:

$$T^{MAX} = \left\{ T^{St1}, T^{St2}, \dots, T^{Fin} \right\}, \quad (5)$$

где  $T^{MAX}$  – множество моментов времени, в которые наблюдается финансовая активность по портфелю  $\Pi$ ;

$$ДП = \left\{ \Delta D(T^{St}), \Delta D(T^1), \dots, \Delta D(T^{Fin}) \right\}, \quad (6)$$

где  $ДП$  – множество исходящих подпотоков  $\Delta D(T^{St}), \Delta D(T^1), \dots, \Delta D(T^{Fin})$ , наблюдаемые в момент финансовой активности портфеля  $T^{St}, T^1, \dots, T^{Fin}$ , соответственно;

$$\Pi = \left\{ \Delta I(T^{St}), \Delta I(T^1), \dots, \Delta I(T^{Fin}) \right\}, \quad (7)$$

где  $\Pi$  – множество входящих подпотоков  $\Delta I(T^{St}), \Delta I(T^1), \dots, \Delta I(T^{Fin})$ , наблюдаемые в момент финансовой активности портфеля  $T^{St}, T^1, \dots, T^{Fin}$ , соответственно.

Кроме того, ПЭП характеризуется следующими специфическими категориями:

1. *Стратегическая реализуемость*. Основная цель ПЭП заключается в реализации стратегии развития энергоинфраструктуры предприятия. Т.е. в каждый момент времени жизненного цикла портфеля  $T, T \in T^{MAX} = \left[ T^{St}, T^{Fin} \right]$  в нем должны

содержаться только те компоненты, которые в своей совокупности характеризуют стратегические цели и способствуют их достижению.

Для мониторинга текущего влияния ПЭП на стратегические цели развития энергетической инфраструктуры предприятия предлагается использовать матричную модель, строящуюся с применением экспертного метода. Общий вид матрицы соответствия и шкала силы влияния проектов портфеля на стратегические цели представлены на рис. 1, 2.

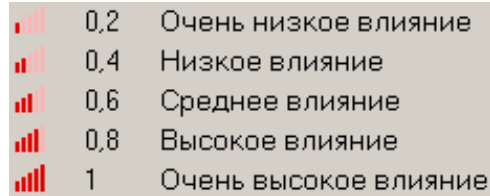


Рис. 1. Шкала силы влияния компонентов портфеля на стратегические цели развития энергоинфраструктуры предприятия

На основании представленной матрицы можно определить количество взаимосвязей проектов со стратегическими целями и рассчитать их силу влияния в каждый конкретный момент финансовой активности портфеля.

Периодическое осуществление предложенным способом стратегического анализа ПЭП на протяжении его жизненного цикла позволяет выявлять отклонения в процессе реализации стратегии и осуществлять реоптимизацию набора реализуемых энергоинфраструктурных проектов по целевым показателям.

Стратегические цели	St1	St1.1	St1.2	...	St2	St2.1	St2.2	...
		Повышение энергоэффективности	Повышение энергетического уровня производства	Снижение потерь энерго-ресурсов	...	Повышение уровня энергобезопасности	Повышение значений индикаторов первого контура	Повышение значений индикаторов второго контура
$T^{MAX}$	$\Pi$							
$T^{St}$	$Pr_1$							
$T^1$	$Pr_2$							
	$Pr_3$							
...	...							
$T^{Fin}$	$Pr_N$							

Рис. 2. Матрица влияния портфеля энергоинфраструктурных проектов на стратегические цели развития энергоинфраструктуры предприятия

2. *Полезность (ценность) портфеля* энергоинфраструктурных проектов.

Целью формирования ПЭП является максимизация его «ценности». Можно выделить основные факторы, определяющие ценность портфеля:

– *Финансовая ценность.* ПЭП реализуется на предприятии, целью которого является увеличение своего благосостояния, поэтому любые инвестиционные вложения должны приносить экономический эффект. При этом проблема формирования ПЭП в том числе связана с решением задачи принятия решений в условиях неопределенности. Поэтому процесс формирования портфеля сопряжен с действием факторов, которые имеют стохастическую природу, так называемых случайных факторов или случайных возмущений.

На любой энергоинфраструктурный проект  $P_T$  воздействуют как внешние случайные факторы возмущения, так и случайные возмущения внутри самого проекта, действие которых обусловлено внутренней организацией проекта.

Воздействие внешних и внутренних случайных факторов распространяется на все проекты  $P_{T_1}, P_{T_2}, \dots, P_{T_N}$  множества  $\Pi$ , в связи с чем, это случайное воздействие также распространяется и на портфель в целом. Поэтому при формировании ПЭП показатели совокупных рисков компонентов имеют значительный вес.

Необходимо отметить, что влияние данного фактора на ПЭП снижается по мере повышения уровня зрелости предприятия в портфельном менеджменте.

Таким образом, показателем, характеризующим относительную доходность ПЭП, т.е. его финансовую ценность с учетом стохастических проявлений рисков событий, является совокупный приведенный интегральный эффект

( $\text{ЭП}_{\text{ин}}^n$ ), определяемый как

$$\text{ЭП}_{\text{ин}}^n = \sum_{T \in T}^{\text{Fin}} \text{Э}_{\text{ин}T} \times x_i, \quad (8)$$

где  $\sum_{T \in T}^{\text{Fin}} \text{Э}_{\text{ин}T}$  – приведенный интегральный эффект совокупности энергоинфраструктурных проектов в момент финансовой активности портфеля  $T$ ;

$x_i$  – булева переменная ( $i$  – номер проекта), принимающая значения 1, если  $i$ -й проект включен в портфель, и 0 – в противном случае.

Данный показатель рассчитывается с условием изменения  $\tau$  на интервале времени реализации

$$\text{ПЭП}_T^{\text{MAX}} = \left\{ \begin{matrix} \text{St} \\ T, T \end{matrix} \right\}^{\text{Fin}}$$

Отметим, что в ПЭП допускается присутствие обязательных проектов, имеющих равную нулю рентабельность.

Вместе с тем, совокупный приведенный интегральный эффект всего портфеля в любом случае не должен принимать отрицательные значения.

– *Коммерческая ценность.* Согласно данным Международного энергетического агентства более 40% затрат на производство и реализацию единицы украинской продукции составляют энергозатраты, которые рассчитываются по формуле

$$\text{Э}_{\text{пр}} = \text{Э}_d + \text{Э}_T + \text{Э}_\Pi + \text{Э}_\Omega, \quad (9)$$

где  $\text{Э}_d$  – энергозатраты на доставку исходных ресурсов;  $\text{Э}_T$  – энергозатраты на технологический процесс;  $\text{Э}_\Pi$  – энергозатраты на персонал;  $\text{Э}_\Omega$  – энергозатраты на экологию.

Поэтому коммерческая ценность ПЭП выражается в повышении конкурентоспособности предприятия в результате снижения энергоемкости продукции за счет реализации компонентов портфеля.

Энергоемкость продукции, услуги ( $\text{Э}_{\text{пр.у}}$ ) определяют в общем виде по формуле

$$\text{Э}_{\text{пр.у}} = (\text{Э}_d + \text{Э}_T + \text{Э}_\Pi + \text{Э}_\Omega) / B, \quad (10)$$

где  $B$  – общая стоимость выпущенной продукции (стоимость оказанных услуг).

Показатель энергоемкости продукции и услуги может иметь различные размерности и в общем случае имеет вид:

– энергозатраты (ГДж, МДж, кДж)/натуральные единицы по видам продукции, услуг, в частности: МДж/(кВт·ч) и/или МДж/ккал (для ТЭР), МДж/кг;

– МДж/т, МДж/1000 единиц, (МДж/м<sup>2</sup>, МДж/м<sup>3</sup>, МДж/тыс. руб. (для продукции, услуг), МДж/чел-ч, чел-ч/н.е (для услуг).

Для учета потребления всех видов топливно-энергетических ресурсов необходимо проводить перерасчет, ориентируясь на условное топливо. Под условным топливом понимают топливо с теплотой сгорания 29300 кДж/кг. Перерасчет натурального топлива на условное проводят по формуле

$$T_y = T_n \times Q_n / 29300, \quad (11)$$

где  $T_y$  – количество условного топлива, кг;  $T_n$  – количество натурального топлива, кг;  $Q_n$  – средняя теплота сгорания натурального топлива, кДж/кг.

Пересчет электрической, тепловой энергии и топлива на условное топливо должен производиться по их физическим (энергетическим) характеристикам на основании соотношений, представленных в [1].

Влияние ПЭП на снижение энергоемкости предлагается рассчитывать следующим образом:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{пр.у}} = \frac{\mathcal{E}_T}{O_{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_T} \times 100\%, \quad (12)$$

где  $\Delta \mathcal{E}_{\text{пр.у}}$  – снижение энергоемкости продукции, %;  $\mathcal{E}_T$  – общая экономия энергоресурсов в момент финансовой активности портфеля T за счет реализации его компонентов, грн;  $O_{\mathcal{E}}$  – затраты энергоресурсов, грн.

Общая экономия энергоресурсов за счет реализации компонентов ПЭП в момент времени T ( $\mathcal{E}_T$ ) представляет собой алгебраическую сумму экономии затрат конкретных видов энергоресурсов на производство продукции:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\mathcal{E}T} + \mathcal{E}_{T\text{Т}} + \mathcal{E}_{\text{сж.в.Т}} + \mathcal{E}_{\text{топл.Т}}, \quad (13)$$

где  $\mathcal{E}_{\mathcal{E}T}$  – экономия электроэнергии, грн;  $\mathcal{E}_{T\text{Т}}$  – экономия теплоэнергии, грн;  $\mathcal{E}_{\text{сж.в.Т}}$  – экономия сжатого воздуха, грн;  $\mathcal{E}_{\text{топл.Т}}$  – экономия топлива, грн.

Расчет экономии энергоресурсов за счет реализации компонентов портфеля в момент времени финансовой активности T определяется по следующей формуле

$$\mathcal{E}_T = B_T \times \left( \mathcal{E}_{\text{пр.ТSt}} - \mathcal{E}_{\text{пр.Т}} \right), \quad (14)$$

где  $B_T$  – стоимость продукции в период финансовой активности портфеля T, грн;  $\mathcal{E}_{\text{пр.ТSt}}$  – затраты энергоресурсов на производство единицы продукции в момент начала финансовой активности наиболее раннего проекта в ПЭП, грн;  $\mathcal{E}_{\text{пр.Т}}$  – затраты энергоресурсов на производство единицы продукции в период финансовой активности портфеля энергоинфраструктурных проектов T, грн.

Аналогичным образом можно также определить экономию конкретного вида энергоресурсов: электроэнергии, теплоэнергии, сжатого воздуха, топлива.

Таким образом, показатель коммерческой ценности (K) ПЭП можно представить в виде следующего выражения:

$$K = \frac{D_T}{3 \times \Delta \mathcal{E}_{\text{пр.у}}}, \quad (15)$$

где  $D_T$  – выручка от реализации продукции, грн.; 3 – затраты на продукцию, грн.;  $\Delta \mathcal{E}_{\text{пр.у}}$  – коэффициент снижения энергоемкости продукции.

– *Технологическая ценность.* В состав компонентов ПЭП входят проекты, направленные на повышение энергетической эффективности оборудования предприятия, в результате реализации которых повышается эффективность использования энергетических ресурсов предприятия. Влияние ПЭП на эффективность работы оборудования с

точки зрения энергетического фактора можно рассчитать следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = \frac{V_{\text{потр}}^{\text{post}} \times \text{ОП}_{\text{об}}^{\text{post}}}{V_{\text{потр}}^{\text{pre}} \times \text{ОП}_{\text{об}}^{\text{pre}}} \times 100, \quad (16)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{об}}$  – энергоэффективность оборудования, %;

$V_{\text{потр}}^{\text{post}}$ ,  $V_{\text{потр}}^{\text{pre}}$  – энергопотребление оборудования на единицу продукции после и до реализации энергоинфраструктурного проекта соответственно, кВт/шт;  $\text{ОП}_{\text{об}}^{\text{post}}$ ,  $\text{ОП}_{\text{об}}^{\text{pre}}$  – производительность оборудования после и до реализации энергоинфраструктурного проекта соответственно, шт/час.

– *Агрегированная ценность.* Наиболее важным показателем, всесторонне характеризующим эффективность состояния и функционирования энергоинфраструктуры предприятия, является степень ее энергетической безопасности E, которая описывается множеством состояний  $E = [0, 1]$ , разбиваемое на десять подмножеств с соответствующим значением уровня безопасности от  $\epsilon \in [0; 0,1[$ , характеризующееся как «кризисное чрезвычайное» до  $\epsilon \in ]0,8; 1]$  – «благополучное» [2; 3; 4]. Агрегированная ценность ПЭП повышается по мере перехода в качественно новую область энергобезопасности в результате реализации его компонентов.

Влияние ПЭП на изменение уровня энергобезопасности энергоинфраструктуры можно оценить следующим образом:

$$\Delta E = \frac{E^{\text{post}}}{E^{\text{pre}}}, \quad (17)$$

где  $E^{\text{pre}}$ ,  $E^{\text{post}}$  – соответственно степень энергобезопасности энергоинфраструктуры до и после реализации компонентов ПЭП.

3. *Сбалансированность.* Портфель энергоинфраструктурных проектов реализуется в условиях ограниченности ресурсов, поэтому целесообразно осуществлять его балансирование именно по этим компонентам. Данная задача решается на основе оптимизационного расчета, т.е. выбора очередности компонентов ПЭП с учетом заданного уровня начального капитала и потока возврата средств внутри портфеля.

Ограничениями здесь являются:

– *полнота финансового обеспечения портфеля*, характеризующая ситуацию, когда в любой момент времени сумма средств, затраченных к моменту T,  $T \hat{I} T^{\text{MAX}} = \{T^{\text{St}}, T^{\text{Fin}}\}$  не превосходит общей суммы средств, выделенных на реализацию ПЭП

с учетом предельного допустимого уровня дефицита.

Данный критерий формулируется в виде логического предиката PFinFull:

$$PFinFull = (CUM(I(T) \leq (S + D)), \forall T \in [T^{St}, T^{Fin}]) \quad (18)$$

где CUM(I(T) – кумулятивный профиль затрат инвестиционных средств ПЭП; S – общая сумма средств, выделенных на реализацию портфеля; D – предельный уровень дефицита.

Операция определения кумулятивного профиля CUM(I(T) состоит в определении профиля, построенного путем суммирования всех значений I(T) на интервале от T<sup>St</sup> до T. Модель строится исходя из того, что параметры портфеля изменяются во времени непрерывно, поэтому кумулятивный профиль определяется путем интегрирования:

$$CUM(I(T) = I(T^{St}) + \int_{T^{St}}^T I(v)dv, T \in [T^{St}, T^{Fin}], \quad (19)$$

где v – переменная интегрирования. Интегрирование осуществляется на интервале от момента начала портфеля T<sup>St</sup> = t<sub>0</sub> (Pr<sub>First</sub>) до момента времени T, значение которого меняется от T<sup>St</sup> до T<sup>Fin</sup>.

– полнота ресурсного обеспечения портфеля. Ресурсное обеспечение портфеля энергоинфраструктурных проектов является полным, если в любой момент времени его реализации T на предприятии имеются свободные ресурсы всех видов, необходимые на данном этапе.

Критерий полноты ресурсного обеспечения можно сформулировать в виде логического предиката PResFull:

$$PResFull = \bigwedge_{m=1}^M (AGR(R_m^1(T), \dots, R_m^N(T)) \leq r_m^{Buy} + r_m^0(T)), \forall T \in [T^{St}, T^{Fin}], \quad (20)$$

где AGR(R<sub>m</sub><sup>1</sup>(T), ..., R<sub>m</sub><sup>N</sup>(T)) – агрегированный профиль потребности ресурсов вида m по всем компонентам портфеля множества Π, ||Π|| = N к моменту времени финансовой активности портфеля T.

Проблема формирования ПЭП решается в условиях неопределенности. Как правило, для решения подобных задач привлекается аппарат теории вероятности. Однако, в данном случае применение теории вероятностей представляется

недостаточно корректным и обоснованным. Причиной этому является недостаток априорной информации, не позволяющий с достаточной степенью уверенности установить адекватность выбранной для описания ситуации вероятностной модели.

При решении проблемы выбора ПЭП в условиях ограниченности ресурсов проекты оцениваются с использованием нечетких множеств и формулируется задача нечеткого линейного программирования, при этом нечеткой является целевая функция. Ограничения задачи также являются нечеткими, т.к. заранее определить точное количество доступных либо необходимых для реализации проекта ресурсов не представляется возможным. Представим модель портфеля энергоинфраструктурных проектов.

Пусть имеется N энергоинфраструктурных проектов, из которых нужно сформировать портфель. Каждому проекту отвечает булева переменная модели x<sub>i</sub> (i – номер проекта), принимающая значения 0 и 1. Предполагаем x<sub>i</sub> = 1, если i-й проект включен в портфель, и x<sub>i</sub> = 0 в противном случае.

С каждым энергоинфраструктурным проектом связывается следующий набор показателей:

I(Pr)<sub>it</sub> – затраты на i-й проект на стадии финансовой активности t; TRes(Pr)<sub>ijt</sub> – количество специалистов направления j, необходимых i-му проекту на стадии финансовой активности t;

$$St(Pr)_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й проект соответствует } j\text{-й стратегической цели;} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} ;$$

$$Pr_{pq} = \begin{cases} 1, & \text{если } p\text{-й проект связан с проектом } q \text{ отношением импликации, т.е. если проект } q \text{ включаем в портфель, то и проект } p \text{ необходимо включить в портфель;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Показатели Q(Pr)<sub>i</sub>, I(Pr)<sub>it</sub>, TRes(Pr)<sub>ijt</sub> являются нечеткими числами.

Следующие показатели описывают количество ресурсов, выделенных для данного ПЭП, они также задаются в виде нечетких чисел: S(T) – бюджет портфеля на стадии T; TRes(T)<sub>j</sub> – число специалистов направления j, доступных на стадии T; AGR(R<sub>m</sub><sup>1</sup>(t), ..., R<sub>m</sub><sup>N</sup>(t)) – агрегированный профиль потребности ресурсов вида m по всем компонентам портфеля множества Π, ||Π|| = N к моменту времени

финансовой активности  $t$  энергоинфраструктурного проекта;  $r_m^0$  – ресурс вида  $m$ , который находится в наличии на предприятии;  $r_m^{Buy}$  – план закупки ресурса вида  $m$ ;  $St_j^{max}$  – максимальный совокупный бюджет, который можно потратить на достижение стратегической цели  $j$ ;  $St_j^{min}$  – минимальный совокупный бюджет, который необходимо потратить на достижение стратегической цели  $j$ .

Модель портфеля энергоинфраструктурных проектов представляется как нечеткая задача целочисленного линейного программирования:

$$\text{ЭП}_{ин}^n = \sum_{T \in T^{MAX}}^{T^{Fin}} \text{Э}_{инT} \times x_i \rightarrow \max; \quad (21)$$

$$\left( \sum_{i=1}^N I(\text{Pr})_{it} x_i \leq S(T) + D \right), \forall t, t \in T, \text{ т.е.} \quad (22)$$

$$\text{PFinFull} = \text{True};$$

$$\sum_{i=1}^N \text{TRes}(\text{Pr})_{ijt} x_i \leq \text{TRes}(T)_j, \quad \forall j, t; \quad (23)$$

$$\bigwedge_{m=1}^M (AGR(R_m^1(t), \dots, R_m^N(t)) \leq r_m^0 + r_m^{Buy}); \quad (24)$$

$$\forall t \in [t_0, t_j], m = \overline{1, M}, \text{ т.е.}$$

$$\text{PResFull} = \text{True};$$

$$\sum_{i=1}^N St(\text{Pr})_{ij} I(\text{Pr})_{it} x_i \leq St_j^{max}, \quad \forall j; \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^N St(\text{Pr})_{ij} I(\text{Pr})_{it} x_i \geq St_j^{min}, \quad \forall j; \quad (26)$$

$$\text{Pr}_{pq}(x_q - x_p) \leq 0, \quad \forall p, q; \quad (27)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i. \quad (28)$$

Таким образом, целевой функцией модели, является финансовая ценность портфеля энергоинфраструктурных проектов. Модель содержит нечеткие ограничения четырех видов: бюджетные ограничения, ограничения на человеческие и иные ресурсы и стратегические ограничения. Стратегические ограничения показывают, какая пропорция между стратегическими целями должна соблюдаться при распределении ресурсов портфеля. Единственное четкое ограничение (27), основанное на использовании логической операции импликации, гарантирует включение в портфель вместе с выбранным проектом всех проектов, от которых он зависит.

Заметим, что модель сформулирована не полностью (или нечетко), поскольку не указано, как можно сравнивать между собой нечеткие числа при проверке ограничений модели и как устанавливать оптимальность портфеля энергоинфраструктурных проектов. Одним из возможных путей решения данной проблемы является использование степени удовлетворения условию. Фиксируем уровни достоверности  $\lambda_S, \lambda_{TRes}, \lambda_R, \lambda_{St}, \gamma$  для ограничений на бюджет, персонал, ресурсы, стратегии и для целевой функции соответственно. Рассмотрим следующую систему соотношений:

$$\max v \quad N \sum \text{ЭП}_{ин}^n(v, v, \infty, \infty) \geq \gamma; \quad (29)$$

$$N \sum I(\text{Pr})_{it} (S(T) + D) \geq \lambda_S, \forall t, t \in T; \quad (30)$$

$$N \text{TRes}(\text{Pr})_{ijt} x_i (\text{TRes}(T)_j) \geq \lambda_{TRes}, \quad \forall j, t; \quad (31)$$

$$N \bigwedge_{m=1}^M (AGR(R_m^1(t), \dots, R_m^N(t)) \geq (r_m^0 + r_m^{Buy})); \quad (32)$$

$$\geq \lambda_R, \forall t \in [t_0, t_j], m = \overline{1, M};$$

$$N St(\text{Pr})_{ij} I(\text{Pr})_{it} x_i (St_j^{max}) \geq \lambda_{St}, \forall j; \quad (33)$$

$$N St(\text{Pr})_{ij} I(\text{Pr})_{it} x_i (St_j^{min}) \geq \lambda_{St}, \forall j; \quad (34)$$

$$\text{Pr}_{pq}(x_q - x_p) \leq 0, \quad \forall p, q; \quad (35)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i. \quad (36)$$

Если все нечеткие числа, входящие в модель, являются трапециевидными, то формулируется задача (четкого) целочисленного линейного программирования, для решения которой можно использовать стандартные методы. Необходимо отметить, что в большинстве случаев для целевой функции степень удовлетворения условию будет находиться в пределах нуля, т.е.  $\gamma \approx 0$ , что обосновано включением в состав ПЭП проектов с низкой степенью рентабельности.

## Выводы

Представлено понятие портфеля энергоинфраструктурных проектов, построены его структурная и содержательная модели, которые позволяют представить портфель как единый объект управления. Также данные модели являются базой для формирования методов портфельного менеджмента, направленных на поддержание заданного качества управления и поддержания управляемости всей системы.

Сформулированы специфические характеристики ПЭП, которые и определяют цели портфельного управления развитием энергоинфраструктуры предприятия.

**Список литературы**

1. Кингсеп, А.С. Основы физики. Курс общей физики: в 2 т. [Текст]: учебник / А.С. Кингсеп, Г.П. Локишин, О.А. Олхов; под ред. А.С. Кингсеп. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – Т. 1: Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. – 560 с.
2. Некрасов, А.С. Управление энергетикой предприятия [Текст] / А.С. Некрасов, Ю.В. Сняк. – М. : Энергия, 1979. – 296 с.
3. Сухонос, М.К. Механизм формирования исходного множества энергоинфраструктурных проектных инициатив [Текст] / М.К. Сухонос // Проблемы, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго-, ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. – Алушта, 2012. – С. 176 – 177.
4. Сухонос, М.К. Проблемы управления развитием энергетической инфраструктуры предприятия [Текст]: моногр. / М.К. Сухонос. – Х. : Изд-во «Форт», 2012. – 174 с.
5. *The Standard for Portfolio Management* [Text]. – Project Management Institute. 2006. – 78 p.

**References**

1. Kingsep, A.S (2001). *Fundamentals of Physics. General physics course: 2 t.: a tutorial. Mechanics, Electricity and Magnetism, Waves, Wave Optics.* Moscow: FIZMATLIT, 560.
2. Nekrasov, A.S. (1979). *Energy Management Company.* Moscow: Energiya, 296.
3. Sukhonos, M.K. (2012). *Mechanism of formation the initial set of energyinfrastructure project initiatives.* Problems, Prospects and regulatory support for energy, resource and housing and communal services. Materials IV Intern. scientific-practical. conf. Alushta, 176-177.
4. Sukhonos, M.K. (2012). *Problems of development of energy infrastructure management company: Monograph .* Kharkov, publishing house "Fort", 174 .
5. *The Standard for Portfolio Management* (2006). Project Management Institute, 78.

Статья поступила в редколлегию 15.10.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Чумаченко, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. О.М. Бекетова, Харьков.