

Секция «Операционная эффективность: современные тренды и инструменты (СГУПС)»

## СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ДОСТАВКИ УГЛЯ В СМЕШАННОМ СООБЩЕНИИ С ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Бугров Вячеслав Александрович**

*Студент (специалист)*

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

*E-mail: slava.bugrov.04@mail.ru*

**УДК 656.073**

*Бугров В.А*

*студент 4 курса*

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия*

## СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАРШ- РУТА ДОСТАВКИ УГЛЯ В СМЕШАННОМ СООБЩЕНИИ С ЭЛЬГИН- СКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Постановка проблемы.** В условиях цифровизации экономики и глобализации цепочек поставок особую актуальность приобретает задача выбора рационального маршрута доставки грузов, особенно при смешанных (мультимодальных) перевозках. Сложность такой задачи обусловлена наличием альтернативных видов транспорта, различных логистических операций (погрузка, перевалка, таможенное оформление) и неопределённостью критериев выбора (время, стоимость, приведённые затраты). На примере доставки угля с Эльгинского месторождения в страны АТР рассмотрены три альтернативные схемы. Эффективность экспорта российского угля напрямую зависит от оптимизации логистических затрат, что подтверждается глобальными трендами развития угольного рынка [1].

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе Н.В. Никитиной и О.Г. Стукало рассматриваются глобальные тренды угольного рынка и определяются перспективы для России, что подчёркивает актуальность эффективной логистики как ключевого фактора конкурентоспособности российского угля на мировых рынках. [1]. Однако недостаточно внимания уделяется комплексному использованию критериев Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица для выбора оптимального маршрута доставки угля.

**Изложение основного материала.** В работе использован метод сетевого планирования, позволяющий представить логическую и временную структуру доставки груза в виде графа, где дуги — операции (транспортировка, перевалка, оформление), а узлы — события (завершение этапов). Каждой дуге присвоены значения времени, стоимости и приведённой стоимости по формуле:

Где — стоимость груза, — стоимость перевозки,  $\Delta=0,15$  — годовая ставка,  $T$  — время в сутках.

На примере доставки партии угля (71 вагон, 5 [U+202F] 467 т) с Эльгинского месторождения рассмотрены три маршрута:

- 1) Маршрут 1(1): Эльга — порт Эльга — Китай (с ожиданием ледокольной проводки).
- 2) Маршрут 1(2): Эльга — порт Эльга — Китай (без ожидания).
- 3) Маршрут 2(3): Эльга — Улак — порт Ванино — Китай..

Весь список операций приведен в таблице 1.

**№ работы**

**Характеристика работы**

**Время, дн.**

**Стоимость**

(руб./т)

1

2

Добыча угля открытым способом на Эльгинском месторождении

0,05(для 71 вагона)

2924

2

3

Погрузка и транспортировка угля на обогатительную фабрику

2 суток

25,8 руб.

3

4

Обогащение угля (производство концентрата с низким содержанием серы и фосфора)

2 суток

250 руб.

4

5

Накопление отгрузочной партии и подготовка к транспортировке

1

-

5

6

Погрузка угля в железнодорожные полувагоны на станции Эльга

0,375

49,23 руб.

6

7

Транспортировка по Тихоокеанской железной дороге в порт «Эльга (протяжённость 531 км, частная линия от месторождения до порта)

0,63

370-594 руб.

6

8

Транспортировка по частной железнодорожной линии «Эльга — Улак» (360 км)

0,5

356-594 руб.

7

9

Выгрузка угля из вагонов и подача на магистральную конвейерную линию

1

Включено в перевалку

9

11

Формирование портовых штабелей на складе

2

Включено в перевалку

11

13  
Забор угля со склада и подача на причалы по конвейерной линии  
1  
Включено в перевалку  
13  
15  
Погрузка угля в трюмы балкеров (4 причала, приём судов дедвейтом до 100 тыс. тонн)  
0,44  
Включено в перевалку  
15  
17  
Ожидание ледокольного сопровождения в зимний период (при сложной ледовой обстановке в Охотском море)  
1-3  
Включено в перевалку  
15/17  
19  
Морская транспортировка до стран АТР (Китай)  
5–15  
10,5\$  
19  
24  
Выгрузка в порту назначения  
2  
примерно 8\$  
8  
10  
Передача сформированного состава (в вагонах компании) с частной ветки на инфраструктуру РЖД на станции Улак. Ожидание отправки в связи с графиком движения и пропускной способностью БАМа.  
2–7  
Включается в стоимость аренды вагонов  
10  
12  
Транспортировка по Байкало-Амурской магистрали до перевалочного порта Ванино  
2  
**~5 500 – 6 500**  
12  
14  
Выгрузка угля из вагонов (вагоноопрокидыватели)  
1  
Включено в перевалку  
14  
16  
Формирование портовых штабелей на складе  
2  
Включено в перевалку  
16  
18

Забор угля со склада и подача на судопогрузочные машины

1

Включено в перевалку

18

20

Погрузка угля в трюмы балкеров

2–3

Включено в перевалку

20

22

Морская транспортировка до стран АТР (Китай.)

5–15

Индивидуальный расчет

22

24

Выгрузка в порту назначения

2

примерно 8\$ за тонну

24

25

Доставка конечному потребителю (металлургические заводы или ТЭС)

1–2

Индивидуальный расчет

**Таблица 1 — Перечень операций**

**Таблица 2 — Значения параметров по маршрутам доставки угля**

**№ маршрута**

**Схема доставки**

**T, сут**

**C, тыс. руб**

**C\*, тыс. руб**

1(1)

1,2,3,4,5,6,7,9,11,13,15,17,19,24,25

24,0

20 341

36 646

1(2)

1,2,3,4,5,6,7,9,11,13,15,19,24,25

22,5

20 341

36 631

2(3)

1,2,3,4,5,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,25

28,0

50 333

67 026

Поскольку выбор не очевиден (ни один маршрут не доминирует по всем трём критериям), применены критерии принятия решений в условиях неопределённости: Лапласа,

Вальда, Сэвиджа и Гурвица ( $\alpha=0,5$ ). Для этого абсолютные значения приведены к относительному виду путём деления на минимум в каждом столбце. Результаты расчётов представлены в таблице 3.

**Таблица 3 — Выбор схемы доставки угля по критериям**

**Маршрут**

**Лаплас**

**Вальд**

**Сэвидж**

**Гурвиц**

1(1)

1,0224

1,0667

0,0667

1,0333

1(2)

**1,0000**

**1,0000**

**0,0000**

**1,0000**

2(3)

1,8497

2,4749

1,4749

1,8597

Минимальные значения критериев выделены жирным шрифтом. Все четыре критерия указали на маршрут **1(2)** (отгрузка через порт Эльга без ожидания ледокольной проводки) как на оптимальный. Маршрут 1(1) имеет одинаковую стоимость перевозки, но большее время, что приводит к ухудшению приведённой стоимости и всех критериев.

**Выводы.** Применение сетевых графиков совместно с критериями Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица позволяет обоснованно выбирать маршрут доставки угля в условиях многокритериальности. Предложенный подход может быть использован в логистических информационных системах для поддержки принятия управленческих решений.

#### **Список литературы**

1. Коваленко Николай Иванович Учет неопределенности при управлении транспортным комплексом // Economic Consultant. 2014. №3 (7).
2. Лебедева Надежда Георгиевна, Митричева Светлана Николаевна Планирование маршрута доставки груза в смешанном сообщении на основе сетевого графика // Научные труды Дальрыбвтуза. 2012.
3. Н. В. Никитина, О. Г. Стукало Глобальные тренды угольного рынка: перспективы для России // Уголь. 2026. №2.

© Бугров В.А