**Практическое занятие №**

МАРШРУТИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

**Цель работы:** изучение методики составления оптимальных маршрутов движения подвижного состава.

**Краткие теоретические сведения**

Маршрутизация перевозок — это наиболее эффективный способ организации оптимального продвижения грузопотоков по логистическим каналам и цепям. Формирование рациональных маршрутов позволяет точно определять объемы перевозок грузов в территориальном и временном разрезе, рассчитывать количество транспортных средств, необходимых для обеспечения грузопотоков, добиваться значительного сокращения простоев подвижного состава под погрузкой и разгрузкой.

Кроме того, маршрутизация перевозок положительно зарекомендовала себя тем, что существенно расширяет возможности повышения производительности транспортных средств при одновременном снижении численности активного подвижного состава с сохранением объемов перевозок и улучшением качества транспортно-экспедиционного обслуживания. Если определены и эксплуатируются рациональные маршруты и на них строго соблюдаются сроки поставок, то товарно-производственные запасы участников логистических процессов могут быть сокращены в 1,5-2 раза.

Роль маршрутизации заключается также в том, что потребители, производители и торговые посредники получают возможность составления реальных проектов по текущим планам и обеспечить эффективную организацию работы с оперативными заявками на транспорт общего пользования.

Правильная маршрутизация грузопотоков не только укрепляет взаимо­действие всех участников логистических процессов, но и способствует более тесной интеграции производственно-хозяйственной деятельности всех звеньев логистических цепей.

При массовых перевозках грузов в соответствии с концепцией логистики необходимо разрабатывать такие маршруты, которые могли бы обеспечить минимум порожних пробегов и своевременный возврат транспортных средств. В транспортной логистике задачи данного типа решаются на основе критерия минимизации эксплуатационных затрат или тонно-километрового пробега.

При составлении маршрутов движения подвижного состава, следует учитывать, что по одному маршруту могут перевозиться различные грузы, которые должны удовлетворять следующему условию: их транспортировку можно производить одним и тем же подвижным составом. Следовательно, маршрутизацию перевозок можно составлять только при наличии групп грузов, требующих для перевозки однотипный подвижной состав. Маршруты составляются по каждой группе грузов.

При постановке и решении задач маршрутизации перевозки грузов учитывается множество ограничений, накладываемых конкретными условиями работы грузовых пунктов и автомобильного транспорта. К ним относятся: заданное множество пунктов производства и потребления грузов, объемы грузооборота поставщиков и потребителей груза, характер грузов, время доставки, структура и наличие парка подвижного состава, размещение и мощность автотранспортных предприятий, режим работы АТП и клиентуры, режим работы водителей, ограничения по пропускной способности пунктов, минимально допустимое значение целевой функции.

**Методика решения задачи маршрутизации с использованием метода совмещенных планов**

Условием задачи является требование организовать процесс перевозки таким образом, чтобы при минимальных затратах был перевезен весь груз и при этом коэффициент использования пробега был максимально возможным в заданных условиях.

Для перевозки грузов могут быть организованы маятниковые и кольцевые маршруты. Маятниковыми называются маршруты движения, на которых путь следования подвижного состава в прямом и обратном направлениях пролегает по одной и той же трассе. Кольцевыми называются маршруты движения, на которых путь следования подвижного состава представляет замкнутый контур, соединяющий пункты погрузки и разгрузки. Пункт начала маршрута является его конечным пунктом.

При решении задачи маршрутизации перевозки грузов первым шагом является определение оптимального плана возврата порожних автомобилей из пунктов выгрузки в пункты погрузки. Решается эта задача теми же методами, что и транспортная задача.

План возврата порожних автомобилей находится при следующем допущении: полагается, что для перевозки используются условные однотонные автомобили.

Перед составлением плана возврата порожних автомобилей объем перевозок грузов надо привести к одному I-ому классу.

*Xij* =*Qij* /*Υc* (1)

где *Qij* – фактический объем перевозки, т;

*Yc* – статический коэффициент использования грузоподъемности автомобиля (например, щебень – 1,0; керамзит – 0,6).

*Пример приведения грузов к одному классу:*

В качестве исходных данных используются оптимальные планы перевозки щебня и керамзита, а также статические коэффициенты использования грузоподъемности автомобиля по видам грузов.

В качестве примера выберем корреспонденцию А2–Б0 (таблица 1) объемом 100 т и по формуле (1) произведем расчет:

*Х*2-0 = 100 / 1,0 = 100 т.

Расчеты по приведению объемов перевозок удобнее производить в табличной форме, пример оформления и остальные расчеты приведены в таблице 1.

# Таблица 1

# Приведение объемов перевозок к I-ому классу

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункты | | Род груза | Класс груза | Коэфф.  использ. грузоп. *Yc* | *Qij*,т | *Xij*,т |
| отправления | назначения |
| А2 | Б0 | щебень | I | 1,0 | 100 | 100 |
| А4 | Б17 | керамзит | III | 0,6 | 50 | 83 |
| А9 | Б6 | керамзит | III | 0,6 | 100 | 167 |
| А9 | Б7 | керамзит | III | 0,6 | 50 | 83 |
| А4 | Б15 | керамзит | III | 0,6 | 50 | 83 |
| А4 | Б14 | керамзит | III | 0,6 | 150 | 250 |
| А2 | Б13 | щебень | I | 1,0 | 200 | 200 |
| А10 | Б8 | щебень | I | 1,0 | 150 | 150 |
| А17 | Б15 | щебень | I | 1,0 | 50 | 50 |
| А17 | Б16 | щебень | I | 1,0 | 150 | 150 |
| А18 | Б15 | щебень | I | 1,0 | 70 | 70 |

На основании таблицы 1, и принятых выше допущений о том, что грузы перевозятся условными однотонными автомобилями, составляется сводный план ездок автомобилей с грузом, который приведен в таблице 2. Строки таблицы обозначают пункты отправления А*i* столбцы – пункты назначения Б*j*, на пересечении соответствующего столбца и строки проставляется приведенный к первому классу объем перевозок *Хi-j* (количество условных однотонных автомобилей, необходимых для перевозки приведенного объема груза).

# Таблица 2

# Сводный план ездок автомобилей с грузом

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщики |  |  |  | Потребители | | |  |  |  | Вывоз |
| Б0 | Б6 | Б7 | Б8 | Б13 | Б14 | Б15 | Б16 | Б17 |
| А2 | 100 |  |  |  | 200 |  |  |  |  | 300 |
| А4 |  |  |  |  |  | 250 | 83 |  | 83 | 416 |
| А9 |  | 167 | 83 |  |  |  |  |  |  | 250 |
| А10 |  |  |  | 150 |  |  |  |  |  | 150 |
| А17 |  |  |  |  |  |  | 50 | 150 |  | 200 |
| А18 |  |  |  |  |  |  | 70 |  |  | 70 |
| Завоз | 100 | 167 | 83 | 150 | 200 | 250 | 203 | 150 | 83 | 1386 |

Оптимизируя полученный план ездок автомобилей с грузом методом потенциалов, получаем оптимальный план возврата порожних автомобилей представленный в таблице 3.

Таблица 3

Оптимальный план возврата порожних автомобилей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщики | Потребители | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Вывоз |
| Б0 | | Б6 | | Б7 | | | | Б8 | | Б13 | | Б14 | | Б15 | | Б16 | | Б17 | | | |
| А2 |  | 20 |  | 53 |  |  | 42 | |  | 58 |  | 13 |  | 8 |  | 44 |  | 28 |  |  | | 38 | 300 |
|  |  |  | | |  | **200** | | **100** | |  |  |  | | |
| А4 |  | 50 |  | 55 |  |  | | 44 |  | 60 |  | 43 |  | 30 |  | 46 |  | 30 |  |  | 40 | | 333 |
|  |  |  | | |  |  | **150** | | **186** | | **80** | |  | | |
| А9 |  | 54 |  | 42 |  |  | | 24 |  | 8 |  | 38 |  | 42 |  | 38 |  | 38 |  |  | 48 | | 333 |
|  | **17** | | **83** | | | **150** | |  |  |  |  |  | | |
| А10 |  | 36 |  | 60 |  |  | | 42 |  | 26 |  | 44 |  | 48 |  | 52 |  | 56 |  |  | 66 | | 150 |
| **100** | | **33** | |  | | |  |  |  | **17** | |  |  | | |
| А17 |  | 58 |  | 15 |  |  | | 24 |  | 40 |  | 51 |  | 32 |  | 26 |  | 10 |  |  | 0 | | 200 |
|  | **117** | |  | | |  |  |  |  |  | **83** | | |
| А18 |  | 64 |  | 41 |  |  | | 30 |  | 46 |  | 57 |  | 38 |  | 32 |  | 16 |  |  | 26 | | 70 |
|  |  |  | | |  |  |  |  | **70** | |  | | |
| Завоз | 100 | | 167 | | 83 | | | | 150 | | 200 | | 250 | | 133 | | 220 | | 83 | | | | 1386 |

Далее в соответствующие клетки сводного плана ездок автомобилей с грузом (таблица 2) переносятся значения из оптимального плана возврата порожних автомобилей (таблица 3), характеризующие количество и направление возврата порожних автомобилей. Эти цифры желательно выделить (подчеркнуть, обвести кружком и т.п). Таким образом, будет построена таблица, которая называется «совмещенной матрицей» или иначе совмещенный план перевозок груза и возврата порожних автомобилей (таблица 4).

Таблица 4

Совмещенный план перевозок груза и возврата порожних автомобилей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщики | Потребители | | | | | | | | |
| Б0 | Б6 | Б7 | Б8 | Б13 | Б14 | Б15 | Б16 | Б17 |
| А2 | 100 |  |  |  | 200  200 | 100 |  |  |  |
| А4 |  |  |  |  |  | 250  150 | 83  186 | 80 | 83 |
| А9 |  | 167 17 | 83  83 | 150 |  |  |  |  |  |
| А10 | 100 |  |  | 150 |  |  | 17 |  |  |
| А17 |  | 117 |  |  |  |  | 50 | 150 | 83 |
| А18 |  |  |  |  |  |  | 70 | 70 |  |

В некоторых клетках таблицы (А2-Б13; А4-Б15; А4-Б14; А9-Б6; А9-Б7) появляются две записи: одна – характеризующая объем перевозок в данном направлении, другая – возврат порожних автомобилей в обратном направлении (подчеркнутая цифра). Меньшая цифра покажет мощность грузопотока по полученному маятниковому маршруту. После того как будут выявлены все маятниковые маршруты, в клетках таблицы останется по одной цифре, показывающей либо объем перевозок, либо количество условных однотонных автомобилей возвращающихся в данный пункт.

В результате получились следующие маятниковые маршруты:

Маршрут №1 А2-Б13-А2, объем перевозки груза по маршруту – 200 т;

Маршрут №2 А4-Б15-А4, объем перевозки груза по маршруту – 83 т;

Маршрут №3 А9-Б6-А9, объем перевозки груза по маршруту – 17 т;

Маршрут №4 А9-Б7-А9, объем перевозки груза по маршруту – 83 т;

Маршрут №2 А4-Б14-А4, объем перевозки груза по маршруту – 150 т.

Далее составляется таблица, в которую необходимо перенести все цифры, которые не были использованы при составлении маятниковых маршрутов. Для каждой клетки таблицы, загруженной величиной объема перевозок груза, строится контур таким образом, чтобы все его четные углы лежали в клетках, загруженных величинами грузопотоков, а нечетные – в клетках, загруженных количеством условных однотонных автомобилей. Полученные таким образом контуры покажут рациональные кольцевые маршруты движения автомобилей. Мощность грузопотока на каждом маршруте будет определятся наименьшей величиной загрузки клеток, расположенных в углах контура. Затем по этим же правилам строятся контуры с учетом оставшихся величин в загруженных клетках.

В таблице 5.5 приведен пример составления контуров, выбора рациональных кольцевых маршрутов и определения объемов перевозки по ним.

# Таблица 5

# Выбор кольцевых маршрутов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщики | Потребители | | | | | | | | |
| Б0 | Б6 | Б7 | Б8 | Б13 | Б14 | Б15 | Б16 | Б17 |
| А2 | 100 |  |  |  |  | 100 |  |  |  |
| А4 |  |  |  |  |  | 100 | 103 | 80 | 83 |
| А9 |  | 150 |  | 150 |  |  |  |  |  |
| А10 | 100 | 33 |  | 150 |  |  |  |  |  |
| А17 |  | 117 |  |  |  |  | 50 | 150 | 83 |
| А18 |  |  |  |  |  |  | 70 | 70 |  |

Кольцевые маршруты:

А4 – Б17 – А17 – Б16 –А4 (80т);

А9 – Б6 – А10 – Б8 – А9 (33т);

Полученные таким образом маятниковые и кольцевые маршруты приведены в таблице 6.

# Таблица 6

# Маршруты перевозок грузов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер маршрута | Путь следования | Объем перевозок, т |
|  | Маятниковые маршруты |  |
| М1 | А2 – Б13 – А2 | 200 |
| М2 | А4 – Б15 – А4 | 83 |
| М3 | А9 – Б6 – А9 | 17 |
| М4 | А9 – Б7 – А9 | 83 |
| М5 | А4 – Б14 – А4 | 150 |
|  | Кольцевые маршруты |  |
| М6 | А4 – Б17 – А17 – Б16 – А4 | 80 |
| М7 | А9 – Б6 – А10 – Б8 – А9 | 33 |
| М8 | А2 – Б0 – А4 – Б14 – А17 – Б15 – А9 – Б6 – А10 – Б8 – А2 | 50 |
| М9 | А4 – Б17 – А17 – Б16 – А18 – Б15 – А4 | 3 |
| М10 | А2 – Б0 – А4 – Б14 – А18 – Б15 – А17 – Б16 – А9 – Б6 – А10 – Б8 – А2 | 50 |
| М11 | А9 – Б6 – А10 – Б8 – А18 – Б15 – А17 – Б16 – А9 | 17 |

Для разработанных кольцевых маршрутов необходимо определить коэффициент использования пробега, в случае если его значение окажется меньше или равно 0,5 такой кольцевой маршрут разбивается на составляющие его маятниковые.

Коэффициент использования пробега определяется по формуле:

β=∑*l*гi*L*м, (2)

где *l*гi – расстояние i-ой ездки с грузом, км;

*L*м – длина маршрута перевозки грузов, км.

Пример определения коэффициента использования пробега для предварительно разработанных кольцевых маршрутов приведен ниже:

М6: *β*= (10 + 40) / (10 + 40 + 30) = 0,63;

М7: *β* = 68 / 128 = 0,53;

М8: *β* = 144 / 382 = 0,38;

М9: *β* = 82 / 144 = 0,57;

М10: *β* = 160 / 430 = 0,37;

М11: *β* = 110 / 280 = 0,39.

Так как на маршрутах М8, М10, М11 коэффициент использования пробега *β* <0,5, то данные маршруты целесообразно разбить на составляющие его маятниковые.

Например маршрут М8 с коэффициентом использования пробега *b* = 0,38, целесообразно разделить на пять маятниковых А9 – Б6 – А9; А10 – Б8 – А10; А2 – Б0 – А2; А4 – Б14 – А4; А17 – Б15 – А17.

Таким образом, полученные после корректировки маршруты представлены в таблице 7.

# Таблица 7

# Рациональные маршруты перевозок грузов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № маршрута | Путь следования | Объем перевозок, т |
|  | Маятниковые маршруты |  |
| М1 | А2 – Б13 – А2 | 200 |
| М2 | А4 – Б15 – А4 | 83 |
| М3 | А9 – Б6 – А9 | 133 |
| М4 | А9 – Б7 – А9 | 83 |
| М5 | А4 – Б14 – А4 | 250 |
| М6 | А2 – Б0 – А2 | 100 |
| М7 | А10 – Б8 – А10 | 267 |
| М8 | А17 – Б15 – А17 | 50 |
| М9 | А18 – Б15 – А18 | 67 |
| М10 | А17 – Б16 – А17 | 67 |
|  | Кольцевые маршруты |  |
| М11 | А4 – Б17 – А17 – Б16 – А4 | 80 |
| М12 | А9 – Б6 – А10–Б8 – А9 | 33 |
| М13 | А4 – Б17 – А17 – Б16 – А18 – Б15 – А4 | 3 |

**Задача.**

Рассматриваемая транспортная сеть состоит из 18 пунктов. Общая длина транспортной сети составляет 408 км. Расстояние между пунктами транспортной сети представлено в таблице 8.

Таблица 8

Расстояние между пунктами транспортной сети автомобильных дорог

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шифр звена | Длина | Шифр звена | Длина | Шифр звена | Длина | Шифр звена | Длина | Шифр звена | Длина |
| 0-1 | 8 | 2-14 | 12 | 4-18 | 18 | 9-12 | 25 | 12-15 | 20 |
| 0-11 | 10 | 3-4 | 30 | 5-6 | 18 | 10-11 | 20 | 14-16 | 15 |
| 1-2 | 15 | 3-14 | 21 | 6-17 | 15 | 11-12 | 15 | 15-16 | 20 |
| 1-13 | 16 | 3-16 | 24 | 8-9 | 14 | 12-13 | 9 | 16-17 | 15 |
| 2-3 | 14 | 4-5 | 16 | 9-10 | 16 | 12-14 | 10 | 16-18 | 12 |

На транспортной сети осуществляется перевозка щебня и керамзита. Щебень является грузом I класса с коэффициентом использования грузоподъемности γс= 1,0; керамзит - груз III класса, с коэффициентом использования грузоподъемности γс=0,6. Объем производства грузов в грузообразующих пунктах составил:

- щебень – 1000 т: А0 – 150 т; А11 – 150 т, А14 – 350 т; А16 – 350 т.

- керамзит – 400 т: А6 - 150 т; А15 – 250 т.

Объем потребления грузов в грузопоглащающих пунктах составил:

- щебень – 1000 т: Б2 – 200 т; Б3 – 300 т; Б6 – 70 т; Б10 – 180 т; Б12 – 200 т;

Б13 – 50 т.

- керамзит – 400 т: Б0 – 100 т; Б3– 50 т; Б4 – 50 т; Б8 – 160 Б18– 40 т.

Организовать процесс перевозки таким образом, чтобы при минимальных затратах был перевезен весь груз и при этом коэффициент использования пробега был максимально возможным в заданных условиях.