

УДК 656.96

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225521

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ПОСТАВЩИКОВ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКОЙ КОМПАНИИ

Павлова Н. Л., Онищенко С. П.

*Объектом данного исследования является состав поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании. Работа направлена на определение состава поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании, цель которого связана с получением синергетического эффекта, проявляющегося в снижении расходов на выполнение отдельных операций транспортного процесса при выполнении локальных требований по каждому проекту.*

*В данном исследовании предлагается оптимизационная модель, позволяющая определять состав поставщиков проектно-ориентированной организации с целью получения максимального системного эффекта – синергетического эффекта. В основе предлагаемого подхода – создание виртуального офиса управления проектами, работа которого основывается на базе соответствующей информационной системы. Предлагаемая модель является гибким инструментом, позволяющим в оперативном режиме времени формировать состав поставщиков проектно-ориентированной компании. Модель разрабатывалась для сферы услуг и, в частности, для транспортной отрасли, где поставщики отвечают не за материальные объекты, ресурсы, а за услуги, набор которых формирует суть работ по проекту. Таким образом, продукт проекта и его параметры в такой ситуации непосредственно формируются за счет специфики поставщиков и параметров их услуг. Для транспортной отрасли такой подход ранее не использовался и может послужить теоретической основой для построения системы проектно-ориентированного управления в транспортном секторе. Принятый за основу в данной модели эффект синергизма обеспечивает наибольшую разницу между «заявленными» стоимостями доставки и «фактическими», которые формируются с учетом объема работы по всем проектам. Так как транспортно-экспедиторская компания является «держателем» портфеля всех доставок/проектов, то определенная часть эффекта синергизма может использоваться в качестве снижения расходов по доставкам для клиентов с целью повышения конкурентоспособности и привлекательности.*

*Экспериментальные исследования обосновали достоверность результатов разработанной модели и подтвердили ее практическую применимость. Данная модель является достаточно универсальной и может быть дополнена ограничениями, учитывающими специфику проектно-ориентированной организации, ее проектов и требования к поставщикам.*

**Ключевые слова:** синергетический эффект, портфель проектов,

*распределение объемов работ, виртуальный офис управления проектами.*

## **1. Введение**

Проектно-ориентированный подход к управлению компаниями (организациями, предприятиями) является ведущей современной управленческой концепцией [1]. Эффективность данной концепции доказана практикой использования в различных сферах деятельности независимо от того – является организация коммерческой или нет, связана ее деятельность с производством или услугами и т. д.

Проектный подход к организации операционной деятельности, что положен в основу проектно-ориентированного управления, в отличие от классического функционального подхода, предполагает направленность на результат всего проекта, а не на результат выполнения отдельных функций в рамках текущей (операционной) деятельности компаний. При этом ответственность за итоговый результат повышает мотивацию для персонала в рамках его вовлеченности в тот или иной проект. Необходимость оценки и мониторинга использования ресурсов по всему проекту, а не по отдельным операциям производственного процесса, обуславливает адекватную оценку эффективности каждого проекта и операционной деятельности в целом.

Спецификой проектно-ориентированных компаний является то, что, как правило, сотрудники вовлечены в работу одновременно по нескольким проектам, а главы подразделений или компании в целом являются руководителями одновременно множества проектов.

Тем не менее, каждая отрасль, безусловно, имеет свои отличительные особенности проектно-ориентированного управления. Для предприятий транспортной сферы согласно проектному подходу каждая доставка грузов в международном сообщении (услуга по организации доставки) является проектом, что было соответствующим образом обосновано в [2]. При этом проектный подход к доставке практически никак не связан с проектами в транспортной сфере, поэтому существующие в этой области теоретические разработки (например, [3–5]), не могут быть использованы для решения задач проектно-ориентированного управления транспортными компаниями.

Множество участников процесса доставки (а их значительное количество с учетом комплекса необходимых операций как связанных непосредственно с перемещением груза, так и дополнительных, что достаточно хорошо освещено в [6]) являются поставщиками для транспортно-экспедиторской компании.

Выбор «правильного» поставщика, безусловно, важен для различных категорий проектов. Но для проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании поставщики формируют не только итоговые расходы по проекту, а и сам продукт проекта с точки зрения его параметров. Основными параметрами доставки являются время доставки, качество выполнения доставки и т. п. В качестве поставщиков выступают компании-перевозчики морские и авто, агенты по таможенному оформлению и т. п.

Таким образом, с учетом множества проектов операционного характера, реализуемых транспортно-экспедиторской компанией в рамках конкретного промежутка времени, логичным является определение множества поставщиков

не локально для каждого проекта, а интегрировано, для всей совокупности проектов для получения синергетического эффекта.

Управление поставками является важной составляющей управления проектами [7], поэтому значительное количество современных исследований посвящены данному вопросу. Часть из них анализирует влияние поставщиков на проект в целом [8] или его риски [9, 10]. Другая значительная часть указанных исследований ориентирована на многокритериальное решение проблемы выбора поставщиков (например, [11–13]), и именно максимальное соответствие требованиям проекта с точки зрения «репутации» и «конкурентоспособности» поставщика положено в основу предлагаемых методов. Такие результаты актуальны для проектов, особенно масштабного характера, но не для рассматриваемой задачи выбора поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании. Среди исследований по проблемам поставок в проекте большое количество связано со строительной сферой (например, [14–16]), где значимость поставок (как с точки зрения стоимости, так и с точки зрения рисков) очень велика. Особое внимание уделено проблемам интегральных связей с поставщиками [17].

Количественный учет эффекта синергизма, формирующийся как результат интеграции, рассматривался в рамках портфелей проектов и программ развития в [18]. Тем не менее, указанные работы основываются на эффекте синергизма за счет экономии ресурсов или расходов без привязки к конкретным поставщикам, что дает возможность развития данных результатов именно в рамках задачи выбора множества поставщиков.

Подводя итог: *объектом данного исследования* является состав поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании. И основная цель определения состава поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании связана с получением синергетического эффекта, проявляющегося в снижении расходов на выполнение отдельных операций транспортного процесса при выполнении локальных требований по каждому проекту-доставке. Таким образом, *целью данного исследования* является повышение эффективности проектно-ориентированного управления транспортно-экспедиторскими компаниями на базе практического использования разработанной модели формирования оптимального состава поставщиков.

## **2. Методика проведения исследования**

Для разработки математической модели оптимизации состава поставщиков за основу взята концептуальная модель [19] управления портфелем проектов проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании.

Пусть в портфеле проектов операционной деятельности  $n$  проектов. Каждый проект представляется комплексом работ, технологически увязанных в определенную структуру сетевой модели (графика). Каждый проект характеризуется набором:

$$\{A^i, G^i, q^i\},$$

где  $A^i = \{A_j^i\}, j = \overline{1, m_i}$  – множество работ по проекту;  $m_i$  – их общее количество;  $G^i$  – это ориентированный граф, который описывает технологическую последовательность работ (сетевой график проектов);  $q^i$  – количество единиц продукции (для транспортно-экспедиторской компании – количество груза/количество контейнеров с грузом).

В рамках рассматриваемой совокупности проектов могут быть выделены подмножества работ одного типа. Например, морская перевозка или таможенное оформление и т. п., то есть те работы (операции), которые свойственны практически всем операционным проектам транспортно-экспедиторской компании. Такие работы могут быть определены как « типовые » [19]. Таким образом, все работы портфеля проектов  $\bigcup_{i=1}^n A^i$  можно перегруппировать следующим образом:

$$\bigcup_{i=1}^n A^i = \bigcup_{k=1}^K A_k \cup B, \quad (1)$$

где  $A_k = \{A_k^i\}, i = \overline{1, n}$  – множество работ  $k$ -го типа;  $A_k^i$  – работа  $i$ -го проекта, соответствующая  $k$ -ому типу работ (« типовых »);  $\bigcup_{k=1}^K A_k$  – совокупность работ всех проектов, которые относятся к « типовым »;  $K$  – общее количество « типовых » работ;  $B$  – множество работ, которые не относятся к типовым и свойственны отдельным проектам.

Часть типовых работ связаны с поставщиками, и ограничивая общности, будем полагать, что это работы  $k = \overline{1, K'}$ . При этом каждой из указанных работ соответствует определенное множество поставщиков. Таким образом, каждой типовой работе  $k = \overline{1, K'}$  поставим в соответствие множество  $B_k = \{B_k^l\}, l = \overline{1, L_k}, k = \overline{1, K'}$ , элементы которого  $B_k^l, l = \overline{1, L_k}$  отвечают характеристикам данной работы у данного поставщика. В качестве минимального набора  $B_k^l$  в [22] предлагается использовать следующий:

$$B_k^l = \langle T_k^l, R_k^l(Q_k) \rangle, \quad (2)$$

где  $T_k^l, R_k^l(Q_k)$  – соответственно, время и стоимость выполнения данной работы  $l$ -ым поставщиком;  $Q_k$  – объем работы, который формируется из объемов данной типовой работы по всем проектам в рамках рассматриваемого промежутка времени, то есть:

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_k^i, k = \overline{1, K'}, \quad (3)$$

где  $q_k^i = q^i, k = \overline{1, K'}$ , то есть объем по работам соответствует количеству продукции – количеству груза в данном случае.

Отметим, что контекст «типовой» работы может рассматриваться в двух вариантах:

- 1) в широком смысле, например, «морская перевозка»;
- 2) в узком смысле «морская перевозка из Китая в Украину».

Оба подхода реализуемы на практике.

Для учета синергетического эффекта предлагается использовать уменьшение расходов в целом по совокупности проектов, связанных с эффектом масштаба для каждого поставщика:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l=1}^{L_k} R_k^l(Q_k) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l=1}^{L_k} R_k^l\left(\sum_{i=1}^n q_k^i\right) < \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} R_k^*(q_k^i), \quad (4)$$

где

$$R_k^*(q_k^i) = \min_{l=1, L_k} \left\{ R_k^l(q_k^i) \right\}, k = \overline{1, K'}. \quad (5)$$

Таким образом, как правило, даже минимальные отдельные стоимости работ по проекту для соответствующих объемов не обеспечивают тот уровень затрат, который возможен при интегральном рассмотрении всех работ по всем проектам. Синергетический эффект  $S$  портфеля операционных проектов транспортно-экспедиторской компании составляет:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} R_k^*(q_k^i) - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l=1}^{L_k} R_k^l(Q_k). \quad (6)$$

Учет данного эффекта лежит в основе максимизации прибыли транспортно-экспедиторской компании.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Каждый проект портфеля операционных проектов транспортно-экспедиторской компании характеризуется набором входных параметров:

$$\langle C_i^z \rangle, z = \overline{1, Z},$$

количество которых  $Z$  может быть определено на базе традиционно задаваемых в транспортной сфере спецификации доставки грузов [7] (при этом одним из данных

параметров является количество груза  $q^i$ ). А также рядом требований, которые трансформируются в соответствующие ограничения разрабатываемой модели.

В качестве основных требований зададим следующие:

$$\langle T_i, \Delta T_i, R_i, \Delta R_i \rangle,$$

где  $T_i, \Delta T_i$  – соответственно, время доставки и допустимое его увеличение;  $R_i, \Delta R_i$  – соответственно, стоимость доставки и допустимое ее увеличение. Чем меньше  $\Delta T_i, \Delta R_i$ , тем более «жесткие» условия по проекту.

Пусть каждому проекту соответствует множество типовых работ:

$$A^i = \{A_k^i\}, k = \overline{1, K^i},$$

в данном случае введем экзогенный вспомогательный параметр:

$$Y_k^i \in \{0; 1\}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K^i},$$

где  $Y_k^i = 1$  – если по  $i$ -ому проекту требуется выполнение  $k$ -ой типовой работы, выполняемой поставщиками компании;  $Y_k^i = 0$  в противном случае.

В зависимости от спецификации проекта  $\langle C_i^z \rangle$  из множества поставщиков конкретной типовой работы  $\Omega_k$  может быть отобрано подмножество  $\Omega_{ik} \subset \Omega_k$ , которое отвечает сущности данного проекта.

Обозначим  $x_k^{i,l} \in \{0; 1\}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K^i}, l \in \Omega_{ik} \subset \Omega_k$  – булева переменная, которая отвечает за выбор поставщика выполнения работы  $k$  по проекту  $i$  поставщиком  $l$ .

С учетом введенного ранее экзогенного параметра, должно быть выполнено:

$$\sum_{l \in \Omega_{ik}} x_k^{i,l} = Y_k^i, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K^i}, \quad (7)$$

то есть каждой типовой работе по проекту должен быть назначен поставщик в том случае, если такая работа входит в проект (то есть  $Y_k^i = 1$ ), или не назначен в противном случае ( $Y_k^i = 0$ ).

В свою очередь, выполнение работы каждым поставщиком характеризуется следующим набором:

$$\langle T_k^l, \Delta T_k^l, R_k^l \rangle,$$

где  $T_k^l, \Delta T_k^l$  – соответственно, время выполнения  $k$ -ой типовой работы и возможное время увеличения данной продолжительности (опыт компании, мнения экспертов позволяют установить  $\Delta T_k^l$ );  $R_k^l$  – расходы, связанных с выполнением данной работы поставщиком  $l$ . Полагаем, что расходы заданы и, в отличие от времени, не подлежат увеличению (такой подход соответствует практике транспортного бизнеса). Для применения модели в другой сфере характеристики выполнения работы конкретным поставщиком могут быть дополнены еще возможным увеличением стоимости выполнения работы.

Как правило (и это указывалось выше), расходы на выполнение конкретной работы (стоимость у конкретного поставщика) являются невозрастающей функцией от количественной характеристики работы, в данном случае – количества груза, то есть  $R_k^l(Q_k^l)$ .

С учетом введенных обозначений и используемого подхода:

$$Q_k^l = \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l}, k = \overline{1, K}, l \in \Omega_{ik}, \quad (8)$$

где  $Q_k^l$  – это суммарный объем работы, выполняемый конкретным поставщиком по рассматриваемой типовой работе.

Отметим, что, как правило, в сегодняшних реалиях поставщики могут считаться как не имеющие ограничения по производственным возможностям. Тем не менее, следуя пути универсальности разрабатываемой модели, учтем указанные ограничения в виде:

$$\sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \leq P_k^l, k = \overline{1, K}, l \in \Omega_{ik}, \quad (9)$$

где  $P_k^l$  – производственные возможности выполнения работы  $k$  поставщиком  $l$ .

Отметим, что при наличии ограничений по возможностям поставщиков (условия (9)) становится некорректным для расчетов условие (7) – в этом случае не один поставщик, а несколько должны быть отобраны. В такой ситуации (7) изменится следующим образом:

$$\sum_{l \in \Omega_{ik}} x_k^{i,l} \begin{cases} = 0, Y_k^i = 0, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K} \\ \geq 1, Y_k^i = 1, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K} \end{cases}. \quad (10)$$

С учетом существующих условий по времени доставки  $T_i, \Delta T_i$  могут быть определены ограничения по времени выполнения для каждой типовой работы. Отметим, что спецификой транспортных и сопутствующих им операций является то, что многие из них выполняются одновременно [7]. Поэтому декомпозиция  $T_i, \Delta T_i$  является задачей, которая выходит за рамки данного

исследования и связана с производственной спецификой каждой типовой работы в рамках сетевого графика.

Таким образом, полагаем, что в результате декомпозиции  $T_i, \Delta T_i$  установлены  $T_k^i, \Delta T_k^i, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K'}$  (на базе сетевого графика для каждого проекта), которые далее используются для формирования ограничений по каждой работе:

$$(T_k^l + \Delta T_k^l) \cdot x_k^{i,l} \leq T_k^i + \Delta T_k^i, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K'}, l \in \Omega_{ik}. \quad (11)$$

Отметим, что на практике для реализации данной модели необходимо использование не только значений  $T_i, \Delta T_i, T_k^l, \Delta T_k^l$ , а и дат (например, отхода и прихода судна морского перевозчика). Это без проблем реализуется в рамках соответствующего информационного и программного обеспечения.

Расходы на выполнение работ у каждого поставщика составляют:

$$R_k^l(Q_k^l) = R_k^l \left( \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \right), k = \overline{1, K'}, l \in \Omega_{ik}. \quad (12)$$

Таким образом, расходы на выполнение всех работ, связанных с поставщиками, по всем текущим проектам составляют:

$$R = \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l(Q_k^l) = \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l \left( \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \right). \quad (13)$$

Транспортно-экспедиторская компания как интегратор и координатор процессов, связанных с доставкой, в качестве своего дохода устанавливает, как правило, определенную стоимость  $F_i$  для каждого проекта (стоимость своих услуг). Кроме того, компания может получать определенный процент от стоимости выполнения некоторых работ. В любом случае, минимизация (12) позволяет компании получить, как минимум разницу в расходах по принципу «опт-розница». Поэтому минимизация (13) отражает эффективность выбора поставщиков для портфеля операционных проектов для транспортно-экспедиторской компании. Поэтому в качестве критерия оптимальности примем:

$$R = \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l(Q_k^l) = \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l \left( \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \right) \rightarrow \min_{x_k^{i,l}}. \quad (14)$$

При этом должны выполняться ограничения по стоимости каждого проекта:

$$R_i = \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l(q^i \cdot x_k^{i,l}) \leq R_i + \Delta R_i, i = \overline{1, n}. \quad (15)$$



Таким образом, модель формирования оптимального состава поставщиков для портфеля операционных проектов транспортно-экспедиторской компании включает в себя (7), (9), (11), (14), (15) с учетом условия:

$$x_k^{i,l} \in \{0;1\}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K}, l \in \Omega_{ik} \subset \Omega_k.$$

Отметим, что величина:

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^n R_i - \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l \left( \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \right) = \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l (q^i \cdot x_k^{i,l}) - \sum_{k=1}^{K'} \sum_{l \in \Omega_k} R_k^l \left( \sum_{i=1}^n q^i \cdot x_k^{i,l} \right), \end{aligned} \quad (16)$$

является синергетическим эффектом интегрального управления портфелем операционных проектов, формирующегося за счет эффекта масштаба по стоимостям выполнения отдельных работ у поставщиков. Как правило, данная величина положительна (в худшем случае равна 0).

(16) может выступать и в качестве критерия оптимизации, то есть в модели ограничения по расходам для каждого проекта уже учитывают допустимый их уровень. Максимизация (16) обеспечит компании наибольшую разницу между «заявленными» стоимостями доставки и «фактическими», которые формируются с учетом объема работы по всем проектам. Так как транспортно-экспедиторская компания является «держателем» портфеля всех доставок/проектов, то определенная часть эффекта синергизма может использоваться в качестве снижения расходов по доставкам для клиентов с целью повышения конкурентоспособности и привлекательности.

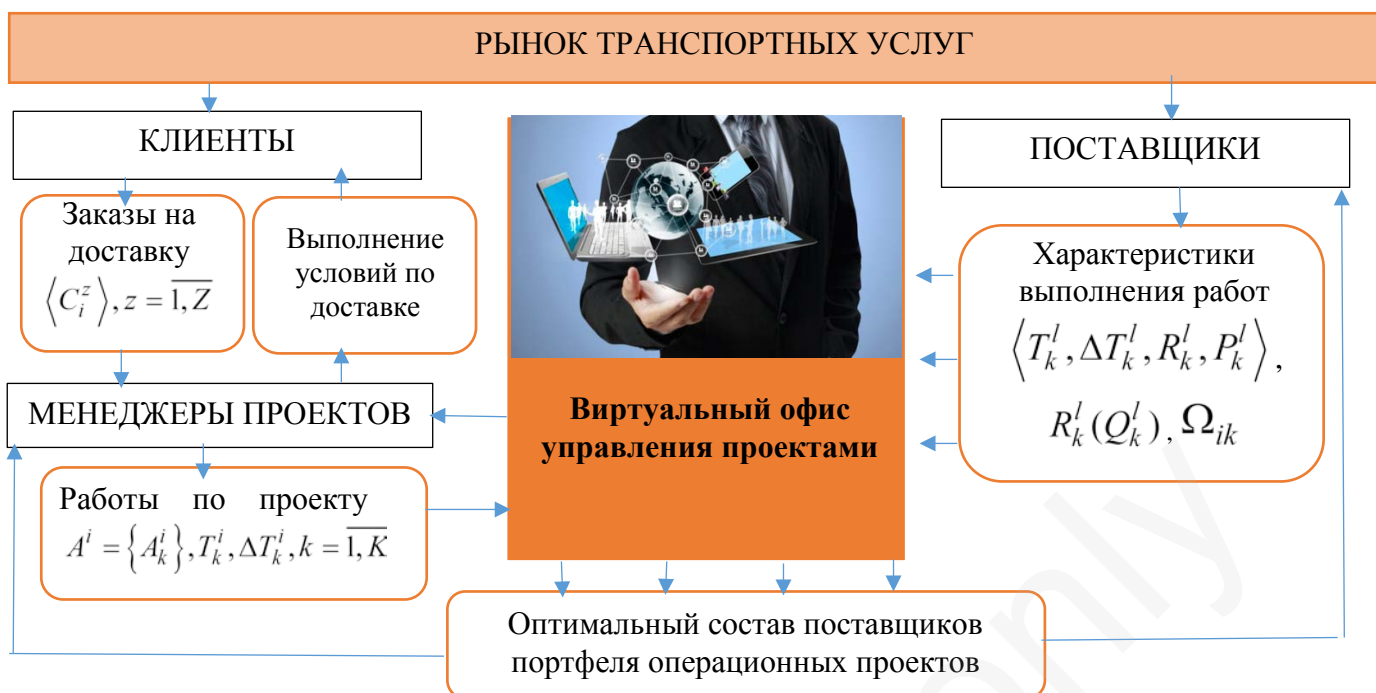
Схема организации на практике решения задачи формирования оптимального состава поставщиков транспортно-экспедиторской компании представлена на рис. 1.

Отметим, что необходимым условием технической возможности практической реализации высказанных идей является наличие виртуального офиса управления проектами – интегральной информационной системы проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании.

Экспериментальные исследования разработанной модели проводились при следующих для трех проектов с четырьмя видами типовых работ, при этом рассматривались по пять возможных поставщиков для каждой типовой работы. Также было принято, что не все потенциальные поставщики могут предоставлять услуги для каждого проекта с учетом их специфики.

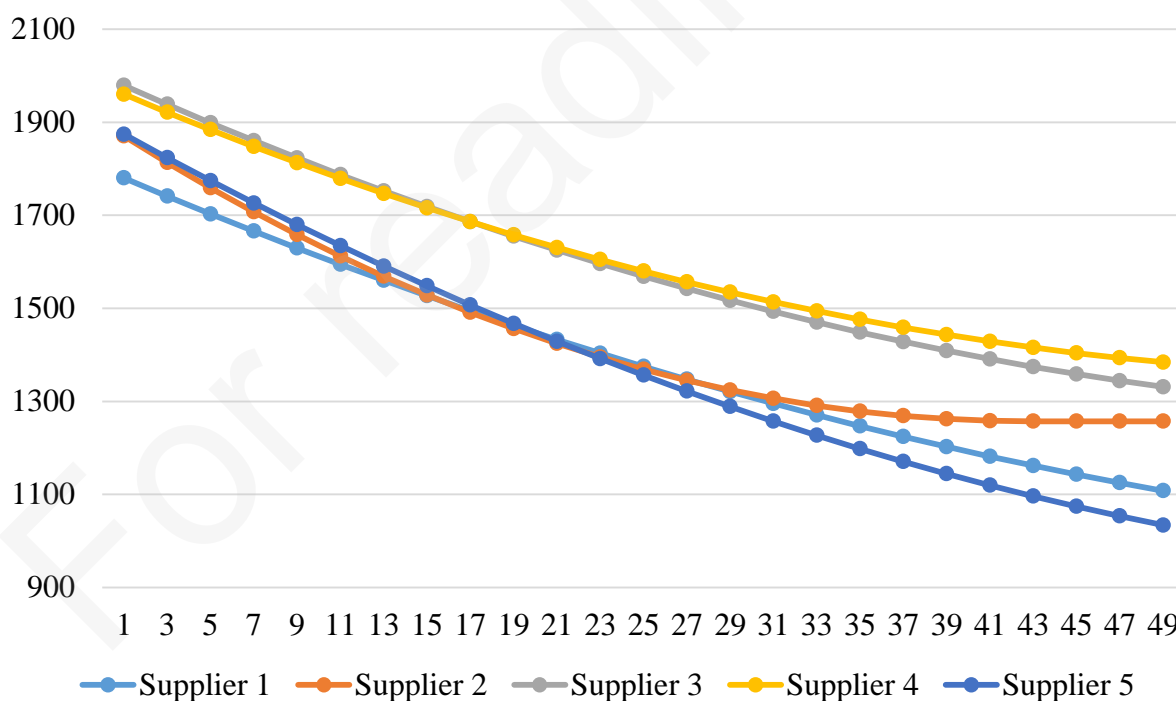
Расчеты выполнялись для трех вариантов объема работ по проектам (в данном случае, количество контейнеров с грузом):

$$q^1 = \{6;12;24\}, q^2 = \{5;10;20\}, q^3 = \{4;8;16\}.$$

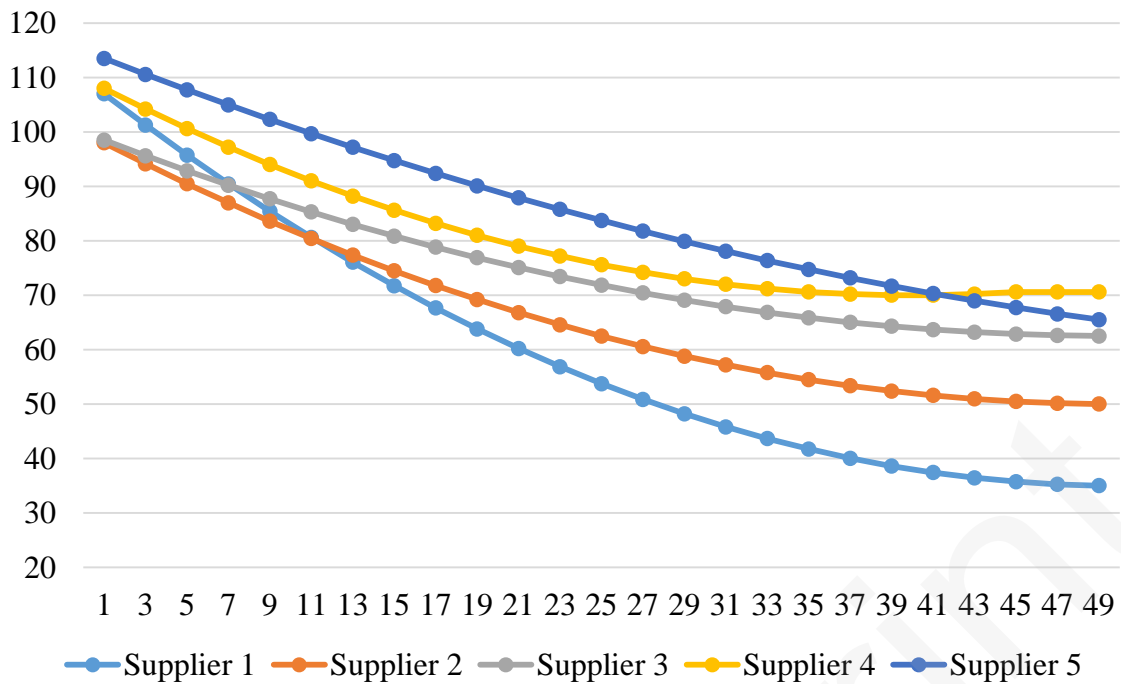


**Рис. 1.** Схема практической реализации формирования оптимального состава поставщиков проектно-ориентированной транспортно-экспедиторской компании

Пример зависимости расходов на выполнение работ поставщиками от объема  $R_k^l(Q_k^l)$  для отдельных типовых работ представлены на рис. 2, 3.

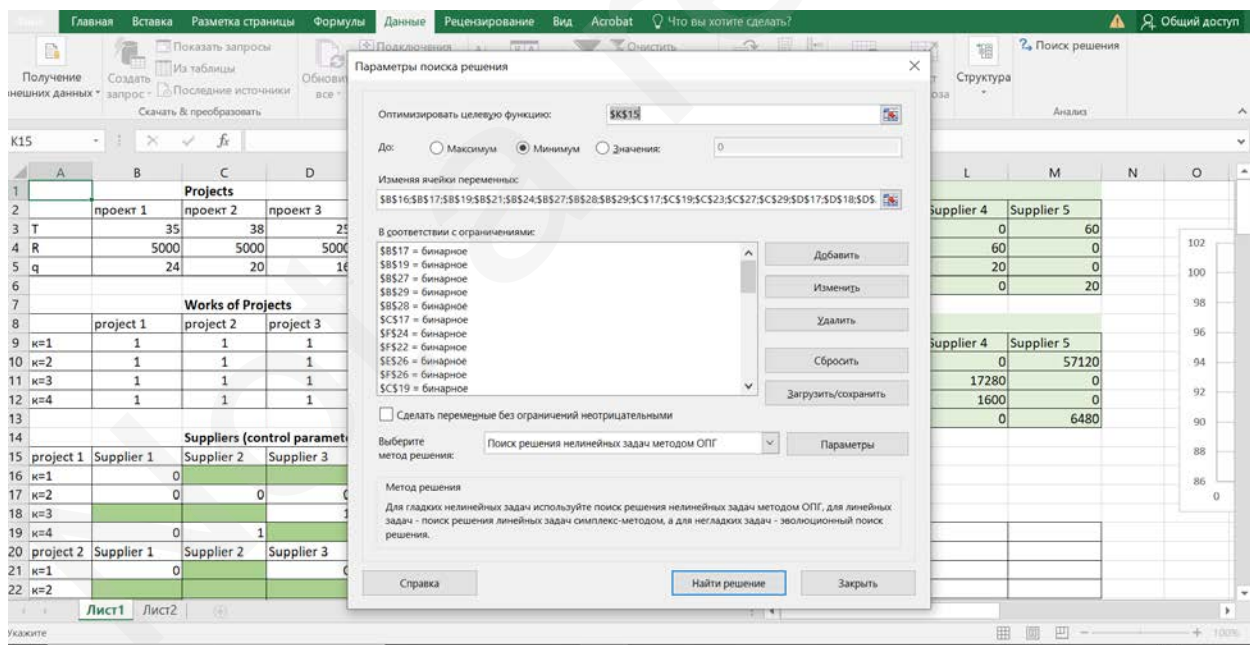


**Рис. 2.** Зависимости расходов на выполнение работ поставщиками от объема для типовой работы  $k=1$



**Рис. 3.** Зависимости расходов на выполнение работ поставщиками от объема для типовой работы  $k=3$

Фрагмент вывода результатов оптимизации состава поставщиков представлен на рис. 4–6.



**Рис. 4.** Фрагмент реализации модели в Поиск решения, Excel

Suppliers (control parameters)					
project 1	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5
κ=1	0				1
κ=2	0	0	0	1	0
κ=3			1	0	0
κ=4	0	1			
project 2	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5
κ=1	0		0	0	1
κ=2				0	1
κ=3		0	0	1	0
κ=4	0			0	1
project 3	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5
κ=1				0	1
κ=2	0	0	0	1	0
κ=3	1		0	0	0
κ=4	1	0			

**Рис. 5.** Значения булевых переменных  $x_k^{i,l}, i = \overline{1,3}, k = \overline{1,4}, l \in \Omega_{ik}$  для варианта  $q^1 = 24; q^2 = 20; q^3 = 16$

Suppliers (supply volume)					
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5
κ=1	0		0	0	60
κ=2	0	0	0	40	20
κ=3	16	0	24	20	0
κ=4	16	24		0	20
Suppliers (Integreted Value)					
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4	Supplier 5
κ=1	0	0	0	0	57120
κ=2	0	0	0	17120	10640
κ=3	1128,96	0	1743,36	1600	0
κ=4	5406,72	7249,92	0	0	6480
<b>Optimization criterion</b>	Z=		108488,96		
<b>Synergistic effect</b>		35352			

**Рис. 6.** Распределение объема работ между поставщиками для варианта  $q^1 = 24; q^2 = 20; q^3 = 16$

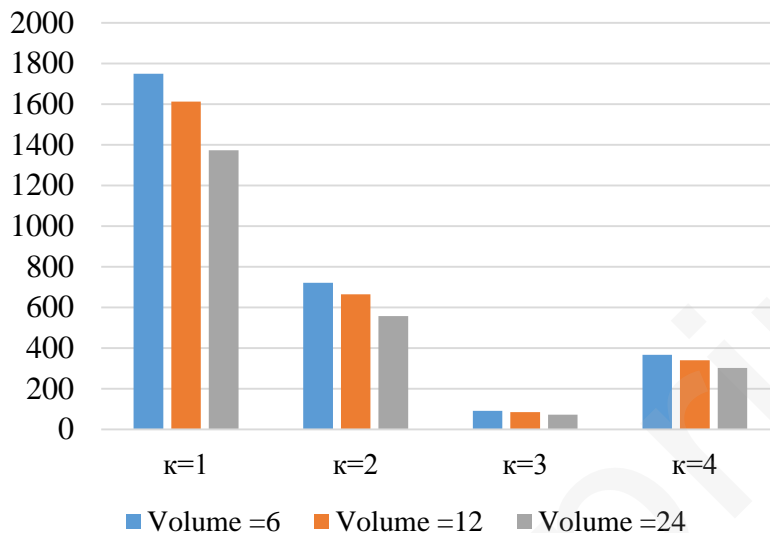
Значения критерия оптимальности (расходов) и синергетического эффекта для различных значений общих объемов работ представлено в табл. 1.

**Таблица 1**

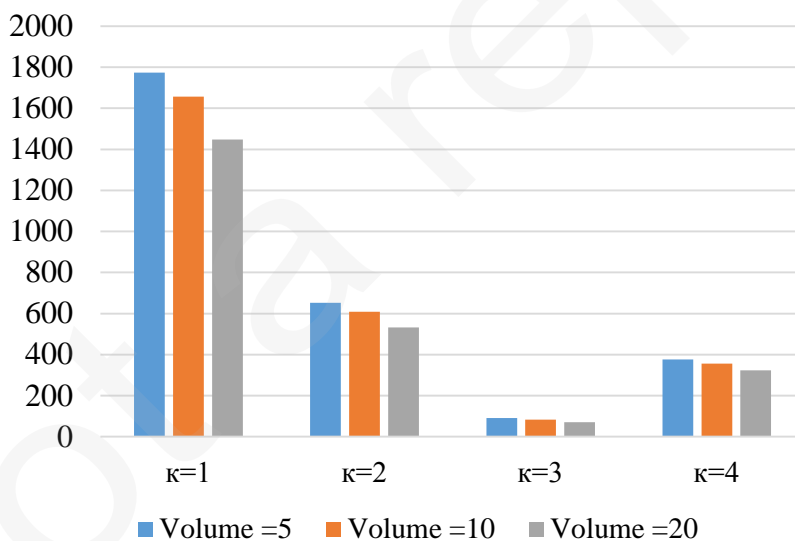
Значения критерия оптимальности (расходов) и синергетического эффекта для различных значений общих объемов работ

Total Volume	Project Volume	Optimization criterion	Synergistic effect	Synergistic effect, %
60	$q^1 = 24; q^2 = 20; q^3 = 16$	108488,96	35352	0,3259
30	$q^1 = 12; q^2 = 10; q^3 = 8$	69272,12	13000	0,1877
15	$q^1 = 6; q^2 = 5; q^3 = 4$	40343,015	3751,5	0,0930

Результаты показывают, как увеличивается системный эффект при увеличении объема работ по проектам – от 9 % до 32 %. При этом расходы по проектам, естественно, уменьшаются на единицу продукта – в данном случае доставки одного контейнера с грузом. Фрагмент результатов расчета расходов на единицу продукта проектов представлен на рис. 7.



*a*



*б*

**Рис. 7.** Фрагмент результатов расчета расходов на единицу продукта проектов по типовым работам для различных объемов работ по проектам:  
*a* – проект 1; *б* – проект 2

Экспериментальные исследования обосновали достоверность результатов разработанной модели и подтвердили ее практическую применимость.

Данная модель является достаточно универсальной и может быть дополнена ограничениями, учитывающими специфику проектно-ориентированной организации, ее проектов и требования к поставщикам.

#### 4. Выводы

В данном исследовании предлагается оптимизационная модель, позволяющая определять состав поставщиков проектно-ориентированной организации с целью получения максимального системного эффекта. В основе предлагаемого подхода – создание виртуального офиса управления проектами, работа которого основывается на базе соответствующей информационной системы. Предлагаемая модель является гибким инструментом, позволяющим в оперативном режиме времени формировать состав поставщиков проектно-ориентированной компании. Модель разрабатывалась для сферы услуг и, в частности, для транспортной отрасли, где поставщики отвечают не за материальные объекты, ресурсы, а за услуги, набор которых формирует суть работ по проекту. Таким образом, продукт проекта и его параметры в такой ситуации непосредственно формируются за счет специфики поставщиков и параметров их услуг. Для транспортной отрасли такой подход ранее не использовался и может послужить теоретической основой для построения системы проектно-ориентированного управления в транспортном секторе.

#### Литература

1. Bushuev, S. D. (2010). Mechanisms of value formation in the activities of project-oriented enterprises. *East European Journal of Advanced Technology*, 1/2, 4–9.
2. Pavlova, N., Onyshchenko, S. (2020). Organization of transport company's project-oriented management (on the example of the freight forwarding company). *Management of Development of Complex Systems*, 42, 23–28. doi: <http://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>
3. Owens, J. (2010). *Project Management for Complex Transportation Projects*. doi: <http://doi.org/10.31274/etd-180810-1807>
4. *Guidance for Transportation Project Management* (2009). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington: The National Academies Press. doi: <http://doi.org/10.17226/23028>
5. Bínová, H. (2013). Methodology of transportation project management. *Journal of System of Integration*, 1, 30–37.
6. Onyshchenko, S. P., Koskina, Y. O. (2019). Essence, Specifics and Forming of Cargo Delivery Systems. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute*, 144 (3), 86–95. doi: <http://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-144-3-86-95>
7. Goodman, E. (2003). *Practicalities of supplier management on global projects: avoiding the pitfalls*. Paper presented at PMI® Global Congress 2003 – EMEA, The Hague, South Holland, The Netherlands. Newtown Square: Project Management Institute. Available at: <https://www.pmi.org/learning/library/supplier-management-global-projects-pitfalls-7775>
8. Bissonette, M. M. (2016). *Project Risk Management: A Practical Implementation Approach*. Project Management Institute, 279.
9. Buzzetto, R. R., Bauli, M. R., Carvalho, M. M. (2020). The key aspects of procurement in project management: investigating the effects of selection criteria, supplier integration and dynamics of acquisitions. *Production*, 30, e20190112. doi: <http://doi.org/10.1590/0103-6513.20190112>

10. Taggart, A. (2015) *Project Management for Supplier Organizations*. Harmonising the Project Owner to Supplier Relationship, 302. doi: <http://doi.org/10.4324/9781315602394>
11. Suraraksa, J., Shin, K. (2019). Comparative Analysis of Factors for Supplier Selection and Monitoring: The Case of the Automotive Industry in Thailand. *Sustainability*, 11 (4), 981. doi: <http://doi.org/10.3390/su11040981>
12. Liao, C.-N. (2010). Supplier selection project using an integrated Delphi, AHP and Taguchi loss function. *ProbStat Forum*, 3, 118–134. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/229052488\\_Supplier\\_selection\\_project\\_using\\_an\\_integrated\\_Delphi\\_AHP\\_and\\_Taguchi\\_loss\\_function](https://www.researchgate.net/publication/229052488_Supplier_selection_project_using_an_integrated_Delphi_AHP_and_Taguchi_loss_function)
13. Alves, T. da C. L., Ravaghi, K., Needy, K. L. (2016). Supplier Selection in EPC Projects: An Overview of the Process and Its Main Activities. *Construction Research Congress 2016*, 209–218. doi: <http://doi.org/10.1061/9780784479827.022>
14. Apa, R., Sedita, S. R. (2017). How (do) internal capabilities and the geography of business networks shape the performance of contractors in public procurement tenders? Evidence from the construction industry. *Construction Management and Economics*, 35 (7), 404–419. doi: <http://doi.org/10.1080/01446193.2017.1287926>
15. Cheng, L. (Victor), Carrillo, E. E. (2012). Assessing supplier performances under partnership in project-type procurement. *Industrial Management & Data Systems*, 112 (2), 290–312. doi: <http://doi.org/10.1108/02635571211204308>
16. Jelodar, M. B., Yiu, T. W., Wilkinson, S. (2016). A conceptualisation of relationship quality in construction procurement. *International Journal of Project Management*, 34 (6), 997–1011. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.03.005>
17. Eriksson, P. E., Westerberg, M. (2011). Effects of cooperative procurement procedures on construction project performance: A conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 29 (2), 197–208. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.01.003>
18. Onyshchenko, S. P., Arabadzhy, E. S. (2012). Formation of the optimal enterprise development program. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (54)), 60–66. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2251>
19. Pavlova, N., Onyshchenko, S. (2020). The concept of modeling the optimal parameters of the projects of the portfolio of the project-oriented organization. *Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Mathematical Modeling in Engineering and Technologies*, 1 (1355), 75–79. doi: <http://doi.org/10.20998/2222-0631.2020.1.11>