ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАРШРУТОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА РЕСПУБЛИКА КОРЕЯ – РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

Сейтниязова Анжим Базарбай кизи

Магистрант Ташкентского транспортного университета

Специализация: 71010401 – Логистика

E-mail: anjimseytniyazova.96@gmail.com; Tel.: +998998818834

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экономической оценки альтернативных маршрутов международных мультимодальных перевозок на примере транспортного коридора Республика Корея – Республика Узбекистан. На основе исходных данных компании UNICO LOGISTICS проведён сравнительный анализ двух маршрутов доставки грузов из порта Пусан до станции Чукурсай через Владивосток и Циндао. Разработана экономико-математическая модель, учитывающая транспортные затраты, продолжительность доставки и возможные дополнительные потери. Определено пороговое значение стоимости времени доставки, при котором изменяется экономическая предпочтительность маршрутов. Проведён сценарный анализ влияния задержек в транспортно-логистических узлах на итоговые затраты. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного учета стоимостных, временных и организационно-технологических факторов при выборе рационального маршрута международной мультимодальной перевозки.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, транспортный коридор, экономическая эффективность, альтернативные маршруты,

транспортные затраты, стоимость времени, экономико-математическая модель, логистические риски, Республика Корея, Республика Узбекистан.

Введение

Расширение торгово-экономического сотрудничества между Республикой Корея и Республикой Узбекистан сопровождается увеличением потребности в организации эффективных международных грузовых перевозок. Одним из основных вопросов при этом становится выбор транспортного маршрута, позволяющего обеспечить приемлемое соотношение стоимости и продолжительности доставки.

Актуальность исследования связана с тем, что выбор транспортного маршрута не должен основываться исключительно на величине тарифа. Существенное влияние на эффективность перевозки оказывают продолжительность доставки, ожидание в терминалах, перегрузочные операции, пограничные процедуры и вероятность возникновения дополнительных задержек.

Цель исследования заключается в разработке подхода к экономической оценке альтернативных маршрутов международных мультимодальных перевозок на примере транспортного коридора Республика Корея – Республика Узбекистан.

1. Характеристика исследуемых мультимодальных маршрутов

В качестве практической основы использованы данные сравнительного анализа международных мультимодальных грузовых перевозок компании UNICO LOGISTICS.

Исходные данные содержат сведения о транспортных маршрутах из порта Пусан (Республика Корея), стоимости и продолжительности доставки, необходимых перевозочных документах и организационных ограничениях.

Рассматриваются три транспортные схемы:

Маршрут 1: Пусан – Владивосток – железнодорожная сеть Российской Федерации – Казахстан – Чукурсай.

Маршрут 2: Пусан – Циндао – железнодорожная сеть Китая – Казахстан – Чукурсай.

Маршрут 3: Пусан – Циндао – Китай – Кыргызстан – Узбекистан – Ашхабад.

Третий маршрут имеет другой конечный пункт назначения. Поэтому при прямом экономическом сравнении используются первые две транспортные схемы.

Таблица 1

Исходные показатели альтернативных маршрутов UNICO LOGISTICS

Показатель	Маршрут 1	Маршрут 2
Пункт отправления	Пусан	Пусан
Пункт назначения	Чукурсай	Чукурсай
Основной транзитный коридор	Россия – Казахстан	Китай – Казахстан
Стоимость перевозки, USD	8000	6900
Расчётная продолжительность, сутки	35	40
Разница стоимости, USD	+1100	Базовая
Разница продолжительности, сутки	−5	Базовая

Исходные данные свидетельствуют о наличии экономического компромисса: второй маршрут имеет меньшую стоимость, однако характеризуется большей расчётной продолжительностью.

Для корректной интерпретации результатов предполагается, что тарифные предложения относятся к сопоставимой грузовой отправке при одинаковых коммерческих условиях. До получения соответствующих подтверждений это допущение рассматривается как ограничение исследования.

2. Формирование экономико-математической модели

Предлагается разделить перевозочный процесс на транспортные участки и транспортно-логистические узлы.

Совокупная продолжительность маршрута определяется как:

$$T_r = \sum t_a + \sum (w_n + h_n + b_n), \quad (1)$$

Где:

T_r – общая продолжительность доставки по маршруту r;

t_a – время движения по транспортному участку a;

w_n – ожидание в транспортном узле n;

h_n – продолжительность перегрузочных операций;

b_n – время пограничных и документальных процедур.

Совокупные затраты могут быть представлены следующим выражением:

$$C_r = C_{tr,r} + C_{term,r} + C_{border,r}, \quad (2)$$

Где:

$C_{tr,r}$ – затраты на непосредственное перемещение груза;

$C_{term,r}$ – затраты на терминальную обработку;

$C_{border,r}$ – расходы на пограничные и документальные операции.

При использовании единой тарифной ставки включенные в нее операции не должны учитываться повторно.

Для оценки полной экономической целесообразности предлагается функция приведённых затрат:

$$Z_r = C_r + v \cdot T_r + E[Lr] \rightarrow min, \quad (3)$$

Где:

Z_r – приведённые затраты;

C_r – совокупная базовая стоимость перевозки;

v – денежная стоимость одного дня нахождения груза в пути;

T_r – продолжительность доставки;

E[Lr] – ожидаемые дополнительные потери от рисковых событий, не включённые в другие компоненты модели.

Ожидаемые дополнительные потери при наличии вероятностных данных определяются по формуле:

$$\boldsymbol{E[Lr] = \sum p_s \cdot L_{rs},} \quad (4)$$

Где:

p_s – вероятность сценария s;

L_{rs} – дополнительные денежные потери по маршруту r в сценарии s.

Модель должна учитывать ограничения транспортно-логистической системы: доступность транспортных участков, пропускную способность, технологическую совместимость и требования к сроку доставки.

При наличии достаточной статистики фактических перевозок предлагается вводить ограничение надежности:

$$\boldsymbol{P(T_r \leq T_{доп}) \geq \alpha,} \quad (5)$$

Где:

$T_{доп}$ – допустимый срок доставки;

α – минимальная требуемая вероятность своевременного выполнения перевозки.

3. Алгоритм выбора рационального маршрута

На основе анализа рассмотренных математических подходов предлагается следующая последовательность принятия решения.

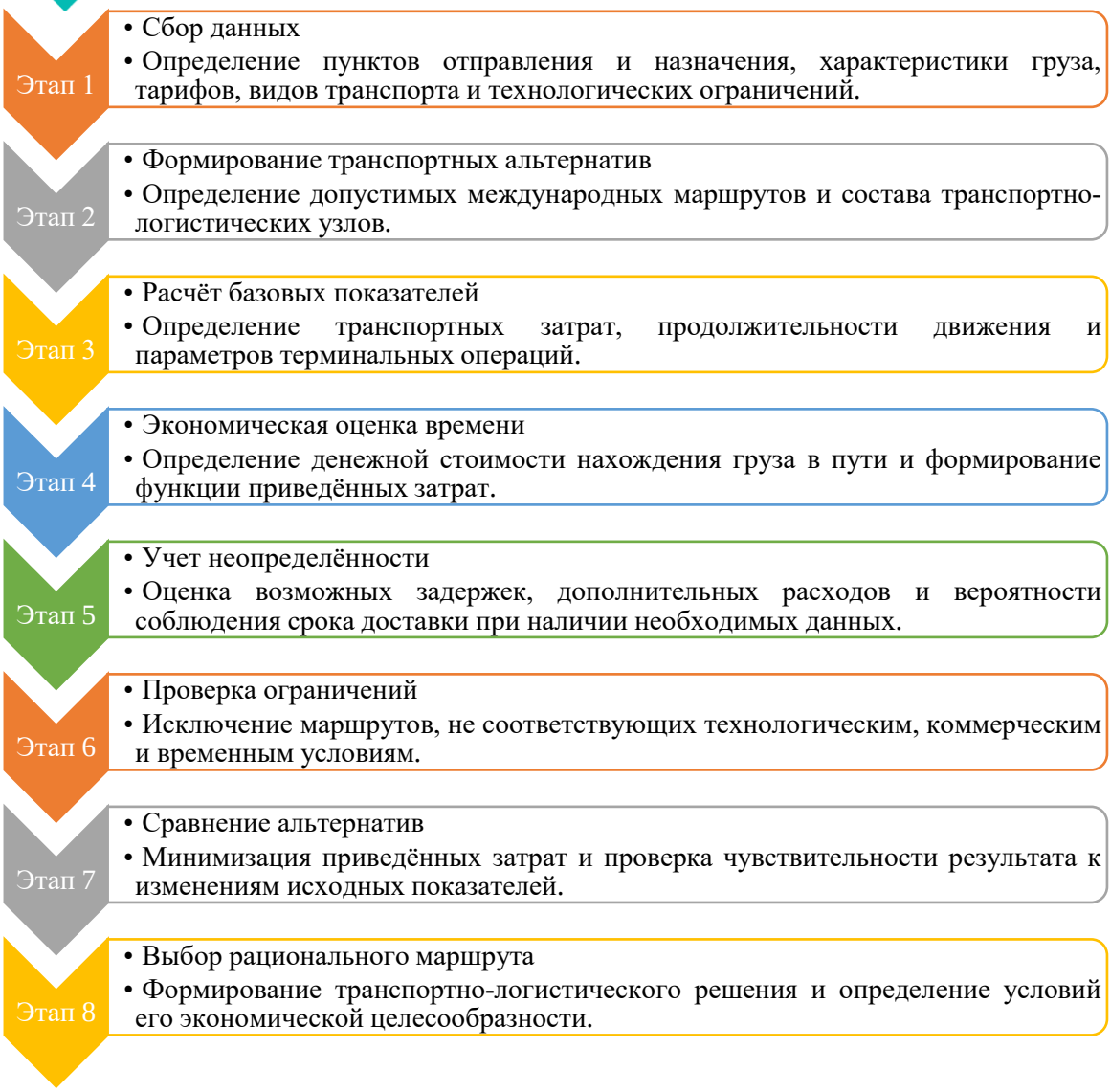

Рис. 1. Предлагаемый алгоритм экономического обоснования международного мультимодального маршрута (авторская схема).

4. Результаты исследования

4.1. Сравнительный анализ стоимости и продолжительности перевозок

Для оценки экономической эффективности рассмотрены два альтернативных международных маршрута с одинаковыми пунктами отправления и назначения.

Стоимость первого маршрута составляет 8000 долл. США, второго – 6900 долл. США.

Абсолютное различие затрат:

$$\Delta C = 8000 - 6900 = 1100\ USD.$$

Относительное снижение транспортных затрат при использовании второго маршрута:

$$ЭC = (8000 - 6900) / 8000 \times 100\% = 13,75\%.$$

Таким образом, маршрут через Циндао характеризуется меньшей базовой стоимостью на 13,75%.

Одновременно продолжительность перевозки по данному маршруту превышает продолжительность первого маршрута на пять суток:

$$\Delta T = 40 - 35 = 5 \text{ суток}.$$

Следовательно, выбор маршрута зависит от экономической оценки дополнительных пяти суток нахождения груза в транспортно-логистической цепи.

4.2. Определение порогового значения стоимости времени доставки

На первоначальном этапе расчёта дополнительные рисковые потери принимаются равными нулю.

Функции приведённых затрат принимают следующий вид:

$$Z_1 = 8000 + 35v,$$

$$Z_2 = 6900 + 40v$$

Условие экономической равноценности двух альтернатив:

$$8000 + 35v = 6900 + 40v.$$

Отсюда:

$$v = (8000 - 6900) / (40 - 35).$$

Получаем:

$$v = 220\ USD/\text{сутки}.$$

Это значение характеризует пороговую стоимость времени, при которой приведённые затраты двух маршрутов становятся одинаковыми.

Если экономическая стоимость одного дня доставки меньше 220 долл. США, предпочтение получает маршрут через Циндао.

Если стоимость дня доставки превышает 220 долл. США, экономически предпочтительным становится маршрут через Владивосток.

При равенстве стоимости времени 220 долл. США за сутки оба маршрута имеют одинаковые приведённые затраты в рамках принятой детерминированной модели.

4.3. Анализ чувствительности модели

Для изучения влияния стоимости времени доставки выполнен сценарный расчёт приведённых затрат.

Таблица 2

Зависимость приведённых затрат от стоимости времени доставки

Стоимость времени, USD/сутки	**Маршрут 1, USD**	**Маршрут 2, USD**	**Предпочтительный маршрут**
0	8 000	6 900	Через Циндао
100	11 500	10 900	Через Циндао
220	15 700	15 700	Равноценны
300	18 500	18 900	Через Владивосток
400	22 000	22 900	Через Владивосток

Примечание: представленные значения являются расчетными сценариями, а не фактическими дополнительными расходами компании UNICO LOGISTICS.

Результаты подтверждают, что при низкой стоимости времени основное значение имеет базовый тариф, поэтому преимущество сохраняется за маршрутом через Циндао. По мере роста стоимости времени преимущество переходит к маршруту через Владивосток, поскольку он обеспечивает более короткий срок доставки.

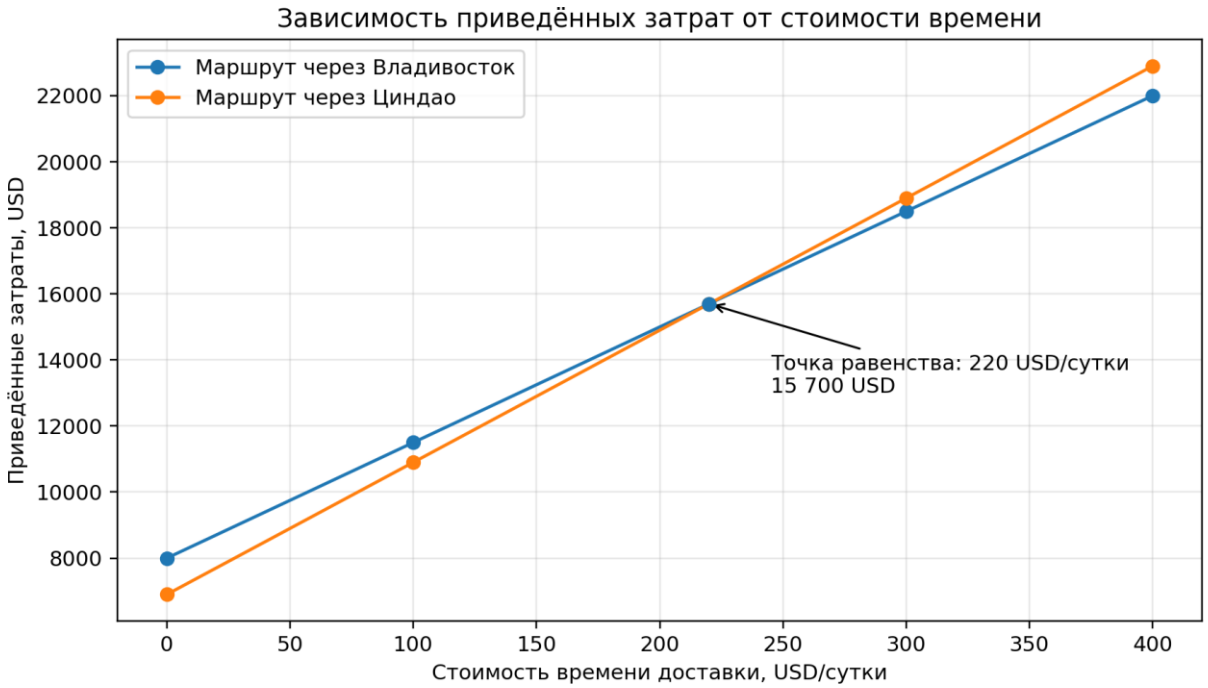

Рис. 2. Зависимость приведённых затрат от стоимости времени доставки.

5. Сценарный анализ влияния задержек в транспортно-логистических узлах

В исходных материалах компании отмечены организационно-технологические факторы, способные увеличивать продолжительность перевозки: ожидание формирования поездов, задержки контейнерных терминалов, согласование заявок на перевозку, перегрузка контейнеров между железнодорожными системами с различной шириной колеи, а также документальные и пограничные процедуры. Количественная статистика частоты и продолжительности таких задержек в исходном наборе данных отсутствует.

Поэтому влияние задержек оценивается в виде условных сценариев, а не как установленная фактическая характеристика маршрута. При увеличении срока маршрута через Циндао на d суток пороговая стоимость времени определяется формулой:

$$v^*(d) = (C_1 - C_2) / [(T_2 + d) - T_1]. \quad (6)$$

Расчётные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение пороговой стоимости времени при задержках маршрута через Циндао

Сценарий	Дополнительная задержка	Срок маршрута 2	Пороговая стоимость времени
Базовый	0 суток	40 суток	220 USD/сутки
Умеренный	3 суток	43 суток	137,5 USD/сутки
Неблагоприятный	5 суток	45 суток	110 USD/сутки

Тогда продолжительность составит:

$$T2' = 40 + 3 = 43 \text{ суток.}$$

При задержке на три суток условие равенства затрат принимает вид:

$$8000 + 35v = 6900 + 43v.$$

Пороговое значение:

$$v = 1100 / 8 = 137,5\ USD/\text{сутки}$$

Следовательно, при увеличении продолжительности второго маршрута на три суток пороговая стоимость времени снижается с 220 до 137,5 долл. США за сутки.

Это означает, что дополнительные ожидания в терминалах могут существенно изменять условия экономической целесообразности маршрута.

Указанный расчет представляет собой сценарный анализ. Дополнительная задержка в три суток не является установленным фактическим результатом компании.

6. Обсуждение результатов

Полученные результаты показывают, что сравнение мультимодальных маршрутов только по тарифной стоимости может

привести к неполному экономическому выводу. В рассматриваемом примере маршрут через Циндао обеспечивает снижение базовой стоимости на 13,75%, однако требует на пять суток больше. Предложенная модель позволяет выразить этот компромисс через единую величину приведённых затрат и определить пороговую стоимость времени, при которой меняется предпочтительность альтернатив. В отличие от простого сравнения тарифов, предложенная постановка задачи позволяет установить пороговые условия предпочтения альтернативных транспортных коридоров.

Полученный подход согласуется с концепцией комплексных затрат Lingaitienė [1], принципами многокритериального выбора Kengpol и соавторов [2], Wang и Yeo [3], а также исследованиями неопределённости транспортных процессов [4-7].

Для практического применения модель должна включать сведения о фактических сроках отдельных этапов перевозки, интенсивности грузопотоков, продолжительности терминального обслуживания и вероятности возникновения задержек.

Перспективное направление научного развития модели состоит в объединении экономической оценки времени с моделированием операций транспортных узлов и механизмами согласования действий участников международной перевозки.

Однако окончательное подтверждение эффективности такого усовершенствования требует проверки на фактических транспортных данных и сопоставления с существующими методами.

Заключение

В исследовании выполнена сравнительная экономическая оценка двух альтернативных маршрутов международной мультимодальной доставки грузов из порта Пусан до станции Чукурсай на основе исходных показателей, предоставленных для анализа деятельности UNICO

LOGISTICS. Маршрут через Владивосток характеризуется меньшей расчётной продолжительностью – 35 суток, при стоимости 8 000 USD. Маршрут через Циндао имеет меньшую стоимость – 6 900 USD, что обеспечивает экономию 1 100 USD, или 13,75%, но увеличивает срок доставки до 40 суток.

Для комплексного сопоставления предложена модель приведённых затрат, объединяющая базовую стоимость перевозки, денежную оценку времени доставки и ожидаемые дополнительные потери. При отсутствии подтверждённых вероятностных данных рисковые потери в базовом расчёте приняты равными нулю, а влияние задержек исследовано отдельно.

Установлено, что пороговая стоимость времени доставки составляет 220 USD/сутки. При меньшем значении данного параметра экономически предпочтителен маршрут через Циндао, а при большем – маршрут через Владивосток. Сценарный анализ показал, что при условном увеличении продолжительности маршрута через Циндао на три и пять суток порог снижается соответственно до 137,5 и 110 USD/сутки.

Результаты расчётов подтверждают, что при выборе между маршрутами через Владивосток и Циндао необходимо учитывать экономическую ценность времени доставки. Полученное пороговое значение 220 USD за сутки позволяет определить, в каких условиях дополнительное время перевозки становится экономически невыгодным.

Дальнейшее развитие исследования целесообразно связать с накоплением фактической статистики по этапам перевозки, детализацией структуры затрат и оценкой вероятностей задержек. Это позволит уточнить параметры модели, перейти к вероятностной оценке надёжности и повысить обоснованность управленческих решений при организации перевозок между Республикой Корея и Республикой Узбекистан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lingaitienė O. A Mathematical Model of Selecting Transport Facilities for Multimodal Freight Transportation. Transport. 2008. Vol. 23, No. 1. P. 10–15. https://doi.org/10.3846/1648-4142.2008.23.10-15.

2. Kengpol A., Tuammee S., Tuominen M. The Development of a Framework for Route Selection in Multimodal Transportation. The International Journal of Logistics Management. 2014. Vol. 25, No. 3. P. 581–610. https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2013-0064.

3. Wang Y., Yeo G.-T. Intermodal Route Selection for Cargo Transportation from Korea to Central Asia by Adopting Fuzzy Delphi and Fuzzy ELECTRE I Methods. Maritime Policy & Management. 2018. Vol. 45, No. 1. P. 3–18. https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1319581.

4. Delbart T., Molenbruch Y., Braekers K., Caris A. Uncertainty in Intermodal and Synchromodal Transport: Review and Future Research Directions. Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 7. Article 3980. https://doi.org/10.3390/su13073980.

5. Zhang T., Cheng J., Zou Y. Multimodal Transportation Routing Optimization Based on Multi-Objective Q-Learning Under Time Uncertainty. Complex & Intelligent Systems. 2024. Vol. 10. P. 3133–3152. https://doi.org/10.1007/s40747-023-01308-9.

6. Wang X., Zhang P., Du Z., Tian A.-Q., Lv H. Research on Optimization of International Multimodal Transportation Routes Based on Uncertainty Theory. Transportation Research Record. 2024. Vol. 2678, No. 11. P. 798–821. https://doi.org/10.1177/03611981241242377.

7. Ren X., Pan S., Zheng G. Robust Optimization of Multimodal Transportation Route Selection Based on Multiple Uncertainties from the Perspective of Sustainable Transportation. Sustainability. 2025. Vol. 17, No. 12. Article 5508. https://doi.org/10.3390/su17125508.