

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТА

Русанова С. С., Питерская В. М., Онищенко С. П.

Объектом исследования являются процессы планирования транспортного обеспечения проектов. Значительное большинство проектов предполагают создание материальных объектов в качестве продукта. Реализация таких проектов связана с использованием различного вида материалов и оборудования, что обуславливает необходимость транспортного обслуживания функционирования системы логистики проекта. Для решения одних и тех же задач транспортировки могут использоваться транспортные средства с различными характеристиками. Также для масштабных инфраструктурных проектов достаточно часто используется аренда транспортных средств на время реализации проекта. Это позволяет, с одной стороны, сэкономить на транспортных затратах, с другой стороны – получить полный контроль в проекте над процессами транспортировки.

В результате исследования разработана оптимизационная модель определения варианта транспортного обеспечения проекта. Под вариантом транспортного обеспечения проекта понимается совокупность комбинаций видов и типов транспортных средств, их характеристик и условий использования в проекте для работ проекта, которые предусматривают транспортное обслуживание. В качестве условий использования транспортных средств в проекте рассматриваются приобретение, аренда или транспортное обслуживание от поставщиков проекта.

Критерием оптимизации являются расходы на транспортное обеспечение с учетом их возможного увеличения, а также потенциальных рисков потерь, связанных со срывом сроков выполнения работ. Ограничения учитывают расходы, время получения продукта проекта, доступность вариантов транспортного обеспечения.

Экспериментальные расчеты, фрагмент которых представлен в исследовании, продемонстрировали работоспособность разработанной модели, ее адекватность и достоверность получаемых с ее помощью результатов.

Область практического использования модели – принятие решений о транспортном обеспечении на этапе планирования проекта. Модель позволяет проводить эксперименты «что–если», которые отражают различные сценарии, возможные при транспортном обслуживании проекта. А это, в свою очередь, позволяет на этапе планирования проекта оценить возможные риски, связанные с транспортным обеспечением, и установить их влияние на проект в целом.

Ключевые слова: инфраструктурные проекты, риски проекта, сетевой график проекта, транспортные средства, продукт проекта, жизненный цикл проекта.

1. Введение

Значительное большинство проектов предполагают создание материальных объектов в качестве продукта (например, строительство или реконструкция

дороги, моста, причала, терминала и т. п.). Реализация таких проектов связана с использованием различного вида материалов и оборудования на протяжении практического всего жизненного цикла проекта. Другими словами, функционирование системы логистики проекта [1] обуславливает необходимость транспортного обслуживания. Отметим, что для некоторых проектов транспортное обслуживание сводится к завозу материалов и оборудования автотранспортом. Для проектов, например, морской нефте- и газо- добычи, строительства «облачных» портов и т. п. используются как наземный, так и морской транспорт. Причем для проектов морской нефте- и газо- добычи задействованы морские суда различного типа [2–4]: универсальные – для транспортировки негабаритного оборудования и частей платформ, буксиры – для продуктов, людей и незначительного по размеру оборудования.

Как правило, транспортное обслуживание системы логистики проектов допускает определенное варьирование. Так, для решения одних и тех же задач транспортировки могут использоваться транспортные средства с различными характеристиками. Более того, для масштабных проектов достаточно часто используется аренда транспортных средств на время реализации проекта. Это позволяет, с одной стороны, сэкономить на транспортных затратах, с другой стороны – получить полный контроль в проекте над процессами транспортировки [5]. Таким образом, с учетом вариативности транспортного обеспечения, на этапе планирования проекта необходимо принять решение о том, какие транспортные средства необходимо использовать и на каких условиях.

Не смотря на значительное развитие за последние годы теоретической базы управления проектами, следует констатировать практически полное отсутствие исследований, посвященных транспортному обеспечению проектов. Так, с учетом актуальности транспортных и инфраструктурных проектов, можно отметить ряд публикаций. Например, [6–8], в которых рассмотрена специфика транспортных и логистических проектов. Особенности продуктов инфраструктурных проектов исследованы в [9]. Но при этом не уделяется внимание вопросам транспортного обеспечения, которое играет важнейшую роль именно для этих проектов с учетом значительных объемов материалов и оборудования, используемого в данных проектах.

Следует отметить, что в работах [2, 3, 10] рассматриваются вопросы планирования транспортного обслуживания проектов морской нефте- и газодобычи. Тем не менее, представленные результаты ориентированы на оптимизацию транспортных затрат для уже выбранного варианта состава транспортных средств и условий их использования в проекте.

Следование методологии управления проектами [11] предполагает, что любые отдельные аспекты проектной деятельности должны рассматриваться с позиции проекта в целом. Так, «классическая» минимизация затрат на транспортировку может нарушить ход выполнения работ по проекту и привести к срыву сроков получения продукта проекта.

Основными проявлениями влияния транспортного обеспечения на проект являются расходы и риски [12]. Но в современных источниках, посвященных рискам транспортных проектов [13, 14], не затрагивают риски, связанные с транспортным обслуживанием. Аналогично и для работ, посвященных

расходам [15, 16] транспортных и инфраструктурных проектов.

Таким образом, с одной стороны, проблема транспортного обеспечения проектов является актуальной с учетом значительного количества проектов (транспортных и инфраструктурных), в которых вопросы транспортного обслуживания играют центральную и определяющую в успехе данных проектов. С другой стороны, современная теоретическая база не предоставляет необходимый инструментарий для поддержки принятия решений по этому вопросу. Кроме того, вывод, который следует сделать: выбор варианта транспортного обеспечения проектов должен осуществляться в рамках процессов планирования реализации [17] с учетом его влияния на этапы жизненного цикла проекта и интегральные результаты проекта [11]. Такой подход и принят за основу в данном исследовании.

Таким образом, *целью данного исследования* является разработка модели определения оптимального варианта транспортного обеспечения проектов для повышения их эффективности и успешности.

Объектом исследования является процессы планирования транспортного обеспечения проектов.

2. Методика проведения исследования

В [11] предлагается транспортное обеспечение проектов рассматривать на трех уровнях:

- 1) на уровне отдельной работы из комплекса работ по проекту;
- 2) на уровне временных отрезков этапа реализации жизненного цикла проекта;
- 3) на уровне проекта в целом.

Такая дифференциация необходима для различных уровней управления проектом и различных задач управления проектами. Например, ограничения по расходам на транспортное обеспечение в силу определенных причин могут формироваться по промежуткам времени или по проекту в целом. В зависимости от этого при выборе оптимального варианта транспортного обеспечения проекта используется необходимый вариант агрегирования информации по транспортному обеспечению.

Итак, под *вариантом транспортного обеспечения проекта* будем понимать совокупность комбинаций $\bigcup_{A_{ij} \in \Omega} \langle A_{ij}, k, g, l, b \rangle$ для работ проекта, которые предусматривают транспортное обслуживание (обозначим это множество Ω):

- $A_{ij}, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}$ – работа проекта (n – количество работ по проекту в соответствии с сетевым графиком);
- вид транспортного средства k ;
- тип транспортного средства g ;
- транспортное средство с определенными характеристиками l ;
- b – условие использования транспортного средства в проекте ($b=1$ услуга, $b=2$ аренда, $b=3$ приобретение).

Возможные значения перечисленных составляющих транспортного обеспечения проекта:

$$k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3.$$

Например, k (вид транспорта) – морской, речной, автомобильный; для морского транспорта g (тип транспорта) – универсальное судно, баржа, буксир и т. п.; l для судна это конкретный набор характеристик – грузоподъемность, скорость и т. п.

Величины Q_{kij}^g характеризуют потребность в транспортном обслуживании работы A_{ij} определенным типом и видом транспортного средства, то есть выступают в качестве исходных данных по проекту.

В [11] были получены выражения для расходов и рисков, связанных с тем или иным вариантом транспортного обеспечения проекта, что используется в данном исследовании в качестве основных характеристик варианта транспортного обеспечения:

- R_{klbij}^g – затраты на транспортное обеспечение для каждой работы проекта;
- ΔR – риски увеличения затрат по проекту в целом на транспортное обеспечение;
- ΔT^{prod} – риски увеличения времени на получение продукта проекта.

Данные показатели определяются как видом и типом транспортного средства, так и его характеристиками. При этом ΔR_b и ΔT_b^{prod} формируются как результат *интегрального воздействия факторов* риска транспортного обеспечения каждой работы проекта, то есть ΔR_b и ΔT_b^{prod} выступают в качестве итогового воздействия транспортного обеспечения по всему проекту на результаты проекта.

Представленное формирует базу для разработки модели по определению оптимального варианта транспортного обеспечения проекта.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Введем обозначения:

– переменная, характеризующая количество транспортных средств конкретного типа k и вида g , с конкретными характеристиками, задаваемыми l , и конкретного условия их использования в проекте для каждой работы проекта:

$$x_{klbij}^g \in Z^+ \cup 0, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3.$$

Таким образом, x_{klbij}^g соответствуют транспортные средства с конкретным набором характеристик C_{kij}^g . Индекс $l = \overline{1, L_{kg}}$ отвечает за конкретный набор характеристик C_{kij}^g ;

– возможное увеличение затрат по транспортному обеспечению для каждой работы проекта:

$$\Delta R_{klbij}^g, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3;$$

– продолжительность работы с учетом варианта ее транспортного обеспечения:

$$t_{klbij}^g, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3;$$

– возможное увеличение времени выполнения работы под влиянием транспортного обеспечения для каждой работы проекта:

$$\Delta t_{klbij}^g, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3;$$

– R^{\max} – ограничение по расходам на транспортное обеспечение проекта;

– ΔR^{perm} – допустимое увеличение затрат на транспортное обеспечение проекта;

– T^{prod} – ограничение по времени получения продукта проекта;

– ΔT_{perm}^{prod} – допустимое увеличение времени получения продукта проекта;

– доступное для проекта количество транспортных средств определенного вида и типа с учетом варианта их использования в проекте (то есть для приобретения, аренды или услуги), определяется возможностями рынка:

$$N_{klb}^{g \max}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3.$$

Отметим, что для одной и той же работы транспортное обслуживание может выполняться различными видами транспортных средств. Допустимость такой вариации формируется с помощью задания экзогенно $x_{klbij}^g = 0$ для тех видов и типов транспортных средств, которые не могут использоваться для выполнения данного обслуживания.

В качестве критерия оптимизации примем расходы на транспортное обслуживание проекта с учетом возможных рисков $\Delta R(x_{klbij}^g)$. Данные риски связаны как непосредственно с увеличением *расходов* на транспортное обеспечение $\Delta R^{\exp}(x_{klbij}^g)$, так и с *потерями, обусловленными временем* проекта (увеличением его продолжительности) $\Delta R^{time}(x_{klbij}^g)$:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^{G_k} \sum_{l=1}^{L_{kg}} \sum_{b=1}^3 R_{klbij}^g \cdot x_{klbij}^g + \Delta R(x_{klbij}^g) \rightarrow \min_{x_{klbij}^g}, \quad (1)$$

где

$$\Delta R(x_{klbij}^g) = \Delta R^{\exp}(x_{klbij}^g) + \Delta R^{time}(x_{klbij}^g), \quad (2)$$

$$\Delta R^{\exp}(x_{klbij}^g) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^{G_k} \sum_{l=1}^{L_{kg}} \sum_{b=1}^3 \Delta R_{klbij}^g \cdot x_{klbij}^g, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta R^{time}(x_{klbij}^g) &= \varphi(\Delta T^{prod}) = \\ &= \varphi(\Delta t_{klbij}^g \cdot x_{klbij}^g, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (4)$$

Отметим, что $\Delta R^{exp}(x_{klbij}^g)$ является суммой возможного увеличения затрат транспортному обеспечению по все работам проекта. Определение $\Delta R^{time}(x_{klbij}^g)$ является более сложным и базируется на анализе сетевого графика проекта. Так с помощью сетевого графика можно определить увеличение времени получения продукта проекта ΔT^{prod} . Далее это дает возможность оценить потери как фактические, так и потенциальные от несвоевременного получения продукта проекта.

Система ограничений логично учитывает как ограничения самого проекта, так и рыночные возможности по использованию того или иного варианта транспортного обеспечения для каждой работы. Ограничения, связанные с проектом носят как локальный характер (для каждой работы, предусматривающей транспортное обеспечение), так и глобальный (интегральный) по проекту в целом.

Таким образом, формируются следующие ограничения модели.

Ограничение по расходам на транспортное обеспечение может быть сформировано в двух вариантах – с учетом их возможного увеличения (5) и без (6). Выбор варианта зависит от отношения к риску лица, принимающего решения:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^{G_k} \sum_{l=1}^{L_{kg}} \sum_{b=1}^3 (R_{klbij}^g + \Delta R_{klbij}^g) \cdot x_{klbij}^g \leq R^{\max} + \Delta R^{perm}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^{G_k} \sum_{l=1}^{L_{kg}} \sum_{b=1}^3 R_{klbij}^g \cdot x_{klbij}^g \leq R^{\max}. \quad (6)$$

Ограничение по времени получения продукта проекта:

$$\begin{aligned} T(x_{klbij}^g) &= \\ &= \varphi \left(\max_{x_{klbij}^g > 0} \{ t_{klbij}^g, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3 \}, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n} \right) \leq \\ &\leq T^{prod}, \end{aligned} \quad (7)$$

с учетом возможного увеличения времени для каждой работы:

$$\begin{aligned} T(x_{klbij}^g) &= \varphi(\max_{x_{klbij}^g > 0} \{ (t_{klbij}^g + \Delta t_{klbij}^g), k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3 \}, \\ &i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}) \leq T^{prod} + \Delta T_{perm}^{prod}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\varphi\left(\max_{x_{klbij}^g > 0}\{t_{klbij}^g + \Delta t_{klbij}^g\}\right)$, $\kappa\left(\max_{x_{klbij}^g > 0}\{t_{klbij}^g\}\right)$ – продолжительность периода до получения продукта проекта в соответствии с его сетевым графиком с учетом и без возможных отклонений по времени выполнения работы. Так, при самом простом варианте сетевого графика, то есть при последовательном выполнении всех работ проекта, (7) трансформируется в:

$$T(x_{klbij}^g) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n \max_{x_{klbij}^g > 0} \{t_{klbij}^g, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3\} \leq T^{prod}. \quad (9)$$

Таким образом, при работе нескольких видов транспортных средств в рамках конкретной работы в качестве времени ее выполнения принимается максимальная по продолжительности работа транспортного средства.

Ограничения по объему транспортной работы по работам проекта формируются для варианта отсутствия взаимозаменяемости типов транспортных средств:

$$\sum_{b=1}^3 \sum_{l=1}^{L_{kg}} P_{klj}^g \cdot x_{klbij}^g \geq Q_{kij}^g, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{2, n}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, \quad (10)$$

и при взаимозаменяемости транспортных средств различного типа:

$$\sum_{g=1}^{G_k} \sum_{l=1}^{L_{kg}} \sum_{b=1}^3 P_{klj}^g \cdot x_{klbij}^g \geq Q_{kij}^g, A_{ij} \in M, k = \overline{1, K}, \quad (11)$$

где P_{klj}^g – провозная способность транспортного средства; M – множество работ, для которых возможна взаимозаменяемость транспортных средств различного типа.

Отметим, что задание в (10) и (11) строгого равенства невозможно в виду целочисленности переменных, но минимизация расходов в качестве критерия обеспечит «выход» за границу Q_{kij}^g в пределах допустимого. Кроме того, не смотря на то, что x_{klbij}^g являются целыми положительными, тем не менее, для варианта $b=1$, то есть услуги от поставщиков, x_{klbij}^g можно не задавать требование целочисленности. Действительно, при использовании услуги от транспортных компаний, поставщик может варьировать своими транспортными средствами для обеспечения необходимого объема перевозок. При этом несколько транспортных средств в зависимости от их графика могут привлекаться к обслуживанию проекта. Так, подобная ситуация возникает при морской перевозке по долгосрочному фрахтовому контракту, когда судовладелец вправе заменять судно подобным.

Ограничения по доступности транспортных средств:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^2 x_{klbij}^g \leq N_{klb}^{g\max}, k = \overline{1, K}, g = \overline{1, G_k}, l = \overline{1, L_{kg}}, b = 1, 2, 3. \quad (12)$$

Отметим, что (12) предусматривает ограничения за период всего проекта. При необходимости (например, для проектов значительной продолжительности) данное ограничение может быть трансформировано в серию ограничений по конкретным периодам времени на базе агрегирования информации по потребности в транспортном обеспечении в соответствии с [11].

Таким образом, (1), (5), (7), (9)–(12) формируют модель оптимизации транспортного обеспечения проекта для ситуации, когда время проекта и расходы на транспортное обеспечение заданы без возможного их увеличения. (1), (6), (8)–(12) формируют модель для ситуации, когда время проекта и расходы допускают увеличение на заданную величину.

Экспериментальные расчеты по модели проводились для следующих исходных данных (фрагмент представлен в табл. 1, 2). Работы A_{12} , A_{23} , A_{34} , A_{45} выполняются последовательно. Основные ограничения по проекту:

$$R^{\max} = 1200 \text{ (д. е.)}, \Delta R^{\text{perm}} = 200 \text{ (д. е.)}, T^{\text{prod}} = 120 \text{ (сут.)}, \Delta T^{\text{prod}} = 15 \text{ (сут.)}.$$

Таблица 1

Объемы перевозок по работам проекта Q_{kij}^g (у. е.)

Works	A_{12}	A_{23}	A_{34}	A_{45}
$k=1$				
$g=1$	20	30	40	50
$g=2$	30	40	–	–
$k=2$				
$g=1$	40	40	40	50
$g=2$	–	50	40	–

Таблица 2

Расходы по вариантам транспортного обеспечения R_{klbij}^g , д. е.

Works	A_{12}	A_{23}	A_{34}	A_{45}	
b=1	$k=1$				
	$g=1$				
	$l=1$	24	18	21	34
	$l=2$	23	19	22	36
	$l=3$	30	25	28	41
	$l=4$	35	26	29	42
	$k=1$				
	$g=2$				
	$l=1$	23	26	–	–
	$l=2$	22	24	–	–
	$k=2$				
	$g=1$				
	$l=1$	34	56	89	55
	$l=2$	31	54	83	48
	$k=2$				
	$g=2$				
	$l=1$	–	11	7	–
	$l=2$	–	8	5	–
b=2	$k=1$				
	$g=1$				
	$l=1$	28,8	21,6	25,2	40,8
	$l=2$	27,6	22,8	26,4	43,2
	$l=3$	45	37,5	42	61,5
	$l=4$	52,5	39	43,5	63
	$k=1$				
	$g=2$				
	$l=1$	27,6	31,2	–	–
	$l=2$	26,4	28,8	–	–
	$k=2$				
	$g=1$				
	$l=1$	30,6	50,4	80,1	49,5
	$l=2$	27,9	48,6	74,7	43,2
	$k=2$				
	$g=2$				
	$l=1$	–	9,9	6,3	–
	$l=2$	–	7,2	4,5	–

Фрагмент оптимизации в Excel представлен на рис. 1.

Рис. 1. Фрагмент оптимизации в Excel

В результате оптимизации получены следующие значения переменных и основные характеристики проекта (рис. 2).

		Works	A12	A23	A34	A45	Works	A12	A23	A34	A45
		k=1					k=1				
		g=1					g=1				
Total costs	1063,9	l=1	0	0	0	0	l=1	0	0	0	0
Risk(cost)	51,955	l=2	0	0	0	0	l=2	0	0	0	0
Risk(time)	184,5	l=3	0	0	0	0	l=3	0	0	0	0
TOTAL	1300,355	l=4	2	2	1	1	l=4	0	0	0	0
		k=1					k=1				
		g=2					g=2				
Project time	91	l=1	0	0			l=1	0	0		
Increased time	10,8	l=2	0	0			l=2	8	4		
Total time	101,8	k=2					k=2				
		g=1					g=1				
		l=1	0	0	0	0	l=1	0	0	0	0
		l=2	0	0	0	0	l=2	3	4	2	2
		k=2					k=2				
		g=2					g=2				
		l=1		0	0		l=1		0	0	
		l=2		0	0		l=2		3	2	

Рис. 2. Результаты оптимизации

Для заданных исходных данных, в частности, был сделан вывод о необходимости использования услуги поставщиков транспортных услуг для $k=1, g=1$, при этом выбрано транспортное средство $l=4$ для всех работ проекта. Остальные виды и типы транспортных средств целесообразно арендовать, для всех видов и типов выбрано $l=2$. Такой вариант является оптимальный с точки зрения расходов с учетом возможных рисков, значения критерия оптимальности составило 1300 д. е., при этом возможные риски в денежном эквиваленте составили 236,45 д. е. Общее время выполнения работ 91 сут., возможно увеличение на 10,8 сут.

В процессе экспериментальных расчетов осуществлялось варьирование различными исходными данными, в частности, $R_{klbij}^g, \Delta R_{klbij}^g, t_{klbij}^g, \Delta t_{klbij}^g$. Получаемые решения адекватно отвечали изменению исходных данных и соответствовали логике закладываемого в модели на содержательном уровне выбора. Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили достоверность полученных результатов.

Область практического использования модели – принятие решений о транспортном обеспечении на этапе планирования проекта. Модель позволяет проводить эксперименты «что–если», которые отражают различные сценарии, возможные при транспортном обслуживании проекта. А это, в свою очередь, позволяет на этапе планирования проекта оценить возможные риски, связанные с транспортным обеспечением, и установить их влияние на проект в целом.

4. Выводы

В ходе исследования разработана оптимизационная модель определения варианта транспортного обеспечения проекта. Под *вариантом транспортного обеспечения проекта* будем понимать совокупность комбинаций видов и типов транспортных средств, их характеристик и условий использования в проекте для работ проекта, которые предусматривают транспортное обслуживание. В качестве условий использования транспортных средств в проекте рассматриваются приобретение, аренда или транспортное обслуживание от поставщиков проекта.

Критерием оптимизации являются расходы на транспортное обеспечение с учетом их возможного увеличения, а также потенциальных рисков потерь, связанных со срывом сроков выполнения работ. Ограничения учитывают расходы, время получения продукта проекта, доступность вариантов транспортного обеспечения.

Экспериментальные расчеты, фрагмент которых представлен в исследовании, продемонстрировали работоспособность разработанной модели, ее адекватность и достоверность получаемых с ее помощью результатов.

Данные результаты имеют как теоретическое значение, развивая теорию управления проектами в части вопросов транспортного обеспечения, так и практическое значение, являясь инструментом принятия решений в реальных условиях планирования проектов.

Литература

1. Andrievska, V., Bondar, A., Onyshchenko, S. (2019). Identification of creation and development projects of logistic systems. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*, 69 (4), 26–37. doi: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2019-4-26-37>
2. Halvorsen-Weare, E. E., Fagerholt, K. (2011). Robust Supply Vessel Planning. *Network Optimization*, 559–573. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-21527-8_62
3. Halvorsen-Weare, E. E., Fagerholt, K. (2010). Routing and scheduling in a liquefied natural gas shipping problem with inventory and berth constraints. *Annals of Operations Research*, 203 (1), 167–186. doi: <https://doi.org/10.1007/s10479-010-0794-y>
4. Welte, T. M., Sperstad, I. B., Halvorsen-Weare, E. E., Netland, Ø., Nonås, L. M., Stålhane, M. (2018). Operation and Maintenance Modelling. *Offshore Wind Energy Technology*, 269–303. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119097808.ch7>
5. Онищенко, С. П., Сираев, А. Р., Самойловская, В. П. (2012). Оценка эффективности вариантов организации транспортного обеспечения

распределительных систем. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 6 (3 (60)), 37–43. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5509/4951>

6. *Guidance for Transportation Project Management* (2009). Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/23028>

7. Nováková, H. (2013). Methodology of transportation project management. *Journal of Systems Integration*, 3, 30–37. Available at: https://www.researchgate.net/publication/309742397_Methodology_of_transportation_project_management

8. Owens, J. (2010). *Project Management for Complex Transportation Projects*. Graduate Theses and Dissertations, 11627. doi: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-1807>

9. Vereshchaka, N. (2020). Optimization of infrastructure project product parameters. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 4 (14), 31–39. doi: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.031>

10. Кравченко, О. А. (2019). Обґрунтування оптимальної структури суден постачання морських бурових платформ і організація їх роботи. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 3 (251), 94–100.

11. Бушуев, С. Д., Бушуева, Н. С. (2010). Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-управляемых организаций. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (43)), 4–9. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2494/2308>

12. Rusanova, S. (2020). Modeling the impact of the transport provision option on project risks. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 4 (14), 78–85. doi: <https://doi.org/10.30837/itssi.2020.14.078>

13. Gamez, E. A., Touran, A. (2009). A Method of Risk ranking for International Transportation Projects. *Proceedings of 7th International Probabilistic Workshop*. Delft, 187–203.

14. Rodrigues-da-Silva, L. H., Crispim, J. A. (2014). The project risk management process, a preliminary study. *Procedia Technology*, 16, 943–949. doi: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.047>

15. Baharmand, H., Zad, M., Hashemi, S. H. (2013). Prioritization of Effective Risk Factors on Oil Industry Construction Projects (by PMBOK Standard Approach). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6 (3), 521–528. doi: <https://dx.doi.org/10.19026/rjaset.6.4113>

16. Buganová, K., Šimíčková, J. (2019). Risk management in traditional and agile project management. *Transportation Research Procedia*, 40, 986–993. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.138>

17. Sözüera, M., Spanga, K. (2014). The Importance of Project Management in the Planning Process of Transport Infrastructure Projects in Germany. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 601–610. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.067>