



С.В. Будалин

РАЗРАБОТКА МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автомобильного транспорта

С.В. Будалин

РАЗРАБОТКА МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Учебно-методическое пособие
для выполнения курсовой работы
обучающимися по направлению подготовки
23.03.01 «Технология транспортных процессов»,
профили подготовки – «Организация перевозок и управление
на автомобильном транспорте» и «Организация перевозок
и безопасность движения»;
дисциплина – «Грузовые перевозки»
всех форм обучения

Екатеринбург
2018

Печатается по рекомендации методической комиссии ИАТТС.
Протокол № 3 от 11 января 2018 г.

Рецензент канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта
Д.В. Демидов

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 27.03.18		Поз. 6
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,86	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения курсовой работы обучающимися всех форм обучения по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», профили подготовки «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте» и «Организация перевозок и безопасность движения»; дисциплина – «Грузовые перевозки».

Учебно-методическое пособие составлено на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06 марта 2015 г. № 165;

- рабочей программы дисциплины «Грузовые перевозки» по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов»;

- стандартов УГЛТУ СТБ 1.3.0.0-00-04 «Учебное издание. Основные положения» и СТБ 1.3.1.0-00-2007 «Учебная документация. Учебные издания. Методическое издание. Основные положения».

Необходимость издания учебно-методического пособия вызвана отсутствием систематически подобранного учебного издания по дисциплине и требованием организации самостоятельной работы обучающихся.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ РАБОТЫ

1.1. Цель курсовой работы

Выполнение курсовой работы (КР) имеет целью закрепить и углубить теоретические знания, полученные при изучении курса «Грузовые перевозки», выработать у обучающихся умения и навыки использовать в своей деятельности передовые методы и технологические особенности организации и управления грузовыми перевозками, методы проектирования и оптимизации функционирования и управления транспортно-технологическими системами.

При выполнении курсовой работы обучающиеся должны уметь решать задачи целесообразного использования различных типов автомобилей и схем перевозок в зависимости от конкретных условий, вида и свойств груза; разрабатывать технологические схемы организации перевозок, проводить расчеты и анализ эксплуатационных показателей, в том числе с применением персонального компьютера (ПК), для повышения качества транспортного обслуживания грузовладельцев, эффективного использования автомобилей и снижения транспортных издержек на перевозки.

1.2. Задание на курсовую работу

Исходные данные для КР обучающиеся получают в виде конкретного задания по номеру варианта. Задание включает в себя конкретный вид груза, его наличие в грузоотправляющем пункте (ГОП), количество поставок в грузополучающие пункты (ГПП), местонахождение автотранспортного предприятия (АТП) или организации (АТО).

Задания составлены применительно к реальным транспортным грузовым потокам г. Екатеринбурга и Свердловской области. Для разработки транспортно-дорожной сети и расчета расстояний необходимо руководствоваться электронными картами города и области.

Курсовая работа содержит следующие основные разделы (с указанием количественной оценки трудоемкости выполнения в процентах):

1. Разработка модели транспортной сети – 10 %.
2. Характеристика груза – 10 %.
3. Выбор грузового автомобиля и погрузочно-разгрузочных средств – 20 %.
4. Оптимизация грузопотоков – 25 %.
5. Разработка маршрутов перевозок – 25 %.
6. Расчет транспортного процесса – 10 %.

В особых случаях допускается выполнение КР для реально существующих АТП или АТО.

1.3. Содержание и объем работы

КР выполняется в виде расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и приложений. Объем расчетно-пояснительной записки не должен превышать 30 страниц компьютерного набора формата А4.

Расчетно-пояснительная записка включает в себя титульный лист, содержание, основные разделы и список использованных источников.

Изложение текста и оформление РПЗ выполняют в соответствии с ГОСТ 2.105-95 [1] и ГОСТ 7.32-2001 [2]. РПЗ выполняется на одной стороне листов белой бумаги формата А4 с рамками и основными надписями по ГОСТ 2.104-68 [3]. На титульном листе и страницах с заданием рамки и основные надписи не выполняются. Нумерация страниц РПЗ сквозная, начинается с титульного листа.

РПЗ выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ПЭВМ. Рекомендуется шрифт Times New Roman, размер 14, межстрочный интервал – полуторный, центрирование – по ширине страницы. При выполнении РПЗ выдерживаются поля по 5 мм от границ рамок. Абзацы в тексте начинают отступом, равным четырем символам (1,0 см).

Допускается вписывать в текст отдельные слова, формулы, условные знаки, а также выполнять иллюстрации рукописным способом черной

пастой. Опечатки, описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения РПЗ, допускается исправлять закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черной пастой рукописным способом.

Список использованных источников должен содержать сведения об источниках 5, максимум, 10-летней давности издания, использованных при выполнении работы, и на которые сделаны ссылки во введении и основной части. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 [4] и ГОСТ Р 7.0.5-2008 [5]. Список использованных источников составляется в порядке появления ссылок в тексте РПЗ.

В приложения рекомендуется включать схему дорожной сети, стандарты или иные нормативные документы на грузы, общие технические характеристики автомобилей и погрузочно-разгрузочных средств, схемы погрузки-разгрузки и размещения в кузове автомобиля, схемы маршрутов и т.д.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕВОЗИМОГО ГРУЗА. ВЫБОР ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ СРЕДСТВ

2.1. Характеристика перевозимого груза

Характеристика груза должна отражать: транспортабельность; классификацию по частным признакам; факторы, влияющие на груз; физические и химические свойства; реакции на изменение температуры; характеристику опасности; массовые и объемные характеристики.

При наличии тары и упаковки груза необходимо указать классификацию, стандартизацию и унификацию транспортной тары, характеристику упаковочных материалов, типы поддонов и транспортных пакетов, характеристику грузовых контейнеров [6].

Опасные грузы характеризуются совместимостью при перевозках, требованиями к таре и упаковке, организацией системы информации и обеспечения перевозок.

При характеристике скоропортящихся грузов необходимо указать их совместимость при перевозке, сроки хранения, температурный режим транспортирования, выбор холодильной или обогревательной установки, способы обеспечения сохранности и качества.

Сверхнормативные грузы характеризуются предельными габаритно-весовыми параметрами, выбором транспортного средства, безопасностью транспортирования, особенностями перевозок.

2.2. Выбор грузового автомобиля

При организации грузовых автомобильных перевозок существенное значение имеет выбор такого автотранспортного средства (АТС), использование которого обеспечивало бы максимальную эффективность перевозок.

В конкретных условиях выполнения перевозок на выбор типа грузового автомобиля оказывают влияние свойства груза и требования, предъявляемые к его защите от воздействия внешних факторов, способ выполнения ПРР, дорожные условия и т.п. [7, 8].

После выбора типа АТС при наличии у перевозчика нескольких моделей автотранспортных средств данного типа необходимо выполнить расчет затрат. Наименьшие затраты будут соответствовать лучшей модели АТС для выполнения данных перевозок [9, 10].

На выбор конкретной модели АТС существенное значение будет оказывать ситуация на рынке грузовых автомобилей. На практике, при выборе типа автомобиля помимо экономических критериев приходится учитывать и значительное число различных технических требований и ограничений.

Несколько разнородных критериев можно сравнить и вывести обобщенный показатель с помощью метода ранжирования (табл. 1 [7, 8]).

Таблица 1

Расчетные данные для выбора типа АТС

Показатели, относит. ед.	Volvo FH 12	Scania Griffin	МАЗ-543208	КамАЗ-54115
Стоимость	0,29	0,29	0,78	1,00
Средний расход топлива	0,91	1,00	0,71	0,76
Максимальная скорость	1,00	1,00	0,91	0,91
Ресурс	0,75	1,00	0,25	0,20
Суммарный коэффициент	0,98	1,07	1,28	1,51

Объем навалочного груза (m^3), который может быть перевезен АТС, необходимо рассчитывать по формуле, учитывающей объем «шапки», образующейся над верхней поверхностью открытого кузова:

$$V_2 = V_k + (b_k / 2)^3 \operatorname{tg} \alpha_{\text{де}}, \quad (1)$$

где V_k – геометрический объем кузова, m^3 ;

b_k – ширина кузова, м;

$\alpha_{\text{де}}$ – угол естественного откоса груза в движении, град; значения угла естественного откоса для некоторых видов грузов приведены в [6].

Максимальная масса перевозимого груза (т) составляет

$$Q_2 = V_2 \rho_o, \quad (2)$$

где ρ_o – объемная масса (плотность) груза, t/m^3 .

Если $Q_2 > q_n$, объем кузова не может быть использован полностью и в АТС необходимо загрузить массу груза, соответствующую его номинальной грузоподъемности объемом $V_2 = q_n / \rho_o$. Если $Q_2 < q_n$, объем кузова недостаточен для полной загрузки данного автомобиля. Степень использования грузоподъемности будет определяться соотношением массы груза и номинальной грузоподъемности АТС.

Для штучных и пакетированных грузов, перевозимых в один ярус, высота загрузки соответствует высоте грузового места (ГМ). При укладке тарно-штучных грузов в несколько ярусов превышение уровня бортов АТС определяется условием обеспечения устойчивого положения груза во время перевозки.

Нередко объем кузова автомобиля не может быть полностью использован из-за отсутствия кратности размеров штучного груза с размерами кузова, при этом, чем больше размеры груза и меньше размер кузова, тем большая часть площади пола кузова может остаться неиспользованной.

Для разных видов штучных грузов и схем их укладки значения коэффициента использования объема кузова η следующие:

- ящики, кипы: $\eta = 0,61 \dots 0,95$;
- бревна, бруски, дрова: $\eta = 0,68 \dots 0,98$;
- бочки, рулоны: $\eta = 0,39 \dots 0,68$;
- мешки, кули: $\eta = 0,6 \dots 0,85$.

При перевозке в открытом кузове некоторые виды грузов могут быть погружены выше уровня бортов. В таких случаях коэффициент использования объема кузова больше единицы.

2.3. Выбор погрузочно-разгрузочных средств

К основным параметрам погрузочно-разгрузочных машин относятся: производительность машины, высота погрузки, мощность двигателя, скорость движения рабочего органа, габаритные размеры (длина, ширина и высота) в рабочем и транспортном положении, масса машины.

Для некоторых машин и устройств (например, с рабочим органом непрерывного действия), важными параметрами являются размеры грузонесущего органа (ширина и высота скребка – у скребковых конвейеров, объем и количество ковшей – у ковшовых конвейеров, диаметр шнека и скорость его вращения – у шнеков и др.) [7].

Важнейшим параметром у машин и устройств с рабочим органом прерывного действия является грузоподъемность, т.е. наибольшая масса груза, которая может быть поднята машиной или устройством при сохранении необходимого запаса устойчивости и прочности.

У погрузочно-разгрузочных машин с рабочим органом, выполненным в виде поворотной консоли (стреловые краны, некоторые одноковшовые погрузчики, экскаваторы), основными параметрами являются вылет стрелы, длина стрелы, высота подъема и угол поворота стрелы.

У вилочных авто- и электропогрузчиков следует учитывать такие параметры, как максимально допустимое расстояние от центра тяжести груза до спинок вилок при полном использовании грузоподъемности погрузчика и минимальный радиус поворота погрузчика.

У одноковшовых погрузчиков важнейшим параметром является также объем ковша. Бункеры оцениваются двумя основными параметрами: внутренний объем или вместимость бункера и размер выгрузочного отверстия. Для некоторых машин (зернопогрузчики, свеклопогрузчики) устанавливаются ширину захвата груза и т.д.

Техническая производительность погрузочно-разгрузочных машин и устройств с рабочим органом прерывного действия (т)

$$W = 3600 q_m / T_u, \quad (3)$$

где q_m – грузоподъемность машины, т;

T_u – продолжительность одного рабочего цикла машины, с;

$3600/T_u$ – число рабочих циклов за 1 час.

Техническую производительность машин и устройств с рабочим органом непрерывного действия при перемещении, погрузке или выгрузке штучных грузов определяют по формуле (в т/час) [7]:

$$W = 3600 v q_z / a, \quad (4)$$

где v – скорость перемещения рабочего органа машины, м/с;

q_z – масса единицы груза, т;

a – расстояние между единицами груза на рабочем органе машины, м.

При перемещении, погрузке или выгрузке навалочных грузов непрерывным потоком производительность машин (в т/час) и установок (в том числе бункеров) определяют по формуле:

$$W = 3600 F v i, \quad (5)$$

где $F v$ – объем груза, перемещаемый за 1 с рабочим органом машины;

v – скорость движения рабочего органа или скорость истечения потока груза – величина, строго определенная;

F – площадь поперечного сечения слоя перемещаемого груза;

i – объемная масса груза т/м³.

Техническую производительность пневматических установок и гидравлических устройств (в т/ч) определяют по формуле:

$$W = 3,6 \gamma_v \mu U_v, \quad (6)$$

где γ_v – плотность атмосферного воздуха или воды, кг/м³;

μ – массовая концентрация смеси материала с воздухом или водой, равная отношению массы, перемещаемой в единицу времени материала (груза), к массе расходуемого за то же время воздуха или воды;

U_v – расход воздуха или воды, м³/с.

Основным элементом погрузочно-разгрузочного пункта является погрузочно-разгрузочный пост, на котором происходит непосредственная погрузка или разгрузка АТС. Некоторые особенности имеет расстановка автомобилей при погрузке навалочных грузов экскаватором.

В этом случае различают сквозной, петлевой и тупиковый способы подачи АТС под погрузку.

3. ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОПОТОКОВ

3.1. Составление матриц грузопотоков.

Определение рациональных вариантов грузопотоков

Задача оптимизации грузопотоков сводится к определению плана перевозок однородных грузов – рациональному закреплению потребителей груза за поставщиками. Решение такой задачи сводится к выбору транспортных маршрутов, которыми продукция различных предприятий перевозится на несколько конечных пунктов назначения [11,12].

Для определения рациональных вариантов грузопотоков необходимо:

- сформулировать математическую модель задачи;
- выбрать способ составления базисного плана;
- определить метод оптимизации базисного плана;
- показать промежуточные и конечные результаты расчёта.

Рассмотрим пример. Из трех грузоотправляющих пунктов A_1, A_2, A_3 необходимо перевезти однородный груз четырем потребителям B_1, B_2, B_3, B_4 . Количество груза в пункте $A_1 = 300$ т, в пункте $A_2 = 500$ т, $A_3 = 800$ т. Спрос потребителей на данный груз составляет: $B_1 = 200$ т, $B_2 = 350$ т, $B_3 = 650$ т, $B_4 = 400$ т. Расстояния между грузоотправителями и грузополучателями приведены в табл. 2.

Необходимо так закрепить потребителей груза за грузополучателями, чтобы общая транспортная работа была минимальной (показатель критерия оптимальности - расстояние).

Таблица 2

Расстояния между грузоотправляющими и грузополучающими пунктами

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты			
	B_1	B_2	B_3	B_4
	Расстояние, км			
A_1	11	7	9	5
A_2	5	13	7	8
A_3	3	12	5	9

Для решения задачи обозначим через x количество тонн груза, которое должно быть перевезено от i -го поставщика j -му потребителю. Тогда математическая модель задачи выразится системой уравнений (7), а целевая функция, представляющая собой сумму произведений расстояний на соответствующий объем перевозок груза в тоннах, уравнением (8).

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 300 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 500 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 800 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = 200 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = 350 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} = 650 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} = 400 \end{array} \right. \quad (7)$$

Необходимо минимизировать сумму:

$$11 x_{11} + 7 x_{12} + 9 x_{13} + 5 x_{14} + 5 x_{21} + 13 x_{22} + 7 x_{23} + 8 x_{24} + 3 x_{31} + \\ + 12 x_{32} + 5 x_{33} + 9 x_{34} . \quad (8)$$

Полученная система уравнений (7) является линейно зависимой, так как любое её уравнение можно представить в виде линейной комбинации остальных уравнений. Действительно, если из суммы уравнений 1, 2, 3 вычесть сумму уравнений 4, 5, 6, то получим уравнение 7 и т. д. Число линейно независимых уравнений должно быть меньше на одно общего числа уравнений в системе, т.е. базис системы должен быть равен количеству уравнений в системе ограничений за вычетом единицы.

Так как общее число уравнений в системе определяется суммой поставщиков и потребителей, то в базисе должно быть уравнений

$$m + n - 1, \quad (9)$$

где m – число поставщиков;
 n – число потребителей.

Для решения транспортной задачи методом потенциалов составляется базисный план, который заносится в таблицу, называемую матрицей распределительного метода. Матрица – прямоугольная таблица чисел, состоящая из m строк и n столбцов, в которой на пересечении строк и столбцов, обычно в правых верхних углах, указывается расстояние между данным поставщиком и потребителем (в общем случае указывается показатель целевой функции).

К базисному плану предъявляются следующие требования: он должен быть допустимым, содержать $m + n - 1$ загруженных клеток, чтобы загруженные клетки были расположены в порядке вычеркиваемой комбинации. Для сокращения числа итераций при последующем решении желательно, чтобы базисный план был как можно ближе к оптимальному.

Напомним, что план считается допустимым, если все возможности поставщиков используются, а спрос всех потребителей удовлетворяется. Однако для решения транспортной задачи методом потенциалов (или любым другим методом линейного программирования) необходимо, чтобы матрица имела определенное число загруженных клеток и чтобы загруженные, клетки были расположены в порядке вычеркиваемой комбинации.

Число неизвестных x в задаче равно произведению числа строк m на число столбцов n . Максимальное число уравнений, которое можно получить при решении транспортной задачи, определяется суммой поставщиков и потребителей, т.е. $m + n$. В этом случае, как показано выше, система уравнений является линейно зависимой. Для решения транспортной задачи базис системы должен содержать $m + n - 1$ уравнений, а следовательно, в матрице должно быть $m + n - 1$ загруженных клеток.

Условие вычеркиваемой комбинации загруженных клеток означает, что, если последовательно проходя по строкам и столбцам матрицы, можно вычеркнуть все загружаемые клетки, то их комбинация считается вычеркиваемой. При этом загруженная клетка вычеркивается, если она единственная в своей строке или своем столбце.

3.2. Способы решения базисного плана и проверки методом потенциалов

3.2.1. Способ северо-западного угла

Самый простой способ составления базисного плана – это так называемый способ северо-западного угла [11, 12].

Сущность этого способа заключается в следующем. Распределение груза по потребителям начинается с клетки A_1-B_2 (табл. 3).

Если предложение больше спроса, то следующая цифра ставится в клетке A_2-B_2 и т. п.

Таблица 3

Базисный план, составленный способом северо-западного угла

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	11 200	7 100	9	5	300
A_2	5	13 250	7 250	8	500
A_3	3	12	5 400	9 400	800
Итого	200	350	650	400	1600

Клетки таблицы, в которых отмечено количество груза, перевозимого от грузоотправителя к данному грузополучателю, называются загруженными, остальные клетки - незагруженными. Способ северо-западного угла является плохим способом составления базисного плана, так как в большинстве случаев дает базисный план, очень далекий от оптимального. Положительная сторона его заключается в том, что он очень прост и обеспечивает получение $m + n - 1$ загруженных клеток.

При полученном базисном плане закрепления поставщиков за потребителями (табл. 3), транспортная работа составит

$$200 \cdot 11 + 100 \cdot 7 + 250 \cdot 13 + 250 \cdot 7 + 400 \cdot 5 + 400 \cdot 9 = 13500 \text{ т·км.}$$

3.2.2. Способ наименьшего элемента по столбцу (строке)

Несколько лучшими способами составления базисного плана являются способы наименьшего элемента по столбцу или наименьшего элемента по строке [11, 12].

При составлении базисного плана способом наименьшего элемента по столбцу поочередно в столбцах матрицы отмечаются клетки с минимальным значением a_{ij} и в них заносятся поставки. Если при записи поставок спрос по столбцу удовлетворен не полностью, ищется следующий по величине показатель a_{ij} , и так до полного удовлетворения спроса. Только после этого переходят на следующий столбец. Когда в столбце два или несколько одинаковых по величине минимальных показателей a_{ij} , то поставки могут быть размещены в любом из них.

Результаты составления базисного плана этим способом приведены в табл. 4.

При базисном плане, полученном способом наименьшего элемента по столбцу (табл. 4), транспортная работа составит

$$200 \cdot 3 + 300 \cdot 7 + 50 \cdot 12 + 100 \cdot 7 + 550 \cdot 5 + 400 \cdot 8 = 9950 \text{ т·км.}$$

Таблица 4

Базисный план, составленный способом наименьшего элемента по столбцу

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	
A ₁	11	7	9	5	300
	300				
A ₂	5	13	7	8	500
			100	400	
A ₃	3	12	5	9	800
	200	50	550		
Итого	200	350	650	400	1600

3.2.3. Способ аппроксимации У. Фогеля

По мнению У. Фогеля, его способ может заменить во многих случаях методы линейного программирования. На самом деле его можно применять только для составления базисного плана, а затем для решения задачи использовать обычную процедуру линейного программирования [11, 12].

При составлении базисного плана поставок способом аппроксимации У. Фогеля исходные данные заносятся в таблицу, которая отличается от матрицы метода потенциалов тем, что имеет дополнительную строку и столбец разностей (табл. 5).

Таблица 5

Базисный план поставок способом аппроксимации У. Фогеля

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого	Разности по строкам
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
A ₁	11	7	9	5	300	2
	300					
A ₂	5	13	7	8	400	2
	100		400			
A ₃	3	12	5	9	800	2
	200	50	550			
Итого	200	350	650	400	1600	
Разности по столбцам	2	5	2	3		

Процесс составления базисного плана начинается с определения разностей между двумя наименьшими элементами каждой строки и каждого столбца матрицы. Так, в столбце B₁ минимальный элемент равен 3 в клетке A₃ B₁. Следующий за ним по величине элемент, равный 5, находится в клетке A₂ B₁. Разность между ними равна 2. Эта и другие разности по строкам и столбцам записаны в табл. 5.

Затем из всех разностей столбцов и строк выбирается наибольшая. В нашем примере это цифра 5 в столбце B₂.

Клетка с наименьшим расстоянием (при решении задачи на минимум), расположенная в строке или столбце, имеющая наибольшую разницу, загружается максимально возможным количеством груза (с учетом потребности грузопотребляющего и возможности грузообразующего пунктов).

Смысл способа У. Фогеля заключается в следующем. Найденные разности показывают, насколько больше будут расстояния, если в соответствующем столбце или строке поставка будет записана не в клетку, где находится минимальный в этом столбце или строке элемент, а в клетку, где находится элемент, следующий за ним по величине. Там, где разность оказывается наивысшей, будут наибольшие потери на единицу продукции, если поставка не попадет в клетку с наименьшим оптимизирующим элементом.

В нашем примере, записав максимальную поставку в клетку A₁B₂ в количестве 300 т, исключаем показатели критерия оптимальности по этой строке, поскольку мощность поставщика A₁ полностью исчерпана, и вновь определяем разности между наименьшими элементами по строкам и столбцам матрицы (табл. 6)

Таблица 6

Базисный план поставок способом аппроксимации У. Фогеля

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого	Разности по строкам
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
A ₂	5	13	7	8	500	2
	50		50	400		
A ₃	3	12	5	9	800	2
	200		600			
Итого	200	350	650	400	1600	
Разности по столбцам	2	1	2	1		

Если оказывается несколько одинаковых разностей, имеющих максимальное значение (в нашем примере столбцы B₁ и B₃ и строки A₂ и A₃), то в соответствующих им столбцах или строчках находят и загружают седловую точку. Седловой точкой называют клетку таблицы, расстояние которой имеет наименьшее значение (при решении задачи на минимум) из всех расстояний ее строки и столбца или наибольшее значение при решении задачи на максимум.

При наличии независимых седловых точек, т. е. расположенных в различных строках и столбцах, загружают их одновременно. Когда седловые точки отсутствуют, находят дополнительные разницы. Загружается клетка, у строки или столбца которой дополнительная разница будет наибольшей.

В нашем примере седловой точкой будет клетка A₃B₁, в которую записывается максимально возможная поставка, и т. д.

3.2.4. Проверка плана методом потенциалов

Базисный план получился лучше (транспортная работа сократилась), однако нельзя сказать, является ли он оптимальным или нет. Для ответа на этот вопрос, необходимо составленный базисный план проверить на оптимальность. Для этих целей разработано несколько методов, например, методы потенциалов, метод МОДИ, Хичкока, Креко.

Идея метода потенциалов была высказана Л.В. Канторовичем в 1940 г. В 1951 г. американский ученый Дж. Д. Данциг предложил ту же идею, назвав ее модифицированным распределительным методом (МОДИ) [11, 12].

Идея метода потенциалов, или метода МОДИ, заключается в том, что для проверки допустимого базисного плана на оптимальность определяют особым образом числа, называемые потенциалами.

Главное требование к потенциалам заключается в том, чтобы каждый показатель a_{ij} в загруженной клетке был равен сумме потенциалов своих строки и столбца.

$$a_{ij} = U_i + V_j, \quad (10)$$

где U_i – значение потенциала строки;

V_j – значение потенциала столбца.

Совершенно безразлично, с какой строки или столбца начинать определение потенциалов, а также, каким по величине взять первый по счету потенциал, так как произвольно определяется только первый потенциал. Все остальные потенциалы жестко связаны с ним, и после того как первый потенциал установлен, он определяется единственно возможным способом. Определенные потенциалы строк и столбцов должны обеспечить значения потенциалов загруженных клеток равными нулю.

Потенциалы незагруженных клеток определяются по формуле:

$$E_{ij} = a_{ij} - (U_i + V_j), \quad (11)$$

где a_{ij} и E_{ij} – соответственно показатель и потенциал свободной клетки.

При решении задач на минимум оптимальный вариант допустимого плана получается в том случае, когда во всех загруженных клетках стоят нулевые потенциалы, а потенциалы всех свободных клеток являются положительными величинами. Наличие свободных клеток с отрицательными значениями потенциалов показывает, что имеются резервы улучшения варианта решения.

При решении задач на максимум оптимальный вариант допустимого плана получается тогда, когда во всех загруженных клетках стоят нулевые потенциалы, а потенциалы всех свободных клеток являются отрицательными величинами.

Проверим на оптимальность базисный план, составленный способом наименьшего элемента по столбцу. Для этого матрицу распределительного метода дополним одним столбцом и строкой (табл. 7).

Таблица 7

Проверка базисного плана методом потенциалов

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого	Потенциалы строк
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
A ₁	+ 11	7	+ 9	+ 5		
		300			300	0
A ₂	0 5	-1 13	7	8		
			+ 100	400	500	7
A ₃	3		12 + 5	+ 9		
	200	50	550		800	5
Итого	200	350	650	400	1600	
Потенциалы столбцов	-2	7	0	1		

Поставим в строке A₁ величину потенциала, равную нулю. Тогда, согласно формуле (10), потенциал столбца B₂ будет равен 7. Потенциал строки A₃ будет равен 5, а столбца B₃ будет равен 0 и т.д. Потенциалы незагруженных клеток находим по формуле (11).

В результате проверки допустимого плана на оптимальность получена клетка A_2-B_2 , имеющая отрицательный потенциал. Это указывает на то, что план неоптимален, и необходимо выполнить перераспределение закрепления поставщиков за потребителями. Это выполняется построением контура. Контуром называется замкнутая ломаная линия, образованная прямыми отрезками, углы соединений между которыми равны 90° . Строится контур так, чтобы все углы, кроме одного, располагались в загруженных клетках, а один угол – в свободной, наиболее потенциальной клетке. При соблюдении этих правил для каждой свободной клетки можно построить только один контур. Определяют положительные (+) и отрицательные (-) углы контура. Первый положительный угол лежит в незагруженной клетке, для которой строится контур, рядом с ним находятся отрицательные углы и т.д.

Определяется наименее загруженная клетка, занятая отрицательным углом контура. Количество груза, указанное в этой клетке, отнимается из всех клеток, занятых отрицательными углами контура, и прибавляется во все клетки контура с положительными углами.

Ранее загруженные клетки, которые не оказались расположенными в углах контура, переносятся в матрицу нового варианта закрепления потребителей груза за поставщиками без изменения (табл. 8).

Таблица 8

Исправленный вариант закрепления потребителей груза за поставщиками

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты				Итого	Потенциалы строк
	B_1	B_2	B_3	B_4		
A_1	11	7	9	5	300	0
		300				
A_2	5	13	7	8	500	6
		50	50	400		
A_3	3	12	5	9	800	4
	200		600			
Итого	200	350	650	400	1600	
Потенциалы столбцов	-1	7	1	2		

Проверка этого варианта допустимого плана показывает, что получен оптимальный план, так как все незагруженные клетки имеют положительные потенциалы, а потенциалы загруженных клеток равны нулю.

Объем транспортной работы при оптимальном закреплении поставщиков за потребителями составляет

$$200 \cdot 3 + 300 \cdot 7 + 50 \cdot 13 + 50 \cdot 7 + 600 \cdot 5 + 400 \cdot 8 = 9900 \text{ Т}\cdot\text{км.}$$

4. РАЗРАБОТКА МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК

4.1. Общие условия

Организация движения подвижного состава при перевозках должна обеспечивать наибольшую производительность и наименьшую себестоимость перевозок.

Движение подвижного состава происходит по маршрутам. Маршрут движения – это путь следования подвижного состава при выполнении перевозок. Маршруты бывают маятниковые и кольцевые [7, 13].

Длина маршрута – это путь, проходимый автомобилем от начального до конечного пункта маршрута.

Оборотом подвижного состава на маршруте называется законченный цикл движения, т. е. движение по всему маршруту с возвращением подвижного состава в начальный пункт, из которого оно началось, с выполнением всех соответствующих операций.

Маршрутизация заключается в разработке таких маршрутов движения, которые обеспечивают наилучшее использование пробега. Выбор маршрута зависит от расположения погрузочно-разгрузочных пунктов, размера партии, груза и типа подвижного состава.

При разработке маршрутов необходимо учитывать, что наиболее целесообразна организация движения по маятниковым маршрутам с обратным не полностью груженым пробегом или с груженым пробегом. Кольцевые маршруты организуют в тех случаях, когда невозможно организовать маятниковые маршруты с использованием обратного пробега.

При составлении кольцевых маршрутов необходимо тщательно анализировать все их возможные варианты, чтобы выбрать такие, которые обеспечивают наивысший коэффициент использования пробега.

На составление маршрутов оказывает влияние род перевозимых грузов, т.е. в ряде случаев даже при наличии встречных грузопотоков порожний пробег подвижного состава неизбежен.

Оказывает влияние и тип используемого подвижного состава. Так, при применении специализированного подвижного состава (кроме автомобилей-самосвалов) порожний пробег в подавляющем большинстве случаев исключить нельзя.

Количество груза на определенном маршруте часто не обеспечивает полной загрузки подвижного состава в течение всей смены (рабочего дня). Поэтому на практике очень часты случаи, когда в течение смены подвижной состав используют для перевозки груза на нескольких маршрутах.

Правильное составление маршрутов обеспечивает достижение наивысшего коэффициента использования пробега, а, следовательно, обеспечивает повышение производительности подвижного состава и снижение себестоимости перевозок. Например, сокращение порожнего пробега в условиях нашей страны на 1 % позволит перевезти дополнительно около

500 млн т в год и сэкономить более 1 млн т топлива. Для разработки рациональных маршрутов в последнее время широко применяют экономико-математические методы планирования.

4.2. Составление кольцевых маршрутов

Пусть заданы пункты производства груза (ГОП) и пункты потребления груза (ГПП), пункт размещения автомобилей (АТО), а также расстояния между этими пунктами. Известны заявки на перевозки (груженые ездки) и количество груза, которое необходимо перевезти от конкретного ГОП к заданному ГПП. Пример исходных данных представлен в табл. 9.

Требуется так организовать процесс перевозок, чтобы был перевезен весь груз и при этом суммарный пробег автомобилей без груза был бы минимальным.

Задача составления рациональных маршрутов при помашинных перевозках может решаться как транспортная задача или как общая задача линейного программирования [11, 12].

При решении этой задачи как транспортной на основе заданного плана перевозок (табл. 9) считаются известными ездки с грузом.

Таблица 9

План перевозок груза

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты	Расстояние перевозки, км	Наименование груза	Затраты на перевозку, усл. ед.
A ₁	B ₂	22,5	Песок	5
A ₂	B ₂	15,5	Уголь	3
A ₂	B ₃	9	Уголь	2
A ₂	B ₄	22	Уголь	5
A ₃	B ₁	5	Опилки	2
A ₃	B ₃	9	Опилки	4
A ₄	B ₂	13,5	Щебень	3
A ₄	B ₄	21	Щебень	5
A ₄	B ₅	27	Щебень	6

Суммарный пробег автомобилей может быть снижен за счет рационального планирования движения автомобилей без груза. Определение потоков движения автомобилей без груза сводится решению транспортной задачи, в которой ГПП рассматривают как отправителей, а ГОП как потребителей АТС, готовых к дальнейшей перевозке грузов. Для составления плана выполнения порожних ездок, используется метод таблиц связей или более простой метод совмещенных матриц.

При решении задачи составления рациональных маршрутов при помашинных перевозках как общей задачи линейного программирования исходные данные представляются как множество допустимых маршрутов.

Решение состоит из двух этапов:

- формирование технологически допустимых маршрутов;
- выбор оптимального набора маршрутов.

При составлении рациональных маршрутов должны учитываться следующие ограничения:

- число ездов, включаемое в один оборот (звенность маршрута), как правило, не должно превышать четырех, поскольку большая звенность ведет к большей вероятности сбоев;
- предельная продолжительность рабочей смены водителя;
- наименьшее допустимое значение коэффициента использования пробега (по минимально допустимой эффективности перевозок).

Для перевозки всех грузов выбирается одна модель АТС. При этом должно обеспечиваться соответствие размеров кузова размерам груза и максимальное использование грузоподъемности подвижного состава.

Коэффициент использования грузоподъемности γ для каждого вида груза рассчитывается отдельно. Для опилок и угля коэффициент использования грузоподъемности автомобиля примем равным 0,5, для щебня – 1,0.

Будем осуществлять перевозки на самосвалах ЗИЛ-4503 грузоподъемностью 4,5 т.

Количество ездов, которое необходимо сделать от каждого поставщика к потребителю, определяется по формуле:

$$n_e = \sum Q_{rij} / \gamma q_n, \quad (12)$$

где Q_{rij} – общее количество груза, которое необходимо перевезти от каждого поставщика к каждому потребителю (дневная норма груза);

q_n – номинальная грузоподъемность.

Результаты расчета количества ездов, которые необходимо сделать от каждого из поставщиков к потребителям, приведены в табл. 10.

Указанные результаты будут исходными данными для решения задачи маршрутизации методом совмещенных матриц. При этом расстояние между пунктами будем записывать в правый верхний угол ячейки матрицы.

Расстояние от АТО до ГОП и ГПП запишем в скобках рядом с обозначением пункта. Занесем в таблицу суммарное количество ездов для каждого поставщика и потребителя. Решим задачу составления оптимального плана подачи порожнего подвижного состава под загрузку. Полученный план порожних ездов обеспечивает минимальный пробег подвижного состава без груза при движении автомобилей от грузоотправителя к грузополучателю. Результаты решения также занесем в табл. 10 (порожние ездки будем обозначать числом в круглых скобках). Таким образом, получается матрица порожних ездов.

Таблица 10

Исходная матрица для составления кольцевых маршрутов

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты					Итого по вывозу, т
	B ₁ (25)	B ₂ (10)	B ₃ (9)	B ₄ (5)	B ₅ (8)	
A ₁ (5)	40	36 (5)	67	61	73	5
A ₂ (7)	10	64	37	39 (10)	69	10
A ₃ (7)	38	36 (6)	56	45	73	6
A ₄ (5)	6 (2)	78	23 (6)	45	65 (6)	14
Итого по ввозу, т	2	11	6	10	6	

Занесем в матрицу груженые ездки, которые необходимо выполнить согласно поставленной задаче. Груженые ездки будем заносить в матрицу в виде числа, выделенного полужирным шрифтом (табл. 11).

Таким образом, получается совмещенная матрица порожних и груженых ездов (табл. 11), отсюда и название метода. С помощью этой матрицы будем формировать маршруты движения АТС.

На первом этапе выявляем маятниковые маршруты.

Таблица 11

Совмещенная матрица порожних и груженых ездов

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты					Итого по вывозу, т
	B ₁ (25)	B ₂ (10)	B ₃ (9)	B ₄ (5)	B ₅ (8)	
A ₁ (5)	40	36 5 (5)	67	61	73	5
A ₂ (7)	10	64 3	37 2	39 5 (10)	69	10
A ₃ (7)	38 2	36 (6)	56 4	45	73	6
A ₄ (5)	6 (2)	78 3	23 (6)	45 5	65 6 (6)	14
Итого по ввозу, т	2	11	6	10	6	

Наличие в одной ячейке таблицы порожних и груженых ездов свидетельствует о необходимости использования маятникового маршрута. Количество ездов в маятниковом маршруте будет равно минимальному из значений количества груженых ездов и количества порожних ездов.

При этом можно сформировать следующие маятниковые маршруты:

- маршрут 1: $A_1 — B_2 — A_1 — 5$ оборотов;
- маршрут 2: $A_2 — B_4 — A_2 — 5$ оборотов;
- маршрут 3: $A_4 — B_5 — A_4 — 6$ оборотов.

Объемы перевозок по маятниковым маршрутам вычитают из загрузок соответствующих клеток и составляют новую матрицу для продолжения решения задачи (табл. 12).

Таблица 12

Матрица для составления кольцевых маршрутов

Грузоотправляющие пункты	Грузополучающие пункты					Итого по вывозу, т
	B_1 (25)	B_2 (10)	B_3 (9)	B_4 (5)	B_5 (8)	
A_1 (5)	40	36	67	61	73	-
A_2 (7)	10	64 3	37 2	39 (5)	69	5
A_3 (7)	38 2	36 (6)	56 4	45	73	6
A_4 (5)	6 (2)	78 3	23 (6)	45 5	65	8
Итого по ввозу, т	2	6	6	5	-	19

На втором этапе составляют кольцевые маршруты. С этой целью строят замкнутые контуры. Вершины контура должны находиться в засуженных ячейках матрицы, при этом значения загрузок в вершинах контура должны чередоваться: сначала идет ячейка, содержащая груженые ездки, затем ячейка, содержащая порожние ездки, и т.д.

Каждый построенный контур соответствует кольцевому маршруту. Количество ездок на маршруте соответствует наименьшему из числа порожних и груженых ездок по вершинам контура.

Например, построим контур $A_3B_1 — A_4B_1 — A_4B_4 — A_2B_4 — A_2B_2 — A_3B_2 — A_3B_1$. В матрице сплошные линии расположены горизонтально и соответствуют перевозке груза. Пунктирные линии, расположенные вертикально, соответствуют подаче порожнего подвижного состава. Минимальная загрузка по этому контуру составляет две ездки. Строим кольцевой маршрут - маршрут 4: $A_3 - B_1 - A_4 - B_4 - A_2 - B_2 - A_3 — 2$ оборота,

Общий пробег подвижного состава при перевозке грузов по рациональным маршрутам зависит от выбора начального пункта маршрута. На маятниковых маршрутах начальный пункт определен однозначно пунктом погрузки. На кольцевых маршрутах число возможных вариантов начального пункта соответствует числу пунктов погрузки на маршруте.

Поэтому для определения начального пункта кольцевого маршрута необходимо рассмотреть все возможные сочетания пунктов первой погрузки и

пунктов последней разгрузки. Для каждого варианта надо просчитать суммарный порожний пробег от АТО до пункта первой загрузки и от пункта последней разгрузки до АТО. За начальный пункт погрузки целесообразно принять тот пункт, при котором суммарный пробег минимален. Таким образом, сокращается пробег каждого автомобиля, работающего на маршруте.

Для маршрута 4 возможно три варианта начального пункта:

- начало в пункте A_3 , конец в пункте B_2 , нулевой пробег 17 км;
- начало в пункте A_2 , конец в пункте B_4 , нулевой пробег 12 км;
- начало в пункте A_4 , конец в пункте B_1 , нулевой пробег 30 км.

Таким образом, целесообразно в качестве начального пункта на кольцевом маршруте 4 принять пункт A_2 , маршрут при этом будет заканчиваться в пункте B_4 . Суммарный нулевой пробег от АТО до пункта первой загрузки A_2 и от пункта последней разгрузки B_4 до АТО будет минимально возможным для данного маршрута и составит 12 км.

Количество ездов, включенное в этот маршрут, вычитается из загрузки в вершинах контура. Затем переходят к построению следующего кольцевого маршрута.

Построим следующий контур: $A_4B_2—A_3B_2—A_3B_3—A_4B_3—A_4B_2$.

Для маршрута возможны два варианта выбора начального пункта:

- начало в пункте A_4 , конец в пункте B_3 , нулевой пробег 14 км.
- начало в пункте A_3 , конец в пункте B_2 , нулевой пробег 17 км.

За начальный пункт маршрута принимаем пункт A_4 . По контуру организуем следующий маршрут - маршрут 5: $A_4—B_2—A_3—B_3—A_4—3$ оборота.

Вычитаем количество ездов, включенных в маршрут, из загрузки соответствующих клеток и выбираем следующий кольцевой маршрут по контуру: $A_3B_3—A_3B_2—A_2B_2—A_2B_4—A_4B_4—A_4B_3—A_3B_3$.

Для маршрута возможны три варианта выбора начального пункта:

- начало в пункте A_2 , конец в пункте B_4 , нулевой пробег 12 км;
- начало в пункте A_4 , конец в пункте B_3 , нулевой пробег 14 км;
- начало в пункте A_3 , конец в пункте B_4 , нулевой пробег 17 км.

За начальный пункт данного маршрута принимаем пункт A_2 и по этому контуру задаем следующий маршрут - маршрут 6: $A_2—B_2—A_3—B_3—A_4—B_4—A_2—1$ оборот.

Рассматриваем последний контур $A_2B_3—A_2B_4—A_4B_4—A_4B_3—A_2B_3$.

Для этого маршрута возможно два варианта выбора начального пункта:

- начало в пункте A_2 , конец в пункте B_4 , нулевой пробег 12 км;
- начало в пункте A_4 , конец в пункте B_4 нулевой пробег 14 км.

За начальный пункт данного маршрута принимаем пункт A_2 и строим маршрут 7: $A_2—B_3—A_4—B_4—A_2—2$ оборота.

Таким образом, построен план перевозок.

Метод совмещенных матриц, в отличие от остальных методов маршрутизации, является менее трудоемким методом и позволяет в ходе разработки анализировать характеристики маршрутов и вносить необходимые изменения.

Для предупреждения ошибок при составлении маршрутного листа необходимо на основе транспортной сети составить схему каждого маршрута, как это показано для маршрута 7 на рис. 1.

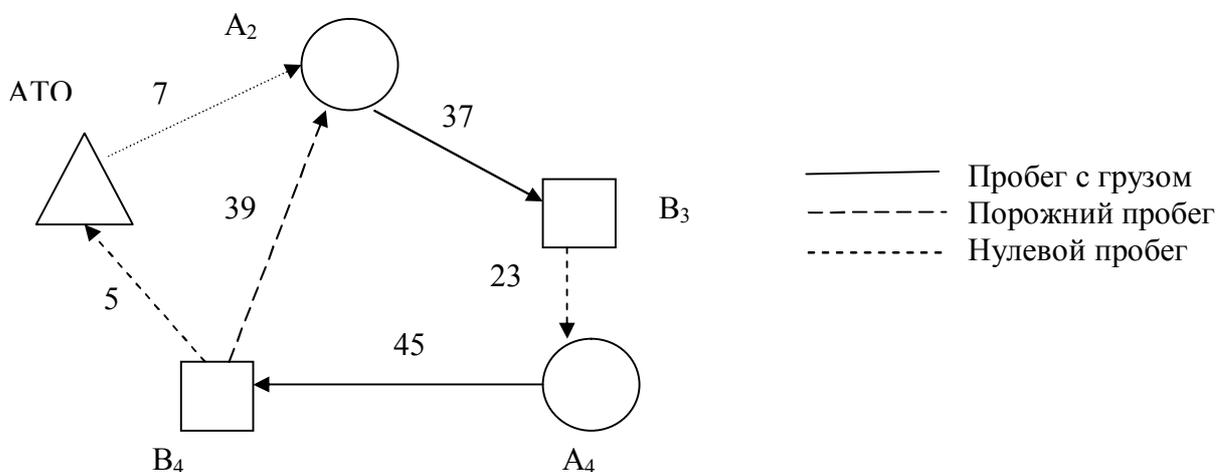


Рис. 1. Схема маршрута

На каждый автомобиль заполняется маршрутный лист, на основании которого готовится путевая документация, для чего необходимо рассчитать технико-эксплуатационные показатели работы. Выполним их расчет для маршрута 7.

Время одного оборота:

$$t_0 = l_m / V_m + t_{n-p}, \quad (13)$$

где l_m — длина (расстояние) маршрута, км;

V_m — среднетехническая скорость автомобиля; $V_m = 49$ км/час;

t_{n-p} — время погрузки-разгрузки, часы.

$$t_{n-p} = (t_{ож} + t_n q_n + t_p) / 60, \quad (14)$$

где $t_{ож}$ — время ожидания, $t_{ож} = 5$ мин;

t_n — время на погрузку 1 т груза; можно принять равным $t_n = 2$ мин;

t_p — время разгрузки; можно принять равным $t_p = 4,5$ мин.

$$t_0 = 144 / 49 + (5 + 2 \cdot 4,5 + 1 \cdot 4,5) / 60 = 3,31 \text{ часа};$$

Время работы на маршруте

$$T_m = T_n - l_0 / V_m, \quad (15)$$

где T_n — время в наряде; можно принять равным $T_n = 10$ часов;

l_0 — нулевой пробег, км.

Возможное число оборотов, которое может выполнить автомобиль

$$n_0 = T_m / t_0 (10 - 12 / 49) / 3,31 \approx 3 \text{ оборота}. \quad (16)$$

По этому маршруту необходимо выполнить всего 2 оборота, таким образом, выделенный автомобиль имеет резерв свободного времени

$$T_p = T_m - 2 t_0 + t_3 = 9,75 - 2 \cdot 3,31 + 39/49 = 3,9 \text{ часа}, \quad (17)$$

где t_3 – время движения от B_4 до A_2 , которое не выполняется на последнем, втором обороте, ч.

Резерв свободного времени необходимо фиксировать и после завершения расчета технико-эксплуатационных показателей для всех маршрутов использовать для планирования работы на других маршрутах.

В данном случае после завершения работы на маршруте 7 наиболее целесообразно будет задействовать автомобиль для работы на маятниковом маршруте 2.

Время оборота по маршруту

$$t_0 = (2 l_z / v_m) + t_{n-p} = (2 \cdot 39 / 49) + (5,0 + 2,0 \cdot 4,5 + 1 \cdot 4,5) = 1,91 \text{ часа}. \quad (18)$$

Количество оборотов

$$N_0 = (T_p - t_{nod}) / t_0 = (3,9 - 39 / 49) / 1,91 = 1,6 \text{ оборота}, \quad (19)$$

где t_{nod} – время подъезда с точки завершения работы на маршруте 7.

При расчете времени следует производить разумное округление получаемых значений в большую сторону, что обеспечивает необходимый резерв на случай задержек в пути и при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Расчет времени, как это видно из табл. 13, показал, что по маршруту 2 автомобиль реально может выполнить только один оборот. Это обеспечивает возврат автомобиля в АТО до 19:00 – времени окончания рабочей смены водителя.

Таблица 13

Маршрутный лист автомобиля

Пункт отправления	Время отправления	Пункт назначения	Время прибытия	Наименование груза	l_r , км	L_x , км	n_e	Q, т
АТО	8:00	A_2	8:10	-	-	7	1	-
A_2	8:14 13:34	B_3	9:34 14:44	Уголь	37	-	2	4,5
B_3	9:40 14:50	A_4	10:10 15:20	-	-	23	2	-
A_4	10:24 15:34	B_4	11:24 16:34	Щебень	45	-	2	9
B_4	11:30 16:40	A_2	12:20 17:30	-	-	39	2	-
Обед	12:20		13:20	-	-	-	-	
A_2	17:44	B_4	18:34	Уголь	39		1	2,25
B_4	18:44	АТО	18:54	-	-	5	1	-
Итого					203	136		15,75

Коэффициент использования пробега для этого автомобиля составит

$$\beta = l_z / (l_z + l_x) = 203 / (203 + 136) = 0,6. \quad (20)$$

Часовая производительность

$$U_x = Q / T_m = 15,75 / 9,75 = 1,61, \text{ т/час.} \quad (21)$$

4.3. Планирование маятниковых маршрутов

Несмотря на высокую привлекательность кольцевых маршрутов, практика показывает, что по кольцевым маршрутам можно перевезти не более 20 % грузов. Поэтому важной задачей является рациональное планирование перевозок по маятниковым маршрутам. При составлении маятникового маршрута проблема выбора возникает только при планировании грузеных ездов, так как возврат АТС происходит в одну точку.

На планирование маятниковых маршрутов оказывают влияние следующие факторы [11–13]:

- особенности перевозок могут включать требования по обязательной доставке определенных грузов, и продолжительность рейсов до различных ГПП может существенно отличаться;
- ресурсы АТО накладывают ограничения на продолжительность работы АТС; при этом используемые АТС могут иметь различную грузоподъемность;
- динамически изменяющиеся факторы определяют занятость фронта выполнения ПРР и время доставки груза.

Каждый раз, когда порожний автомобиль возвращается от грузополучателя и его сменное время не исчерпано, требуется назначить очередную грузеную езду. Если разные ездки существенно различаются по времени выполнения, то выбор ездки окажет определяющее влияние на продолжение работы АТС. В противном случае важным является лишь наиболее полная загрузка АТС.

Сокращение нулевых пробегов при использовании маятниковых маршрутов рассмотрим на примере. Схема выполнения перевозок представлена на рис. 2.

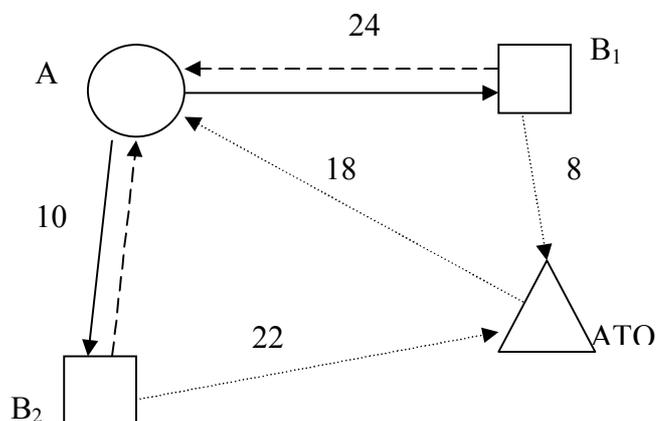


Рис. 2. Схема перевозок грузов

Допустим, что в течение смены необходимо из пункта А в пункт В₁ сделать 12 ездов, а в пункт В₂ – 50 ездов. Известно, что по маршруту А – В₁ можно выполнить 3 оборота и по маршруту А – В₂ – 5 оборотов.

Составим первый план перевозок, исходя из выделения определенного количества АТС на каждый маршрут. На маршрут А – В₁ необходимо направить $A_m = 12 / 3 = 4$ автомобиля.

Непроизводительный пробег всех АТС по маршруту составит $L_{A-B_1} = A_m(l_{x1} + l_{x2}) = 4(24 \cdot 2 + 18 + 8) = 296$ км.

На маршрут А – В₂ необходимо направить $A_m = 10$ автомобилей.

Непроизводительный пробег всех АТС по маршруту составит $L_{A-B_2} = 10(10 \cdot 4 + 18 + 22) = 800$ км.

Таким образом, при работе по этому плану 14 автомобилей проедут 788 км с грузом и 1096 км без груза.

Коэффициент использования пробега $\beta = 788 / (1096 + 788) = 0,42$.

Теперь попытаемся найти оптимальный план выполнения этих перевозок, представив задачу, как задачу линейного программирования. Будем рассматривать ГПП, как поставщиков порожних ездов, а ГОП и АТО, как их получателей.

Тогда условие задачи можно записать в виде матрицы (табл. 14).

Таблица 14

Матрица планирования маятниковых маршрутов

Грузополучающие пункты	Потенциалы	ГОП (А)		АТО	n_e
		0		12	
B_1	-4	-4	24	8 12	12
B_2	10	10		22 2	50
Итого		48		14	62

Решаем транспортную задачу с целью получить оптимальный план выполнения порожних ездов. Полученное распределение ездов показывает, что в АТО из B_1 должно вернуться 12 автомобилей и 2 автомобиля из B_2 . Все порожние ездки целесообразно выполнять в пункт B_2 . Для достижения этого 12 автомобилей должны работать по маршруту А – В₂ и, выполнив по нему по 4 оборота, последнюю езду совершить в пункт B_1 , от туда вернуться в АТО.

По маршруту А – В₁ будут выполнены все необходимые ездки, а по маршруту А – В₂ останется выполнить $n_0 = 50 - 12 \cdot 4 = 2$ оборота. Для этого придется использовать еще один автомобиль.

Суммарный непроизводительный пробег всех АТС по второму плану $L = 12(10 \cdot 4 + 18 + 8) + 1(10 \cdot 1 + 18 + 22) = 842$ км.

Коэффициент использования пробега составит $\beta = 788 / (842 + 788) = 0,48$, что на 14 % выше, чем при работе по первому плану.

5. РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Для планирования, учета и анализа работы АТС установлена система технико-эксплуатационных показателей (ТЭП), позволяющих оценивать эффективность использования автомобилей – результаты работы [7, 11–15].

Время погрузки-разгрузки:

$$t_{n-p} = t_{ож.н} + t_n + t_{ож.р} + t_p + t_{np}, \quad (22)$$

где $t_{ож.н}$ – время ожидания погрузки, часы;

t_n – время погрузки, часы;

$t_{ож.р}$ – время ожидания разгрузки, часы;

t_p – время разгрузки, часы;

t_{np} – время простоя по организационным причинам, часы.

Работникам автотранспортных предприятий, занимающихся организацией перевозок, и тем, кто отвечает за организацию труда водителей, необходимо в расчетах времени на перевозку учитывать Межотраслевые нормы времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспортных средств и складские работы, утвержденные постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 17.10.2000 г. № 76 [16].

Указанные нормы времени разработаны Центральным бюро нормативов по труду Министерства труда и социального развития Российской Федерации. Они содержат нормы времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспорта и складские работы, выполняемые механизированным способом, а также вручную без применения или с применением простейших приспособлений на следующие категории грузов: тарно-упаковочные и штучные, мясные, хлебобулочные изделия, тяжеловесные грузы, металлы и металлические изделия, лесоматериалы, огнеупорные грузы, навалочные, зерновые и другие.

Указанные нормы времени предусматривают следующие варианты погрузочно-разгрузочных работ:

- железнодорожный подвижной состав – склад, склад – железнодорожный подвижной состав;
- железнодорожный подвижной состав – автотранспорт, автотранспорт - железнодорожный подвижной состав;
- железнодорожный подвижной состав - железнодорожный подвижной состав;
- автотранспорт- склад, склад- автотранспорт.

Нормы времени увеличиваются:

- на 10 %, если погрузка или разгрузка грузов производится из автомобилей типа фургон;
- на 25% – при погрузке и разгрузке промышленных и продовольственных грузов, требующих особой осторожности (стекло, фарфоровые и

фаянсовые изделия, жидкость разная в стеклянной таре, музыкальные инструменты, телевизоры, радиотовары, приборы, мебель), а также мелкоштучных грузов, перевозимых навалом или в мелкой упаковке и требующих пересчета (белье, обувь, головные уборы, одежда, галантерея, трикотаж, ткани разные, писчебумажные принадлежности, книги, игрушки, мясо и мясопродукты, молочные продукты).

На погрузку и разгрузку крупногабаритных и тяжеловесных грузов, требующих специальных устройств для их крепления, нормы времени устанавливаются в зависимости от конкретных условий по соглашению сторон.

Время простоя автомобиля (автопоезда) под погрузкой или разгрузкой исчисляется с момента подачи автомобиля (автопоезда) к месту погрузки или разгрузки и вручения шофером транспортных документов на перевозку грузов до момента окончания погрузки или разгрузки и вручения шоферу надлежаще оформленных транспортных документов.

В нормы времени включено время, необходимое на погрузку (разгрузку) груза с подноской или отноской груза, на маневрирование автомобиля (автопоезда), увязывание развязывание груза, покрытие груза брезентом и снятие брезента, открытие и закрытие бортов (дверей) автомобиля и прицепов, а также оформление документов на завоз (вывоз) грузов [16].

Коэффициент использования пробега

$$\beta = \frac{l_2}{l_{об}}, \quad (23)$$

где l_2 – пробег с грузом, км;

$l_{об}$ – общий пробег, км;

$$l_{об} = l_{01} + l_2 + l_x + l_{02},$$

где l_{01} – нулевой пробег в начале смены, км;

l_2 – пробег с грузом, км;

l_x – порожний пробег, км;

l_{02} – нулевой пробег в конце смены, км.

Коэффициент использования грузоподъемности

$$\gamma = \frac{q_{ф}}{q_{н}}, \quad (24)$$

где $q_{ф}$ – фактическая грузоподъемность автомобиля, т;

$q_{н}$ – номинальная грузоподъемность автомобиля, т.

Эксплуатационная скорость (км/час)

$$V_э = \frac{l_{об}}{T_н}, \quad (25)$$

где $l_{об}$ – общий пробег, км;

$T_н$ – время в наряде, часы.

Время в наряде:

$$T_n = T_m + t_n, \quad (26)$$

где T_m – время работы на маршруте, часы;

t_0 – время на выполнение нулевого пробега, часы.

Количество ездов

$$n_e = \frac{\sum Q_{zij}}{\gamma q_n}, \quad (27)$$

где $\sum Q_{zij}$ – общее количество груза, которое необходимо перевезти от каждого потребителя к каждому получателю, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

q_n – номинальная грузоподъемность автомобиля, т.

Время выполнения ездки

$$t_e = \frac{l_e}{V_m} + t_{n-p}, \quad (28)$$

где l_e – длина ездки, км;

V_m – техническая скорость, км/час;

t_{n-p} – время погрузки и разгрузки, часы.

Грузоподъемность автомобиля фактическая

$$q_\phi = \rho V, \quad (29)$$

где ρ – объемная масса груза, т/м³;

V – объем кузова, м³.

Производительность автомобиля за рабочий день (т км)

$$W_{p.d.} = \sum Q_\phi \cdot l_z, \quad (30)$$

где $\sum Q_\phi$ – объем перевозки груза за рабочий день, т;

l_z – длина ездки с грузом, км.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. Введ. 1996-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2010. 28 с.
2. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. Введ. 2002-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2010. 22 с.
3. ГОСТ 2.104-68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. Введ. 1971-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2010. 10 с.
4. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Введ. 2004-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2010. 57 с.
5. ГОСТ 7.0.5-2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. Введ. 2009-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2010. 19 с.
6. Олещенко Е.М., Горев А.Э. Основы грузоведения: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. М.: ИЦ Академия, 2010. 288 с.
7. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. М.: ИЦ Академия, 2010. 288 с.
8. Горев, А.Э., Олещенко Е.М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учеб. пособие для студентов вузов. М.: ИЦ Академия, 2013. 256 с.
9. Краткий автомобильный справочник. Том 2. Грузовые автомобили. М.: ИПЦ Финпол, 2005. 672 с.
10. Краткий автомобильный справочник. Том 4. Специализированные грузовые автомобили. М.: ИПЦ Финпол, 2005. 550 с.
11. Будалин С.В. Планирование перевозок массовых и мелкопартионных грузов: метод. указания. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 36 с.
12. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 560 с.
13. Сарафанова Е.В., Евсеева А.А., Копцев Б.П. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. М.: ИКЦ МарТ, 2006. 480 с.
14. Майборода М.Е., Беднарский В.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 442 с.
15. Касаткин Ф.П., Коновалов С.И., Касаткина Э.Ф. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учеб. пособие. М.: Академический Проект, 2005. 352 с.
16. Савин В.И., Щур Д.Л. Перевозки грузов автомобильным транспортом: справочное пособие. М.: Дело и сервис, 2007. 544с.
17. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом: утв. Постановлением Прав. Рос. Федерации 15.04.2011 г. № 272. Екатеринбург: Ажур, 2013. 158 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. Содержание и объем работы.....	3
1.1. Цель курсовой работы.....	3
1.2. Задание на курсовую работу.....	4
1.3. Содержание и объем работы.....	4
2. Характеристика перевозимого груза. Выбор подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств.....	5
2.1. Характеристика перевозимого груза.....	5
2.2. Выбор грузового автомобиля	6
2.3. Выбор погрузочно-разгрузочных средств.....	7
3. Оптимизация грузопотоков.....	9
3.1. Составление матриц грузопотоков.....	9
3.2. Способы решения базисного плана и проверки методом потенциалов	11
4. Разработка маршрутов перевозок.....	17
4.1. Общие условия.....	17
4.2. Составление кольцевых маршрутов.....	18
4.3. Планирование маятниковых маршрутов.....	26
5. Расчет транспортного процесса.....	28
Библиографический список	31