

спроса и управления рисками. Данные методы являются мощным инструментом для повышения эффективности логистических компаний и улучшения качества обслуживания клиентов.

#### Литература

1. Бочкарев А.А., Колмаков А.А. (2011), Стратегия приобретения и продажи товаров в условиях изменяющегося спроса – Красноярск, Россия. С. 196-202
2. Шапиро Дж. (2006), Моделирование цепи поставок, Пер. с англ. Под ред. Лукинского В.С. – Санкт-Петербург, Россия
3. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. (2010), Задачи и методы линейного программирования: Математические основы и практические задачи, 3-е изд., Книжный дом «ЛИБРОКОМ», Москва, Россия
4. Крылова О. В. Разработка моделей и алгоритмов поддержки принятия решений для планирования схем доставки грузов на труднодоступные объекты строительства нефтегазовой отрасли/ Крылова О. В. – Москва, 2015
5. <https://kob-alt.ru/6-13-metod-dinamicheskogo-programmirovaniya/>
6. <https://www.sitebs.ru/blogs/74665.html>

Представлено 04.11.2023

УДК 658.7

СРАВНЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ УГЛЯ ИЗ  
РОССИИ В КИТАЙ ПО СХЕМАМ «ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА – РЕКА –  
МОРЕ» И «ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА – МОРЕ»

COMPARISON OF TIME COSTS IN THE TRANSPORTATION OF  
COAL FROM RUSSIA TO CHINA UNDER THE «RAILWAY - RIVER –  
SEA» AND «RAILWAY – SEA» SCHEMES

Гладунов В. А.

Научный руководитель – Бондаренко Е. М., к.т.н., доцент  
Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск, Россия

[gladunov.vadim@mail.ru](mailto:gladunov.vadim@mail.ru)

V. Gladunov

Supervisor – E. Bondarenko, Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor

Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia

*Аннотация. В статье приведён сравнительный анализ временных затрат при доставке каменного угля из Кузбасса (Новокузнецк) в Китай (Шанхай) по логистическим цепям через дальневосточный порт Владивосток, а также через Северный морской путь.*

*Abstract. The article provides a comparative analysis of time costs when delivering coal from Kuzbass (Novokuznetsk) to China (Shanghai) through logistics chains through the Far Eastern port of Vladivostok, as well as through the Northern Sea Route.*

*Ключевые слова. Транспортная логистика, переориентация грузопотоков, товарообмен между Китаем и Россией.*

*Keywords. Transport logistics, reorientation of cargo flows, trade between China and Russia.*

**Введение.** Россия является одним из мировых лидеров по добыче угля. Крупнейшим покупателем российского угля в 2022 году стал Китай. Недостаточная пропускная способность железных дорог в сторону восточных портов России для осуществления экспортных отправок угля в Китай является наиболее острой проблемой логистики страны. Для решения данной проблемы необходимо развивать новые логистические маршруты между РФ и КНР [1].

**Основанная часть.** Для сравнения временных затрат от перевозки каменного угля навалом спроектированы следующие цепи поставок из РФ в КНР: *логистическая цепь № I:* железнодорожная станция Новокузнецк – железнодорожная станция Владивосток – морской порт Владивосток – морской порт Шанхай; *логистическая цепь № II:* железнодорожная станция Новокузнецк – железнодорожная станция Красноярск – речной порт Красноярск – морской порт Дудинка – морской порт Певек – морской порт Владивосток – морской порт Шанхай.

### *Доставка угля по железной дороге*

Доставка по двум схемам осуществляется инновационными полувагонами 12-196-02. Количество вагонов ( $n_{\text{ваг}}$ ) в поезде – 71 ед.

Общая масса перевозимого из Новокузнецка в Шанхай определяется по формуле 1:

$$Q_{\text{жд}} = n_{\text{ваг}} \times q_{\text{ваг}} \times k_{\text{гл}}^{\text{жд}}, \quad (1)$$

где  $n_{\text{ваг}}$  – число вагонов в отправке, ваг;  $q_{\text{ваг}}$  – грузоподъёмность вагона, 75 т;  $k_{\text{гл}}^{\text{жд}}$  – коэффициент использования грузоподъёмности вагона, 0,9.

### ***Доставка угля по реке Енисей***

Доставка по схеме № II осуществляется теплоходами проекта 936.

Грузоподъёмность ( $Q_{суд}^{река}$ ) речного теплохода составляет 1250 т.

Эксплуатационная скорость – 480 км/сут. Речное плечо – 1989 км [3].

### ***Доставка угля по Северному морскому пути***

Доставка по схеме № II осуществляется сухогрузом RSD59. Вместимость грузовых трюмов ( $V$ ) – 11400 м<sup>3</sup>. Эксплуатационная скорость – 453,9 км/сут. Морское плечо – 8177 км [4].

Грузоподъёмность ( $Q_{суд}^{море}$ ) сухогруза определяется через объёмную плотность угля и вместимость трюмов по формуле 2:

$$Q_{суд}^{море} = V \times \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – вместимость грузовых трюмов судна, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – объёмная плотность каменного угля, равная в среднем 1,3 т/м<sup>3</sup>.

### ***Доставка угля от Владивостока до Шанхая морем***

Доставка по двум схемам осуществляется сухогрузом типа Пула, грузоподъёмностью 10204 т. Эксплуатационная скорость судна составляет 777,8 км/сут. Морское плечо перевозки равно 1560 км [5].

### ***Перевалка угля в опорных пунктах***

По схеме № II в порте Красноярск происходит перевалка угля с железнодорожного на водный транспорт. Принимается, что выгрузка угля из вагонов в порте Красноярск производится на повышенном пути. Погрузка угля в речное судно в порте Красноярск производится двумя портальными кранами «Альбатрос». Сменная норма выработки при перевалке навалочных грузов составляет 436 т/см.

По схеме № II в порте Дудинка осуществляется перевалка угля с водного на морской транспорт. Выгрузка угля из ручного судна и погрузка его в морское в порте Дудинка производится одним портальным краном «Liebherr LHM-420». Сменная норма выработки при перевалке навалочных грузов составляет 7875 т/см.

Выгрузка угля из вагонов в порте Владивосток по схеме № I производится на повышенном пути. Выгрузка угля из морского судна по схеме № II в порте Владивосток производится двумя кранами «Сокол». Сменная норма выработки при перевалке навалочных грузов – 436 т/см. Дальнейшая погрузка по обеим схемам производится аналогично – двумя кранами «Сокол» [6].

Срок доставки угля из Новокузнецка в Шанхай по схеме № I определяется по формуле 3:

$$T_I = T_{жд}^I + T_{выгр}^{Влад-I} + T_{погр}^{Влад-I} + T_{море}^I \quad (3)$$

где  $T_{жд}^I$  – срок доставки угля железнодорожным транспортом из Новокузнецка во Владивосток, сут;  $T_{море}^I$  – срок доставки угля морским транспортом из Владивостока в Шанхай, сут;  $T_{выгр}^{Влад-I}$  – время выгрузки угля на повышенном пути в порте Владивосток, сут;  $T_{погр}^{Влад-I}$  – время погрузки угля в порте Владивосток, сут.

Срок доставки угля из Новокузнецка в Шанхай по схеме № II определяется по формуле 4:

$$T_{II} = T_{в пути}^{II} + T_{ПРР}^{II} \quad (4)$$

где  $T_{в пути}^{II}$  – срок доставки угля железнодорожным, речным и морским транспортом, сут;  $T_{ПРР}^{II}$  – время выполнения погрузочно-разгрузочных работ в Красноярске, Дудинке и Владивостоке, сут.

Время нахождения угля в пути при перемещении угля различными видами транспорта определяется по формуле 5:

$$T_{в пути}^{II} = T_{жд}^{II} + T_{реч}^{II} + T_{мор}^{СМП-II} + T_{мор}^{Влад-Шан-II}, \quad (5)$$

где  $T_{жд}^{II}$  – срок доставки угля железнодорожным транспортом из Новокузнецка в Красноярск, сут;  $T_{реч}^{II}$  – срок доставки угля рекой из Красноярска в Дудинку, сут;  $T_{мор}^{СМП-II}$  – срок доставки угля морем по Северному морскому пути, сут;  $T_{мор}^{Влад-Шан-II}$  – срок доставки угля морем из Владивостока в Шанхай, сут.

Срок доставки угля железнодорожным транспортом определяется с помощью калькулятора ОАО «РЖД» [7].

Срок доставки по реке/морю определяется по формуле 6:

$$T_{реч/мор}^{II} = \frac{L_{реч/мор}}{v_{реч/мор}}, \quad (6)$$

где  $L_{реч/мор}$  – речное/морское плечо перевозки, сут;  $v_{реч/мор}$  – эксплуатационная скорость речного/морского судна, км/сут.

Время выполнения погрузочно-разгрузочных работ в портах Красноярск, Дудинка и Владивосток определяется по формуле 7:

$$T_{ППР}^{II} = T_{выгр}^{Kрс} + T_{погр}^{Kрс} + T_{выгр}^{Дуд} + T_{погр}^{Дуд} + T_{выгр}^{Влад-II} + T_{погр}^{Влад-II}, \quad (7)$$

где  $T_{выгр}^{Kрс}$  – время выгрузки угля на повышенном пути в порте Красноярск, сут;  $T_{погр}^{Kрс}$  – время погрузки угля в порте Красноярск, сут;  $T_{выгр}^{Дуд}$  – время выгрузки угля в Дудинке, сут;  $T_{погр}^{Дуд}$  – время погрузки угля в Дудинке, сут;  $T_{выгр}^{Влад-II}$  – время выгрузки угля во Владивостоке, сут;  $T_{погр}^{Влад-II}$  – время погрузки угля во Владивостоке, сут.

Время выгрузки вагонов на повышенном пути определяется по формуле 8:

$$T_{выгр}^{Влад-I} = T_{выгр}^{Kрс} = t_{тех} \times n_{ваг}, \quad (8)$$

где  $t_{тех}$  – технологическое время на выгрузку одного вагона, 0,52 ч.

Время выгрузки и погрузки судов определяется по формуле 9:

$$T_{погр}^{Kрс} = T_{выгр}^{Дуд} = T_{погр}^{Дуд} = T_{выгр}^{Влад-II} = T_{погр}^{Влад-II} = T_{погр}^{Влад-I} = \frac{n_{суд}^{море/река} \times Q_{суд}^{море/река}}{P_{с-ч}}, \quad (9)$$

где  $n_{суд}^{море/река}$  – количество речных/морских судов, необходимых для перевозки, ед;  $Q_{суд}^{море/река}$  – грузоподъёмность речного/морского судна, сут;  $P_{с-ч}$  – судо-часовая норма времени грузовых работ, т/ч.

Количество судов с грузом определяется по формуле 10:

$$n_{суд}^{море/река} = \frac{Q_{жд}}{Q_{суд}^{море/река}}. \quad (10)$$

Судо-часовая норма времени грузовых работ определяется по формуле 11:

$$P_{с-ч} = 0,137 \times M \times E, \quad (11)$$

где 0,137 – коэффициент перехода от нормы выработки в смену к норме выработки в ч;  $M$  – количество погрузочно-выгрузочных механизмов на обработке одного судна, ед;  $E$  – сменная норма выработки одной погрузо-разгрузочной установки, т/см.

Результаты расчётов по схемам I и II представлены на рисунке 1.

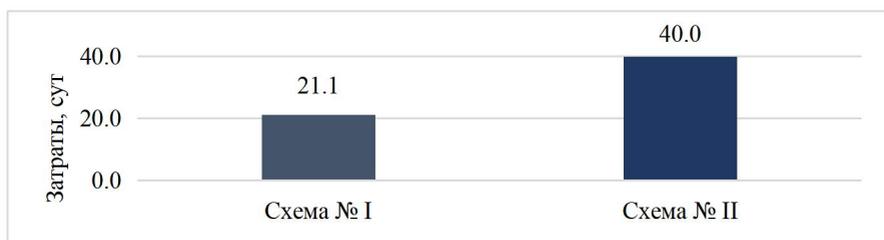


Рисунок 1 – Сроки доставки угля из Новокузнецка в Шанхай

**Заключение.** Анализируя рисунок 1, можно сделать вывод, что сроки доставки угля из Новосибирска в Шанхай по схеме № II (40 сут) практически в 2 раза более длительные чем по схеме № I (21,1 сут). Результаты исследования говорят о том, что на данном этапе освоения маршрутов через Северный морской путь необходимо совершенствовать морской и речной флоты. Помимо этого, необходимо развивать грузовую базу через данный маршрут.

#### Литература

1. Гладунов, В. А. Выбор оптимальных логистических схем поставок товаров из Китая в Российскую Федерацию при использовании контейнеров / В. А. Гладунов, Е. М. Бондаренко // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(64). – С. 15-23. – DOI 10.52170/1815-9265\_2023\_64\_15. – EDN KHWKOS.
  2. Официальный сайт Енисейского речного пароходства. URL: <https://www.e-river.ru/> (дата обращения 09.08.2023);
  3. Официальный сайт ФГБУ «Информационный аналитико-статистический центр Росморречфлота». URL: <http://www.nsra.ru/> (дата обращения 09.08.2023);
  4. Официальный сайт транспортно-логистической компании «FESCO». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fesco.ru/> (дата обращения 09.08.2023);
  5. Технологические расчёты параметров порталных кранов. URL: [https://studbooks.net/2452273/tehnika/tehnologicheskie\\_rascheti](https://studbooks.net/2452273/tehnika/tehnologicheskie_rascheti) (дата обращения 10.08.2023);
  6. Официальный сайт компании ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru> (дата обращения 10.08.2023).
- Представлено 03.11.2023