



**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**
SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMAL CARGO TRANSPORTATION BY
MATHEMATICAL PROGRAMMING METHODS

Чумакина Алина Евгеньевна, студент 3 курса, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», (664074 Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15), e-mail: alina19nevoit@yandex.ru

Черняева Татьяна Николаевна, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Математика», ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», (664074, Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15), e-mail: chetn2021@yandex.ru

Chumakina Alina Evgenievna, 3rd year student, Irkutsk State Transport University, (664074, Irkutsk, Chernyshevsky str., 15), e-mail: alina19nevoit@yandex.ru

Chernyaeva Tatyana Nikolaevna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Mathematics, Irkutsk State Transport University, (664074, Irkutsk, Chernyshevsky str., 15), e-mail: chetn2021@yandex.ru

Аннотация. В данной статье исследуется задача оптимальной железнодорожной перевозки грузов и находится её решение при помощи методов математического программирования. Приводятся расчеты,

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

проведенные с использованием программы Microsoft Excel 2016, которая является мощным инструментом для анализа данных и моделирования. Описывается каждый этап проведенных расчетов и объясняются принятые решения. Анализируются полученные результаты и формулируются выводы о применимости разработанных методов для решения данной задачи.

Annotation. This article examines the problem of optimal rail freight transportation and finds its solution using mathematical programming methods. The calculations performed using the Microsoft Excel 2016 program, which is a powerful tool for data analysis and modeling, are presented. Each stage of the calculations is described and the decisions made are explained. The results obtained are analyzed and conclusions are drawn about the applicability of the developed methods to solve this problem.

Ключевые слова: Транспортная задача, железнодорожный транспорт, оптимальные перевозки, транспортные средства, грузоотправитель, грузополучатель, опасные грузы, математическое программирование.

Keywords: Transport problem, railway transport, optimal transportation, vehicles, shipper, consignee, dangerous goods, mathematical programming.

Оптимальная железнодорожная перевозка грузов является сложной задачей, требующей учета множества факторов, таких как расстояние, вес груза, стоимость перевозки, доступность железнодорожной инфраструктуры и другие [5]. Транспортная задача – это важный аспект эффективного функционирования железнодорожного транспорта. Оптимальные перевозки играют ключевую роль в обеспечении эффективного использования транспортных средств. Когда грузоотправитель и грузополучатель встречаются, возникает неизбежная необходимость в поиске наилучшего способа доставки грузов. Одним из особых аспектов транспортной задачи является перевозка опасных грузов. Учитывая их специфичность и потенциальные риски, безопасность становится главным приоритетом [2]. Качественная организация перевозок опасных грузов требует точного

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

планирования, мониторинга и координации между грузоотправителями и грузополучателями [4].

Математическое программирование является эффективным инструментом для решения задач с ограничениями. В программе Excel есть особая функция, известная как «Поиск решения», которая позволяет получить результаты решения таких задач как транспортная, которая входит в категорию задач линейного программирования и базируется на единой математической модели [7].

Главная цель транспортной задачи заключается в поиске оптимального распределения грузов между грузоотправителями и грузополучателями при известных затратах на перевозку между различными пунктами отправления и назначениями. То есть, для каждой пары пунктов отправления и назначения существует заранее известный тариф на перевозку груза [3].

Итак, использование математического программирования и функции «Поиск решения» в Excel способствует достижению эффективного распределения грузов, сокращению затрат на перевозку и повышению общей эффективности логистических процессов.

В качестве примера рассматривается задача по распределению вагонов с бурным углем между четырьмя пунктами погрузки. В резерве на четырех железнодорожных станциях – Тулун, Зима, Черемхово, Тайшет – имеется 65, 50, 80 и 40 вагонов соответственно. Необходимо обеспечить поставку определенного количества вагонов каждому из четырех пунктов. Пункт №1 требует 50 вагонов, пункт №2 – 40 вагонов, пункт №3 – 60 вагонов, а пункт №4 – 40 вагонов. Для осуществления перевозки или погрузки угля используются полувагоны с грузоподъемностью в 68 тонн. Стоимость доставки грузов зависит от расстояния, которое необходимо преодолеть, и рассчитывается согласно тарифной схеме плат за использование вагонов общего парка [1].

В таблице 1 приведены стоимости доставки бурого угля от каждой станции отправления до соответствующих пунктов назначения.

Таблица 1 – Стоимость поставки одного вагона

Станция отправление	Расстояние до пункта назначения, км	Стоимость, руб.
Тулун	До №1 – 15	1147
	До №2 – 65	1230
	До №3 – 9	1139
	До №4 – 5	1129
Зима	До №1 – 9	1139
	До №2 – 8	1139
	До №3 – 14	1155
	До №4 – 11	1139
Черемхово	До №1 – 20	1155
	До №2 – 80	1246
	До №3 – 33	1179
	До №4 – 41	1195
Тайшет	До №1 – 61	1230
	До №2 – 20	1155
	До №3 – 32	1179
	До №4 – 12	1139

Бурый уголь, относимый к опасным грузам 4 класса опасности, требует особой осторожности при его перевозке, а также при процессах погрузки и выгрузки [2]. Важно понимать, что уголь может образовывать

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

воспламеняющиеся смеси с воздухом, что приводит к окислению груза и возможности самовозгорания. Поэтому, при работе с данным грузом необходимо строго соблюдать правила и инструкции, регулирующие его транспортировку. Перевозка грузов в полувагоне является одним из основных методов железнодорожной транспортировки. Полувагон – это специальный грузовой вагон с кузовом без крыши, предназначенный для перевозки различных грузов, которые не требуют защиты от атмосферных осадков [6,8]. Бурый уголь, рассматриваемый в данной задаче, является одним из основных грузов, который может быть перевезен в полувагоне. Это связано с особенностями данного вида угля, требующего специфический подход к транспортировке. Оптимальный план перевозок – это план, который позволяет снизить затраты на доставку грузов в пункты назначения.

	A	B	C	D	E	F
1		Исходные данные				
2		№1	№2	№3	№4	Предл.
3	Тулун	1147	1230	1139	1129	65
4	Зима	1139	1139	1155	1139	50
5	Черемхово	1155	1246	1179	1195	80
6	Тайшет	1230	1155	1179	1139	40
7	Спрос	60	40	55	80	235=235
8		План перевозок				
9		№1	№2	№3	№4	Предл.
10	Тулун	1	1	1	1	4
11	Зима	1	1	1	1	4
12	Черемхово	1	1	1	1	4
13	Тайшет	1	1	1	1	4
14	Спрос	4	4	4	4	235=235
15						
16		Суммарные затраты			18695	
17						

Рис. 1 – Данные поставленной задачи, занесенные в рабочий лист Excel

Для того, чтобы составить оптимальный план поставки вагонов в пункты под погрузку бурого угля, нужно выполнить четыре условия. При этом конкретно рассматривается поставка со станции Тулун в пункт №1. Каждое условие выполняется на отдельном листе в программе Excel. «Поиск решения» используется для введения ограничений на маршрут и нахождения оптимального результата решения задачи [7,9].

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

1. Со станции Тулун в пункт №1 отправить больше 40 вагонов (рис. 2.1);
2. Со станции Тулун в пункт №1 отправить меньше 40 вагонов (рис. 2.2);
3. Со станции Тулун в пункт №1 отправить вагоны невозможно (рис. 2.3);
4. Со станции Тулун в пункт №1 отправить ровно 40 вагонов (рис. 2.4).

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: SBS10

До: Максимум Минимум значения: 0

Изменяя ячейки переменных: SBS10:SE513

В соответствии с ограничениями:

SBS10 >= 40
SBS10:SE513 = целое
SBS7:SE57 = SBS14:SE514
SF53:SF56 = SF510:SF513

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения лин. задач симплекс-методом

Метод решения
Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Справка Найти решение Закрывать

Рис. 2.1 – Введение ограничений на маршрут при первом условии

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: SBS10

До: Максимум Минимум значения: 0

Изменяя ячейки переменных: SBS10:SE513

В соответствии с ограничениями:

SBS10 <= 40
SBS10:SE513 = целое
SBS7:SE57 = SBS14:SE514
SF53:SF56 = SF510:SF513

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения лин. задач симплекс-методом

Метод решения
Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Справка Найти решение Закрывать

Рис. 2.2 – Введение ограничений на маршрут при втором условии

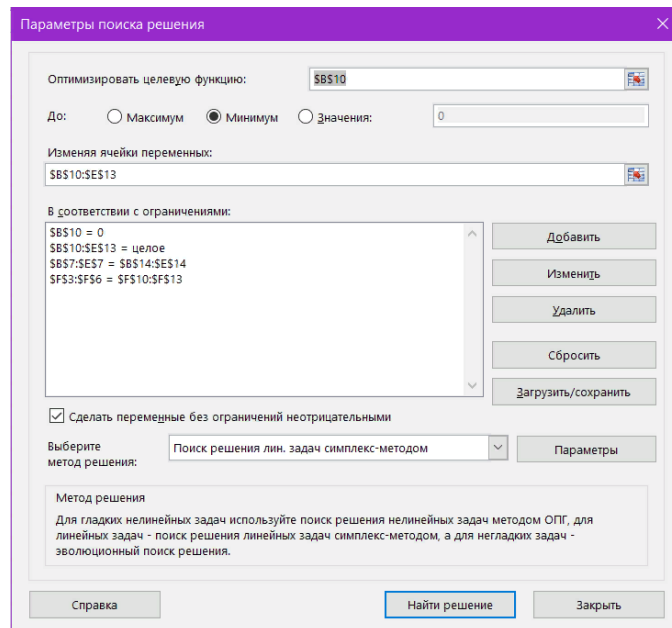


Рис. 2.3 – Введение ограничений на маршрут при третьем условии

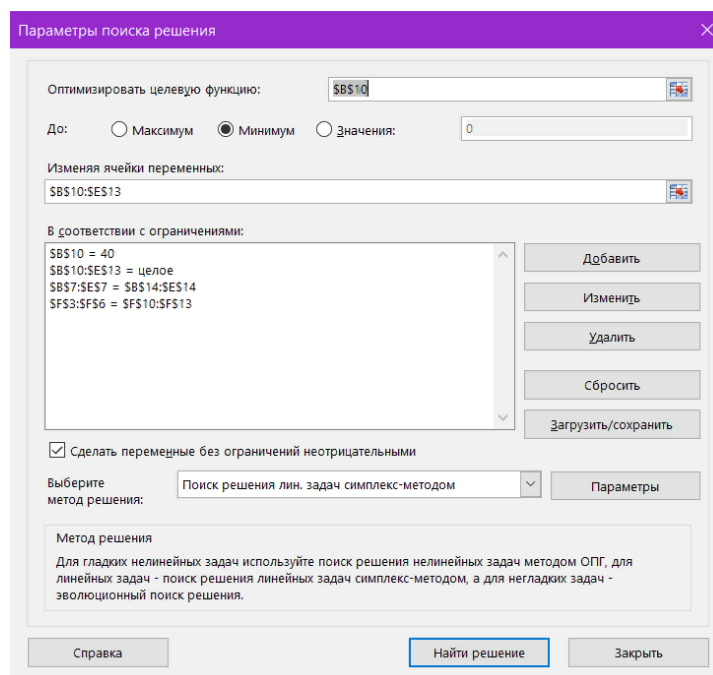


Рис. 2.4 – Введение ограничений на маршрут при четвертом условии

При нахождении решения получаются следующие результаты.

1. Суммарные затраты при первом условии составляют 274 975 руб. (рис. 3.1)

	A	B	C	D	E	F
1		Исходные данные				
2		№1	№2	№3	№4	Предл.
3	Тулун	1147	1230	1139	1129	65
4	Зима	1139	1139	1155	1139	50
5	Черемхово	1155	1246	1179	1195	80
6	Тайшет	1230	1155	1179	1139	40
7	Спрос	60	40	55	80	235=235
8		План перевозок				
9		№1	№2	№3	№4	Предл.
10	Тулун	40	10	15	0	65
11	Зима	20	30	0	0	50
12	Черемхово	0	0	0	80	80
13	Тайшет	0	0	40	0	40
14	Спрос	60	40	55	80	235=235
15						
16		Суммарные затраты		274975		
17						

Рис. 3.1 – Суммарные затраты

2. Суммарные затраты при втором условии составляют 277 895 руб. (рис. 3.2)

	A	B	C	D	E	F
1		Исходные данные				
2		№1	№2	№3	№4	Предл.
3	Тулун	1147	1230	1139	1129	65
4	Зима	1139	1139	1155	1139	50
5	Черемхов	1155	1246	1179	1195	80
6	Тайшет	1230	1155	1179	1139	40
7	Спрос	60	40	55	80	235=235
8		План перевозок				
9		№1	№2	№3	№4	Предл.
10	Тулун	0	40	25	0	65
11	Зима	50	0	0	0	50
12	Черемхов	0	0	0	80	80
13	Тайшет	10	0	30	0	40
14	Спрос	60	40	55	80	235=235
15						
16		Суммарные затраты		277895		
17						

Рис. 3.2 – Суммарные затраты

3. Суммарные затраты при третьем условии составляют 269 265 руб. (рис. 3.3)

	A	B	C	D	E	F
1		Исходные данные				
2		№1	№2	№3	№4	Предл.
3	Тулун	1147	1230	1139	1129	65
4	Зима	1139	1139	1155	1139	50
5	Черемхов	1155	1246	1179	1195	80
6	Тайшет	1230	1155	1179	1139	40
7	Спрос	60	40	55	80	235=235
8		План перевозок				
9		№1	№2	№3	№4	Предл.
10	Тулун	0	0	25	40	65
11	Зима	10	40	0	0	50
12	Черемхов	50	0	30	0	80
13	Тайшет	0	0	0	40	40
14	Спрос	60	40	55	80	235=235
15						
16		Суммарные затраты		269265		

Рис. 3.3 – Суммарные затраты

4. Суммарные затраты при четвертом условии составляют 274 975 руб.
(рис. 3.4)

	A	B	C	D	E	F
1		Исходные данные				
2		№1	№2	№3	№4	Предл.
3	Тулун	1147	1230	1139	1129	65
4	Зима	1139	1139	1155	1139	50
5	Черемхов	1155	1246	1179	1195	80
6	Тайшет	1230	1155	1179	1139	40
7	Спрос	60	40	55	80	235=235
8		План перевозок				
9		№1	№2	№3	№4	Предл.
10	Тулун	40	10	15	0	65
11	Зима	20	30	0	0	50
12	Черемхов	0	0	0	80	80
13	Тайшет	0	0	40	0	40
14	Спрос	60	40	55	80	235=235
15						
16		Суммарные затраты		274975		
17						

Рис. 3.4 – Суммарные затраты

При рассмотрении затрат на поставку вагонов в пункты назначения, следует обратить внимание на третье условие, поставка осуществляется со станции Тулун в пункт №1. В данном случае план является оптимальным, поскольку он позволяет достичь минимальной суммарной стоимости поставки

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

вагонов для их погрузки бурого угля. Рисунок 3.3 наглядно иллюстрирует эту ситуацию.

Таким образом, транспортная задача, связанная с железнодорожным транспортом, является сложной задачей оптимизации перевозок. Благодаря использованию математических моделей и алгоритмов, возможно определить оптимальные маршруты и нагрузку на каждый транспортный участок, что способствует повышению эффективности перевозок. Также важным аспектом является определение оптимального распределения ресурсов, таких как транспортные средства и персонал, чтобы достичь максимальной производительности и минимальных затрат. Наконец, такая задача требует постоянного анализа и оптимизации в связи с изменениями на рынке и требованиями клиентов. В итоге, успешное решение транспортной задачи в железнодорожном транспорте позволяет снизить затраты, улучшить качество обслуживания и повысить общую эффективность системы перевозок.

Литература

1. Тарифное руководство №4 книга 2, часть 1. Алфавитный список железнодорожных станций. Москва "Транспорт" 2001
2. Правило перевозок опасных грузов. Министерство путей сообщения Российской Федерации, 1995 Ответственные за выпуск Р.Х. Насыров, Ю.В. Ежиков Заведующий редакцией Н. Л. Немцова Ректор Т. И. Якушина
3. Организация транспортного обслуживания: методические указания к выполнению практических работ / сост. А.В. Комаров. –Иркутск, Ир-ГУПС, 2011. –32 с.
4. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. –М.: Транспорт, 2003. –127 с.
5. Дерибас А.Т. Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов / А.Т. Дерибас и др. –М.: Транспорт, 1980. –328 с.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

6. Сборник правил перевозок грузов на железнодорожном транспорте.–М.: Юридическая фирма «Контракт», 2001. –Кн. 1. –598с.
7. Экономико-математическое моделирование транспортных процессов : лаб. Практикум / Н. В. Банина. – Иркутск : ИрГУПС, 2017. – 76 с.
8. Черткова Е.Е, Чумакина А.Е, Черняева Т.Н. Расчет экономических показателей работы дорог // ОБРАЗОВАНИЕ-НАУКА-ПРОИЗВОДСТВО: 1 Том. - Чита : Научное издание, 2022. - С. 362-367.
9. Зелова М.И., Косачева Н.А, Черняева Т.Н. Применение линейного программирования в организации железнодорожных перевозок // Молодая наука Сибири. 2021 №2 (12). С. 345-353

REFERENCES

1. Tariff Guide No. 4 book 2, part 1. Alphabetical list of railway stations. Moscow "Transport" 2001
2. Rules of transportation of dangerous goods. Ministry of Railways of the Russian Federation, 1995 Responsible for the issue R.H. Nasyrov, Yu.V. Yezhikov Head of the editorial office N. L. Nemtsov Rector T. I. Yakushina
3. Organization of transport services: methodological guidelines for the implementation of practical work / comp. A.V. Komarov. –Irkutsk, Ir-GUPS, 2011. -32 p.
4. 4. The Charter of railway transport of the Russian Federation. –М.: Transport, 2003. -127 p.
5. Deribas A.T. Organization of freight and commercial work on railway transport: studies. for universities / A.T. Deribas et al. –М.: Transport, 1980. -328 p.
6. Collection of rules for the carriage of goods by rail.–М.: Law firm "Contract", 2001. –Book 1. –598s.
7. Economic and mathematical modeling of transport processes : lab. Practicum / N. V. Banina. – Irkutsk : IrGUPS, 2017. – 76 p.
8. Chertkova E.E., Chumakina A.E., Chernyaeva T.N. Calculation of economic indicators of road operation // EDUCATION-SCIENCE-PRODUCTION: Volume 1. - Chita : Scientific Edition, 2022. - pp. 362-367.

9. Zelova M.I., Kosacheva N.A., Chernyaeva T.N. Application of linear programming in the organization of railway transportation // Molodaya nauka Sibir. 2021 No.2 (12). pp. 345-353

© Чумакина А.Е., Черняева Т.Н, 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023*

Для цитирования: Чумакина А.Е., Черняева Т.Н. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023