

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Общетранспортные проблемы»

С. А. АЗЕМША

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГРУЗОВОГО АВ-
ТОМОБИЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СО-
СТАВА ПРИ РАБОТЕ НА СБОРНЫХ (РАЗ-
ВОЗОЧНЫХ) МАРШРУТАХ**

Пособие для дипломного проектирования

Гомель 2005

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Общественные транспортные проблемы»

С.А. АЗЕМША

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГРУЗОВОГО
АВТОМОБИЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО
СОСТАВА ПРИ РАБОТЕ НА СБОРНЫХ
(РАЗВОЗОЧНЫХ) МАРШРУТАХ**

Пособие для дипломного проектирования

*Одобрено методическими комиссиями
факультетов безотрывного обучения и
«Управление процессами перевозок»*

Гомель 2005

УДК 656.135 (075.8)
А 354

Р е ц е н з е н т ы – доктор технических наук, профессор **Э. И. Галай** (УО «БелГУТ»), главный инженер ЧТУП «Транс-лес» **О. П. Бидун**.

Аземша С.А.

А 354 Повышение эффективности функционирования грузового автомобильного подвижного состава при работе на сборных (развозочных) маршрутах: Пособие для дипломного проектирования. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 36 с.

Приведена методика разработки сборных или развозочных маршрутов работы грузовых автотранспортных средств с использованием математических методов.

Предназначено для студентов специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)» дневной и безотрывной форм обучения.

УДК 656.135 (075.8)

© С. А. Аземша 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СТРУКТУРА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....	7
2 ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	7
Переменные расходы, руб./км.....	8
Итого.....	8
ГАЗ-3307.....	8
3 АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	10
РАССМАТРИВАЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	10
4 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАРШРУТОВ РАБОТЫ .	10
ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	10
5 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ	10
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ	10
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ	10
МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ.....	10
Постановка задачи маршрутизации перемещения.....	10
мелких партий ресурсов.....	10
5.2 Метод Кларка-Райта.....	12
5.3 Метод ветвей и границ	14
6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	15
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ	15
МАРШРУТОВ РАБОТЫ	15
АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	15
7 СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПРЕДЛАГАЕМЫХ	38
МАРШРУТОВ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.	38
РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	38
ОТ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	38
Динамический коэффициент использования грузоподъемности	
.....	39
ГАЗ-3307.....	42
КАМАЗ-53212.....	42
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА.....	43
ИЛИ ЭКОЛОГИИ. ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	44
------------------------	----

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время номенклатура грузов, перевозимых мелкими партиями, достаточно широка. Сюда относятся пищевые продукты, доставляемые в торговую сеть, сырье для пищевых заводов, привозимое с пунктов его производства, почта и т.д. Очевидно, что эффективность перевозки этого вида груза является социально значимым фактором, так как стоимость оказываемых транспортных услуг влияет на конечную цену товара. В снижении последней как потребитель заинтересован каждый человек, поэтому проблема повышения эффективности и снижения себестоимости перевозки мелкопартионных грузов является актуальной.

На автотранспортных предприятиях при маршрутизации мелкопартионных перевозок не уделяется внимания использованию эвристических методов решения оптимизационных задач. Вследствие этого автомобильные транспортные средства работают на нерациональных маршрутах, что приводит к снижению эффективности их функционирования, повышению себестоимости транспортной продукции и т.д.

В данном пособии приведены основные этапы разработки рациональных маршрутов работы грузового автомобильного транспорта на сборных (развозочных) маршрутах, указан перечень необходимых исходных данных и даны примеры расчетов.

1 СТРУКТУРА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

При разработке дипломного проекта рассматриваемой тематики рекомендуется выполнение следующих разделов:

- приложения с исходными данными;
- введение;
- анализ производственной деятельности предприятия, обслуживаемого автомобильным транспортом;
- анализ существующих маршрутов работы грузовых автотранспортных средств;
- теоретические предпосылки повышения эффективности работы грузовых автомобилей при перевозке мелкопартионных грузов;
- практическая реализация рассмотренных предпосылок;
- сравнение существующих и предлагаемых маршрутов работы подвижного состава, расчет экономической эффективности;
- разработка мероприятий по охране труда или экологии;
- заключение;
- список используемой литературы;
- графический материал.

2 ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Для выполнения дипломного проекта по повышению эффективности функционирования грузового автомобильного транспорта при перевозке мелкопартионных грузов необходимы следующие исходные данные:

1 Динамика изменения объемов перевозок рассматриваемого предприятия, а также динамика изменения технико-эксплуатационных и экономических показателей работы подвижного состава.

2 Схема транспортной сети с указанием грузообразующих и грузопоглощающих пунктов.

3 Существующая структура парка автомобильных транспортных средств.

4 Составляющие себестоимости перевозок по маркам имеющихся автотранспортных средств (например, см. таблицу 1.1).

5 Схема существующих маршрутов работы автотранспортных средств.

Таблица 1.1 – Пример составляющих себестоимости перевозок по маркам имеющегося подвижного состава

Марка подвижного состава	Переменные расходы, руб./км								Постоянные расходы, руб./ч						
	Горючее	Смазочные материалы	шинавто мобильных Ремонт	на ремонт Затраты	Амортизация	налог Экологический	налоги Прочие	Итого	водителя плата Заработная	рабочих ремонтных Заработная плата	персонала обслуживающего Заработная плата	заработной платы фонда Отчисления	расходы Накладные	и с/х налог Дорожный фонд	Итого
ГАЗ-3307	240	10	6	40	36	16	8	356	777	609	313	679	1029	284	3691
ГАЗ-53	240	14	6	52	17	16	8	353	777	747	313	734	1029	289	3889
КАМАЗ-53212	291	19	10	128	24	15	12	499	1097	1283	442	1129	1454	420	5825

КАМАЗ- 5320 + АЦТП 11,5	3 5 5	26	17	138	41	18	13	608	1072	1338	432	1137	142 1	455	5855
----------------------------------	-------------	----	----	-----	----	----	----	-----	------	------	-----	------	----------	-----	------

3 АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАССМАТРИВАЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В данном разделе дипломного проекта необходимо прежде всего дать характеристику региона, в котором расположено изучаемое предприятие. Особое внимание следует уделить географическому расположению региона, его населению, предприятиям. Затем необходимо произвести описание изучаемого предприятия (каким родом деятельности занимается), привести анализ, тенденции изменения основных технико-эксплуатационных и экономических показателей, а также спрогнозировать их значение на перспективу. Уместным в данном разделе будет различный графический материал (графики, картограммы, диаграммы), позволяющий визуализировать динамику протекания изучаемых процессов.

4 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАРШРУТОВ РАБОТЫ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В этом разделе необходимо проанализировать схему транспортной сети региона и дать ей характеристику: сколько грузообразующих и грузопоглощающих пунктов она содержит, какова ее протяженность и т.д. Кроме этого, необходимо будет привести в графическом виде существующие маршруты работы подвижного состава (например, рисунок 4.1) и дать им краткую характеристику: длина ездки с грузом, без груза, указать маршрут с максимальной и минимальной длиной и т.д.

5 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ

Постановка задачи маршрутизации перемещения мелких партий ресурсов

Эвристические методы – это приближенные методы решения оптимизационных задач на основе "опытных предположений". Преимуществом таких методов является ускорение получения рационального решения с одновременным учетом всех установленных ограничений [1, 2]. Такие методы применяются для решения транспортной задачи линейного программирования, маршрутизации перевозок ресурсов мелкими отправлениями по сборочно-развозочным маршрутам – метод на основе кратчайшей связывающей сети и метод на основе расчета выигрышей (метод Кларка-Райта), маршрутизации

перевозок ресурсов помашинными отправлениями – метод "гарантированного эффекта" и методы на основе расчета выигрышей по типу метода Кларка-Райта. Метод ветвей и границ рекомендуется применять в качестве уточняющего метода Кларка-Райта.

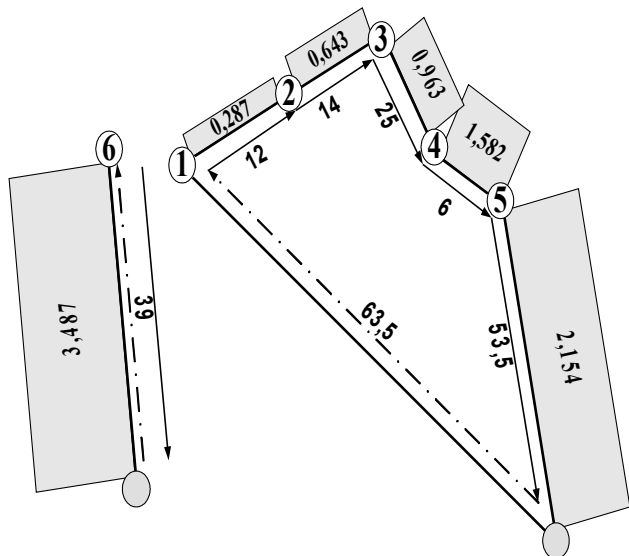


Рисунок 4.1 – Пример графического изображения существующего маршрута:

① – пункт погрузки (выгрузки);

→ – груженный пробег;

- → – порожний пробег;

23 – объем перевозки.

Задача маршрутизации перевозок мелких партий ресурсов состоит в том, чтобы найти такое множество маршрутов, на которых достигались бы минимальные издержки на транспортирование (общее минимальное расстояние перевозок, минимальное время доставки). Наиболее часто в качестве критерия оптимальности решения задачи принимается общий пробег транспортных средств

$$\sum_{j=1}^n l_{oj} = \min, \quad (5.1)$$

где n – общее число маршрутов для освоения заданных объемов перевозок ресурсов;

l_{oj} – длина оборота транспортного средства на j -м маршруте, км.

При этом могут быть поставлены ограничения, зависящие от конкретных условий перевозок: число пунктов заезда, длина оборота на маршруте, время доставки ресурса с момента погрузки и др.

Решение задачи маршрутизации перевозок мелких партий ресурсов, обеспечивающей абсолютный минимум вышеуказанной целевой функции, возможно только при переборе всех возможных вариантов маршрутов. Точное решение задачи по оптимальному варианту объезда пунктов дает метод ветвей и границ, реализация которого возможна только при малом числе пунктов. Поэтому разработаны приближенные, более быстрые методы формирования маршрутов, позволяющие получать результаты, близкие к оптимальным. Наиболее распространенным из них является метод составления сборных (развозочных) маршрутов – метод Кларка-Райта. Метод ветвей и границ можно применять в качестве уточняющего метода Кларка-Райта.

5.2 Метод Кларка-Райта

Метод Кларка-Райта предусматривает совмещенное решение задачи маршрутизации перевозок по сборочным или развозочным маршрутам, осуществляемых в общем случае парком транспортных средств различной вместимости.

Основой решения являются следующие исходные данные:

- число транспортных средств по вместимости ($q_k, k = 1, 2, \dots, K$, где K – общее число транспортных средств различной вместимости);
- число промежуточных пунктов (m), в которые доставляется или из которых собирается ресурс;
- количество ресурса ($Q_{pi}, i = 1, 2, \dots, m$), подлежащего заводу (вывозу) по промежуточным пунктам;
- стоимость перевозок ресурса (расстояния, время перевозок) между пунктами транспортной сети ($c_{ij}, i = 0, 1, \dots, m; j = 0, 1, \dots, m$), включающими исходный и промежуточные пункты;
- различного рода ограничения: по числу промежуточных пунктов (n_n), использованию вместимости транспортных средств, длине маршрута, времени оборота на маршруте и т.п.

Алгоритм одной из реализаций метода следующий:

1) строится система маятниковых маршрутов, на каждом из которых предполагается обслуживать один пункт. Для каждого такого i -го маршрута назначается объем перевозок $Q_i = Q_{pi}$, число пунктов заезда $n_i = 1$ и транспортное средство возможно минимальной вместимости, но не менее Q_i ;

2) рассчитывается выигрыш для всех возможных вариантов попарного объединения маршрутов, образованных согласно п. 1.

Выигрыш рассчитывается по формуле

$$\Delta c_{ij} = c_{Ai} + c_{Aj} - c_{ij}, \quad (5.2)$$

где Δc_{ij} – величина сокращения пробега транспортного средства при объединении маршрутов $A-B_i-A$ и $A-B_j-A$;

c_{Ai} , c_{Aj} – стоимость перемещения от исходного пункта A соответственно до пунктов B_i и B_j ;

c_{ij} – расстояние между пунктами B_i и B_j , ед.

Вариантность попарного объединения пунктов описывается треугольной матрицей, и соответственно общее число вариантов определяется выражением $(m(m-1))/2$, где m – число промежуточных пунктов;

3) последовательно производится объединение маршрутов следующим образом:

- находится максимальный выигрыш от возможного попарного объединения исходных маршрутов $\max_{i,j} \Delta c_{ij} = c_{rs}$, где r и s – соответственно пункты, по которым может быть рассмотрено объединение маршрутов. Если максимальный выигрыш нулевой или отрицательный, то решение закончено;

- оценивается возможность объединения маршрутов с учетом наличия транспортных средств необходимой вместимости и выполнения других заданных ограничений. Для этого необходимо рассчитать общий объем перевозимого ресурса как сумму ресурсов объединяемых маршрутов $Q_r = Q_r + Q_s$, число пунктов заезда на объединенном маршруте $n_r = n_r + n_s$ и др. Если такое объединение невозможно ($Q_r > \max_k q_k$, $n_r \geq n_n$ и т.п.), то переход на пункт 3.4. Иначе формируется новый объединенный маршрут, состоящий из двух объединяемых по пунктам с найденным максимальным выигрышем. Полученный маршрут имеет вид $A-B_i-\dots-B_r-B_s-\dots-B_j-A$. Для нового маршрута определяется и назначается транспортное средство соответствующей вместимости;

- производится корректировка текущих значений параметров в связи с объединением маршрутов:

- маршруты r и s , вошедшие в сформированный маршрут, аннулируются ($Q_r = 0$; $Q_s = 0$);

- формируется шифр маршрута, определяемый номерами крайних пунктов (пункты i и j);

- назначается объем перевозок $Q_{i(j)} = Q_T$ и число промежуточных пунктов заезда $n_{i(j)} = n_T$;

- назначается транспортное средство, удовлетворяющее условию $q_{i(j)} = \min q_k$ (для $q_k \geq Q_{i(j)}$);

- на отрицательный, например, -1 , заменяется выигрыш между конечными пунктами маршрута i и j ($\Delta c_{ij} = -1$);

- на отрицательные заменяются выигрыши всех других пунктов с пунктом r , если $n_r > 1$ ($\Delta c_{rp} = -1, p = 1, m$) и с пунктом s , если $n_s > 1$ ($\Delta c_{sp} = -1, p = 1, m$), где m – число промежуточных пунктов завоза или вывоза ресурса;

- реальное значение выигрыша c_{rs} заменяется отрицательным ($\Delta c_{rs} = -1$) независимо от того, состоялось формирование нового маршрута или нет;

4) перейти к п. 3.1.

При реализации алгоритма возможно повторное присвоение отрицательных значений одному и тому же выигрышу, что не влияет на конечный результат.

Алгоритм Кларка-Райта, как и метод маршрутизации по кратчайшей связывающей сети, не гарантирует получения оптимального варианта. Поэтому может быть рекомендовано проверять целесообразность перестановок пунктов, входящих в маршруты. При небольшом числе пунктов представляется возможным выполнить перебор всех вариантов перестановок, что может снизить значение целевой функции. Такое решение гарантирует метод ветвей и границ.

Осуществляя маршрутизацию мелкопартионных перевозок, следует сгруппировать ресурсы с учетом одновременности доставки в течение суток, недели, месяца и допустимости совместной перевозки.

5.3 Метод ветвей и границ

Алгоритм простейшей реализации метода ветвей и границ следующий:

1) принимается один из пунктов за начальный пункт ветвления, например, один из пунктов, принадлежащих звену с наибольшей длиной. Стоимость (длина) ветви у начального пункта принимается равной нулю;

2) из пункта с минимальной стоимостью ветви (текущей оценкой границы ветвления) рассматриваются возможные пути ветвления, не дающие замкнутого цикла (в ветви отсутствуют пункты с одинаковыми номерами, кроме последнего n -го шага ветвления по каждой ветви), и рассчитывается стоимость (длина) ветви; каждая ветвь на n -м шаге должна заканчиваться начальным пунктом. Стоимость ветви рассчитывается по формуле $Z_{ji} = Z_{j,i-1} + c_i$,

где Z_{ji} и $Z_{j,i-1}$ - соответственно оценка стоимости j -й ветви на шаге i и $i-1$; c_i - стоимость звена, включаемого в путь на i -м шаге;

3) находится минимальное значение из всех рассчитанных длин ветвей дерева ветвления. Если какая-то ветвь имеет число звеньев n и минимальное значение стоимости ветви, то оптимальное решение получено, а иначе необходимо продолжать ветвление (перейти к п. 2).

Полученная ветвь с минимальным значением стоимости ветви дает решение. Длина пути определяется стоимостью ветви.

6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ МАРШРУТОВ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В данном разделе с помощью описанных в разд. 5 методов необходимо составить рациональные маршруты движения автомобильных транспортных средств. Для этого вначале следует составить матрицу кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети. Этого можно достичь, используя метод потенциалов, алгоритм которого следующий:

1) начальному пункту, от которого требуется определить кратчайшие расстояния, присваивается потенциал $v_i = 0$;

2) находятся все звенья, для которых начальным пунктам i присвоен потенциал v_i , а конечным пунктам j не присвоен. Если таких звеньев нет, то решение закончено (на п.5), а иначе на п. 3;

3) для найденных звеньев по п. 2 рассчитываются значения потенциалов конечных пунктов j по следующей формуле:

$$u_{j(i)} = v_i + l_{ij}, \quad (6.1)$$

где $u_{j(i)}$ - потенциал конечного пункта j -го звена $i-j$;

l_{ij} - длина звена $i-j$.

Из всех полученных потенциалов выбирается потенциал с наименьшим значением, т.е. определяется

$$\min_{i, j} \{u_{j(i)}\} = u_{r(s)}, \quad (6.2)$$

где $\{u_{j(i)}\}$ - множество значений потенциалов конечных пунктов j звеньев $i-j$, i -м начальным пунктам которых ранее присвоены потенциалы;

$u_{r(s)}$ - потенциал конечного пункта r звена $s-r$, являющийся наименьшим по значению элементом множества $\{u_{j(i)}\}$.

Потенциал $u_{r(s)}$ присваивается соответствующему конечному пункту ($v_s = u_{r(s)}$), а звено $r-s$ отмечается стрелкой.

В случае если несколько значений потенциалов множества $\{v_{j(i)}\}$ окажутся равными и наименьшими, то необходимо установить, относятся они к одному и тому же пункту или нет. Когда равные наименьшие значения потенциалов относятся к различным пунктам (у потенциалов не совпадают цифровые индексы без скобок), эти значения потенциалов присваиваются всем соответствующим конечным пунктам и стрелками отмечаются соответствующие звенья. Если наименьшие равные значения потенциалов относятся к одному и тому же конечному пункту s (у потенциалов совпадают цифровые индексы без скобок), то пункту s присваивается это наименьшее значение потенциала и отмечается стрелкой то звено $r-s$, которому соответствует потенциал $u_{r(s)}$ с большим удельным весом в его составе длин звеньев с лучшими условиями перемещения (при одинаковых дорожных условиях кратчайшее расстояние реализуется по любому из звеньев $r-s$).

4) перейти к п.2;

5) формируется окончательное решение. Величина потенциалов у вершин показывает кратчайшие расстояния от выбранного начального пункта до каждой вершины, а звенья с входящими друг в друга стрелками образуют кратчайшие пути движения от начального пункта до всех остальных. Если два пункта сети соединены такими путями, то кратчайшее расстояние между ними равно разности потенциалов у их вершин.

Принимая за начальный пункт последовательно каждый из пунктов сети и выполняя действия по вышеописанному методу, получают таблицу кратчайших расстояний между всеми пунктами транспортной сети. Кратчайшие расстояния необходимо знать для оптимизации грузопотоков, маршрутизации перевозок, закрепления маршрутов за перевозчиками и т.п.

Для примера достаточно привести подробный расчет кратчайших расстояний от одного пункта до всех остальных, а результаты остальных расчетов свести в таблицу.

Рассмотрим пример. Пусть дана транспортная сеть (рисунок 6.1). В качестве примера будем описывать подробный расчёт кратчайших расстояний от пункта Речица до остальных пунктов транспортной сети:

1 – начальному пункту Р присваивается потенциал $v_p = 0$ (рисунок 6.2);

2 – для звеньев, начальным пунктам i которых присвоен потенциал v_i , а для конечных пунктов j потенциалы не присвоены: р-13, р-24, р-38 и р-39, рассчитываются значения потенциалов конечных пунктов j :

$$u_{13(p)} = v_p + l_{p-13} = 0 + 13 = 13;$$

$$u_{24(p)} = v_p + l_{p-24} = 0 + 6 = 6; \quad +$$

$$u_{38(p)} = v_p + l_{p-38} = 0 + 14 = 14;$$

$$u_{39(p)} = v_p + l_{p-39} = 0 + 11 = 11.$$

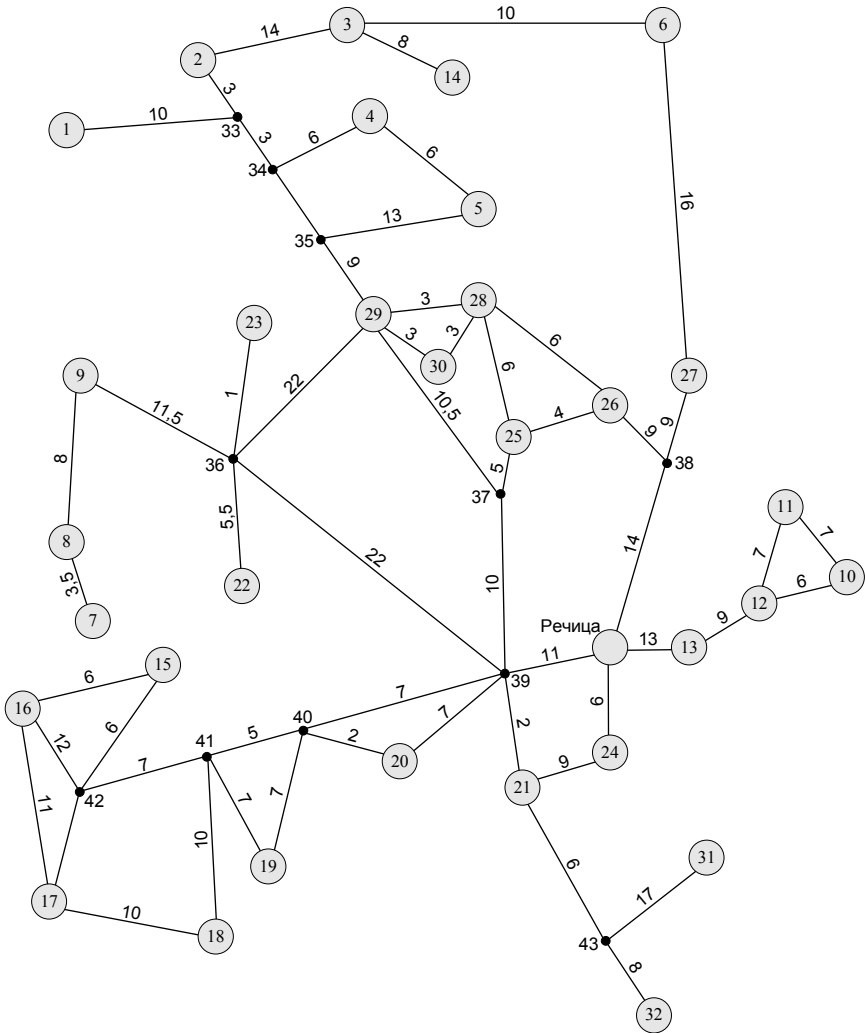





Рисунок 6.1 – Схема транспортной сети региона:

-  – молочный завод
-  – пункт транспортной сети
-  – 9

- точка пересечения звеньев
- длина звеньев

Из рассматриваемых потенциалов на данном этапе находится минимальный

$$\min \{u_{13(p)}, u_{24(p)}, u_{38(p)}, u_{39(p)}\} = u_{24(p)} = 6.$$

Потенциал $u_{24(p)}$ присваивается соответствующему конечному пункту ($v_{24} = u_{24(p)} = 6$), а звено $p-24$ отмечается стрелкой (см. рисунок 6.2).

Для звеньев, начальным пунктам i которых присвоен потенциал v_i , а для конечных пунктов j потенциалы не присвоены: $p-13$, $p-38$, $p-39$ и $24-21$, рассчитываются значения потенциалов конечных пунктов j :

$$u_{13(p)} = v_p + l_{p-13} = 0 + 13 = 13;$$

$$u_{38(p)} = v_p + l_{p-38} = 0 + 14 = 14;$$

$$u_{39(p)} = v_p + l_{p-39} = 0 + 11 = 11; \quad +$$

$$u_{21(24)} = v_{24} + l_{24-21} = 6 + 9 = 15.$$

Из рассматриваемых потенциалов на данном этапе находится минимальный

$$\min \{u_{13(p)}, u_{38(p)}, u_{39(p)}, u_{21(24)}\} = u_{39(p)} = 11.$$

Потенциал $u_{39(p)}$ присваивается соответствующему конечному пункту ($v_{39} = u_{39(p)} = 11$), а звено $p-39$ отмечается стрелкой (см. рисунок 6.2):

$$u_{13(p)} = v_p + l_{p-13} = 0 + 13 = 13; \quad +$$

$$u_{38(p)} = v_p + l_{p-38} = 0 + 14 = 14;$$

$$u_{21(24)} = v_{24} + l_{24-21} = 6 + 9 = 15;$$

$$u_{21(39)} = v_{39} + l_{39-21} = 11 + 2 = 13; \quad +$$

$$u_{20(39)} = v_{39} + l_{39-20} = 11 + 7 = 18;$$

$$u_{40(39)} = v_{39} + l_{39-40} = 11 + 7 = 18;$$

$$u_{36(39)} = v_{39} + l_{39-36} = 11 + 22 = 33;$$

$$u_{37(39)} = v_{39} + l_{39-37} = 11 + 10 = 21.$$

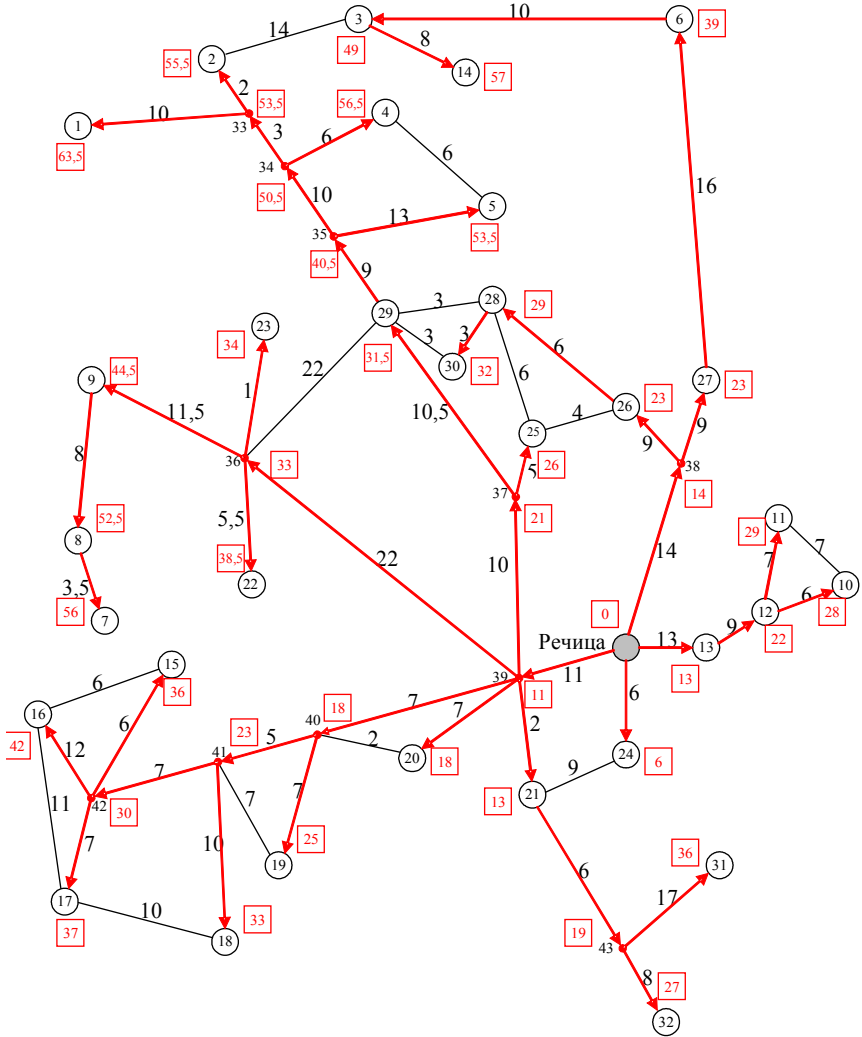


Рисунок 6.2 – Пример определения кратчайших расстояний от пункта Р до всех остальных пунктов

Таким образом, $\min \{u_{13(p)}, u_{38(p)}, u_{21(24)}, u_{21(39)}, u_{20(39)}, u_{40(39)}, u_{36(39)}, u_{37(39)}\} = u_{13(p)} = u_{21(39)} = 13;$

$$u_{38(p)} = v_p + l_{p-38} = 0 + 14 = 14; \quad +$$

$$u_{21(24)} = v_{24} + l_{24-21} = 6 + 9 = 15;$$

$$u_{20(39)} = v_{39} + l_{39-20} = 11 + 7 = 18;$$

$$u_{40(39)} = v_{39} + l_{39-40} = 11 + 7 = 18;$$

$$u_{36(39)} = v_{39} + l_{39-36} = 11 + 22 = 33;$$

$$u_{37(39)} = v_{39} + l_{39-37} = 11 + 10 = 21;$$

$$u_{12(13)} = v_{13} + l_{13-12} = 13 + 9 = 22;$$

$$u_{43(21)} = v_{21} + l_{21-43} = 13 + 6 = 19;$$

$\min \{u_{38(p)}, u_{21(24)}, u_{20(39)}, u_{40(39)}, u_{36(39)}, u_{37(39)}, u_{12(13)}, u_{43(21)}, \} = u_{38(p)} = 14;$

$$u_{20(39)} = v_{39} + l_{39-20} = 11 + 7 = 18; \quad +$$

$$u_{40(39)} = v_{39} + l_{39-40} = 11 + 7 = 18; \quad +$$

$$u_{36(39)} = v_{39} + l_{39-36} = 11 + 22 = 33;$$

$$u_{37(39)} = v_{39} + l_{39-37} = 11 + 10 = 21;$$

$$u_{12(13)} = v_{13} + l_{13-12} = 13 + 9 = 22;$$

$$u_{43(21)} = v_{21} + l_{21-43} = 13 + 6 = 19;$$

$$u_{26(38)} = v_{38} + l_{38-26} = 14 + 9 = 23;$$

$$u_{27(38)} = v_{38} + l_{38-27} = 14 + 9 = 23;$$

$\min \{u_{20(39)}, u_{40(39)}, u_{36(39)}, u_{37(39)}, u_{12(13)}, u_{43(21)}, u_{26(38)}, u_{27(38)}\} = u_{20(39)} = u_{40(39)} = 18.$

Выполняя подобные расчёты, формируют окончательное решение. Величина потенциалов у вершин показывает кратчайшие расстояния от выбранного начального пункта “Р” до каждой вершины, а звенья с входящими друг в друга стрелками образуют кратчайшие пути движения от “Р” до всех остальных.

После составления матрицы кратчайших расстояний необходимо произвести расчет рациональных маршрутов работы автомобильного подвижного состава с использованием метода Кларка-Райта. Для решения поставленной задачи необходимы исходные данные следующего характера: число транспортных средств различной грузоподъемности (исходные данные); число промежуточных пунктов, из которых собирается груз (определяется по транспортной сети), количество груза Q_{pi} , подлежащего вывозу по промежуточным пунктам (исходные данные) с учетом коэффициента использования грузоподъемности; расстояния перевозок молока между пунктами транспортной сети, включающими исходный и промежуточные пункты (матрица кратчайших расстояний); ограничения по количеству транспортных средств различной грузоподъемности (исходные данные).

Приведем пример расчета. Предполагается, что необходимо производить забор груза в грузообразующих пунктах и доставлять его в грузопоглащающий пункт ”Р” (см. рисунок 6.1). Исходные данные: число транспортных средств различной грузоподъемности $k = 4$: 3; 3,7; 7,75; 11,5 тонн, число промежуточных пунктов, из которых собирается груз, $m = 32$.

Строим систему маятниковых маршрутов (таблица 6.1), на каждом из которых обслуживается один пункт (рисунок 6.3).

Таблица 6.1 – Система маятниковых маршрутов

Шифр маршрута i	Схема Р– i –Р	Объем груза Q_i , т	Число промежуточных пунктов n_i	Вместимость транспортного средства q_i , т
1	Р–1–Р	0,287	1	3
2	Р–2–Р	0,356	1	3
3	Р–3–Р	0,32	1	3
4	Р–4–Р	0,619	1	3
5	Р–5–Р	0,572	1	3
6	Р–6–Р	3,487	1	3,7

7	P-7-P	1,197	1	3
---	-------	-------	---	---

Продолжение таблицы 6.1

Шифр маршрута i	Схема P-i-P	Объем груза Q_i , т	Число промежуточных пунктов n_i	Вместимость транспортного средства q_i , т
8	P-8-P	1,473	1	3
9	P-9-P	1,230	1	3
10	P-10-P	0,736	1	3
11	P-11-P	0,971	1	3
12	P-12-P	0,395	1	3
13	P-13-P	0,628	1	3
14	P-14-P	3,230	1	3,7
15	P-15-P	0,711	1	3
16	P-16-P	0,243	1	3
17	P-17-P	0,275	1	3
18	P-18-P	0,507	1	3
19	P-19-P	0,139	1	3
20	P-20-P	0,826	1	3
21	P-21-P	0,344	1	3
22	P-22-P	1,815	1	3
23	P-23-P	1,230	1	3
24	P-24-P	0,127	1	3
25	P-25-P	0,702	1	3
26	P-26-P	0,365	1	3
27	P-27-P	0,549	1	3
28	P-28-P	0,745	1	3
29	P-29-P	1,328	1	3
30	P-30-P	0,964	1	3
31	P-31-P	0,504	1	3
32	P-32-P	0,396	1	3

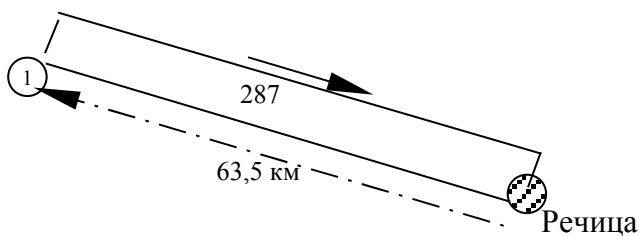


Рисунок 6.3 – Маятниковый маршрут, обслуживающий пункт 1

ций

Расчёт выигрыша (таблица 6.2) для всех возможных вариантов попарного объединения маршрутов будем выполнять по формуле (5.2). Пример расчёта выигрыша приведём для пункта 1:

$$\Delta c_{12} = 63,5 + 55,5 - 12 = 107 \text{ км};$$

$$\Delta c_{13} = 63,5 + 49 - 26 = 86,5 \text{ км};$$

$$\Delta c_{14} = 63,5 + 56,5 - 19 = 101 \text{ км};$$

$$\Delta c_{15} = 63,5 + 53,5 - 25 = 92 \text{ км};$$

$$\Delta c_{16} = 63,5 + 39 - 36 = 66,5 \text{ км};$$

$$\Delta c_{17} = 63,5 + 56 - 77 = 42,5 \text{ км};$$

$$\Delta c_{18} = 63,5 + 52,5 - 73,5 = 42,5 \text{ км};$$

$$\Delta c_{19} = 63,5 + 44,5 - 65,5 = 42,5 \text{ км};$$

$$\Delta c_{110} = 63,5 + 28 - 91,5 = 0 \text{ км};$$

$$\Delta c_{111} = 63,5 + 29 - 92,5 = 0 \text{ км};$$

$$\Delta c_{112} = 63,5 + 22 - 85,5 = 0 \text{ км};$$

$$\Delta c_{113} = 63,5 + 13 - 76,5 = 0 \text{ км};$$

$$\Delta c_{114} = 63,5 + 57 - 34 = 86,5 \text{ км}.$$

Остальные расчёты выигрыша выполняются аналогично, результаты сведены в таблицу 6.2.

После расчёта выигрышей при объединении маятниковых маршрутов выполняем последовательные объединения маршрутов. Из таблицы 6.2 определяются максимальный выигрыш от возможного попарного объединения исходных маршрутов (см. таблицу 6.1) и соответственно пункты, по которым может быть рассмотрено объединение маршрутов. Таковыми являются пункты 1 и 2 ($r = 1$ и $s = 2$) с выигрышем при объединении, равным 107 (выигрыш $\Delta c_{ij} = 107$ ненулевой). Затем оценивается возможность объединения маршрутов с учетом наличия транспортных средств необходи-

мой грузоподъёмности. Общий объем перевозимого груза в сумме составил 0,643 тонны ($Q_{\tau} = Q_r + Q_s = Q_1 + Q_2 = 0,287 + 0,356 = 0,643$), число пунктов заезда на объединенном маршруте $n_{\tau} = n_r + n_s = n_1 + n_2 = 1 + 1 = 2$. Так как такое объединение маршрутов возможно, формируется новый объединенный маршрут P–1–2–P с найденным максимальным выигрышем. Принимаем, что значение коэффициента равно 0,99. Значение коэффициента использования грузоподъёмности берется из прейскуранта 13.01.03 для перевозимого груза. После расчёта выигрышей при объединении маятниковых маршрутов выполняем последовательные объединения маршрутов. Из таблицы 6.2 определяются максимальный выигрыш от возможного попарного объединения исходных маршрутов (см. таблицу 6.1) и соответственно пункты, по которым может быть рассмотрено объединение маршрутов. Таковыми являются пункты 1 и 2 ($r = 1$ и $s = 2$) с выигрышем при объединении, равным 107 (выигрыш $\Delta c_{ij} = 107$ ненулевой).

Затем оценивается возможность объединения маршрутов с учетом наличия транспортных средств необходимой грузоподъёмности. Общий объем перевозимого молока в сумме составил 0,643 тонны ($Q_{\tau} = Q_r + Q_s = Q_1 + Q_2 = 0,287 + 0,356 = 0,643$), число пунктов заезда на объединенном маршруте $n_{\tau} = n_r + n_s = n_1 + n_2 = 1 + 1 = 2$. Так как такое объединение маршрутов возможно, формируется новый объединенный маршрут P–1–2–P с найденным максимальным выигрышем. Принимаем, что значение коэффициента равно 0,99.

В процессе корректировки текущих значений параметров в связи с объединением маршрутов получаем, что маршруты 1 и 2, вошедшие в сформированный, аннулируются ($Q_1 = 0$; $Q_2 = 0$) и формируется новый шифр маршрута (1–2), определяемый номерами крайних пунктов. Назначается объем перевозок $Q_{1(2)} = Q_{\tau} = 0,643$ тонны, число промежуточных пунктов заезда $n_{1(2)} = n_{\tau} = 2$, а также транспортное средство, удовлетворяющее условию $q_{1(2)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{1(j)} = 0,643) = 3$. На отрицательный заменяется выигрыш между конечными пунктами маршрута (таблица 6.3). Далее по аналогичному алгоритму составляется маршрут доставки груза:

- максимальный выигрыш, равный 101 для $r = 2$ и $s = 4$;
- общий объем перевозимого груза $Q_{\tau} = Q_{1(2)} + Q_4 = 0,643 + 0,619 = 1,262$ т;
- число пунктов заезда $n_{\tau} = n_{1(2)} + n_4 = 2 + 1 = 3$;
- $Q_{1(2)} = 0$, $Q_4 = 0$;
- $Q_{1(4)} = Q_{\tau} = 1,262$ т;
- $n_{1(4)} = n_{\tau} = 3$;

- $q_{1(4)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 1,262) = 3$; $\gamma_{cr} = 0,42 < 0,99$;
- на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 2 и 4;
- получили новый объединённый маршрут P-1-2-4-P.

		5			5	5	5	5					5						5	5		5	5	5	5							
30	6 0 5	4 0 5	6 0 5	6 0 5	2 8	4 0	4 0	4 0	0	0	0	0	4 0	1 9 5	1 9 5	1 9 5	1 9 5	1 9 5	1 9 5	1 9 5	4 0	4 0	3 5	4 9	4 6	2 8	5 8	6 0 5				
31	2 2	1 5	2 2	2 2	0	2 2	2 2	2 2	0	0	0	0	1 5	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	1 9 5	
32	2 2	1 5	2 2	2 2	0	2 2	2 2	2 2	0	0	0	0	1 5	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	1 9 5	3 8
1	1 0 7 5	8 6 1 5	1 0 1 5	9 2	6 5	4 5	4 5	4 5	0	0	0	0	8 6 5	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	4 5	4 5	6	4 5	4 5	3 5	5 7	6 3	6 0 5	2 2	2 2

Далее:

- максимальный выигрыш, равный 104 для $r = 4$ и $s = 5$;
- общий объем перевозимого молока $Q_T = Q_{1(4)} + Q_5 = 1,262 + 0,572 = 1,834$ т;
- число пунктов заезда $n_T = n_{1(4)} + n_5 = 3 + 1 = 4$;
- $Q_{1(4)} = 0$, $Q_5 = 0$;
- $Q_{1(5)} = Q_T = 1,834$ т;
- $n_{1(5)} = n_T = 4$;
- $q_{1(5)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 1,834) = 3$; $\gamma_{ст} = 0,61 < 0,99$;
- на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 4 и 5;
- получили новый объединённый маршрут P-1-2-4-5-P.

Далее:

- максимальный выигрыш, равный 86,5 для $r = 1$ и $s = 3$;
- общий объем перевозимого молока $Q_T = Q_{1(5)} + Q_3 = 1,834 + 0,32 = 2,154$ т;
- число пунктов заезда $n_T = n_{1(5)} + n_3 = 4 + 1 = 5$;
- $Q_{1(5)} = 0$, $Q_3 = 0$;
- $Q_{3(5)} = Q_T = 2,154$ т;
- $n_{3(5)} = n_T = 5$;
- $q_{3(5)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 2,154) = 3$; $\gamma_{ст} = 0,72 < 0,99$;
- на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 1 и 3;
- получили новый объединённый маршрут P-3-1-2-4-5-P.

Далее:

- максимальный выигрыш, равный 98 для $r = 3$ и $s = 14$;
- общий объем перевозимого груза $Q_T = Q_{3(5)} + Q_{14} = 2,154 + 3,23 = 5,384$ т;
- число пунктов заезда $n_T = n_{3(5)} + n_{14} = 5 + 1 = 6$;
- $Q_{3(5)} = 0$, $Q_{14} = 0$;
- $Q_{14(5)} = Q_T = 5,384$ т;
- $n_{14(5)} = n_T = 6$;
- $q_{14(5)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 5,384) = 7,75$; $\gamma_{ст} = 0,69 < 0,99$;
- на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 3 и 14;
- получили новый объединённый маршрут P-14-3-1-2-4-5-P.

Далее:

- максимальный выигрыш, равный 78 для $r = 6$ и $s = 14$;
- общий объем перевозимого молока $Q_m = Q_{14(5)} + Q_6 = 5,384 + 3,487 = 8,871$ т;

- число пунктов заезда $n_{\tau} = n_{14(5)} + n_6 = 6 + 1 = 7$;
 - $Q_{14(5)} = 0, Q_6 = 0$;
 - $Q_{6(5)} = Q_{\tau} = 8,871$ т;
 - $n_{6(5)} = n_{\tau} = 7$;
 - $q_{6(5)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 8,871) = 11,5$; $\gamma_{\text{ст}} = 0,77 < 0,99$;
 - на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 6 и 14;
 - получили новый объединённый маршрут Р-6-14-3-1-2-4-5-Р.
- Далее:
- максимальный выигрыш, равный 63 для $r = 5$ и $s = 29$;
 - общий объем перевозимого груза $Q_{\tau} = Q_{6(5)} + Q_{29} = 8,871 + 1,328 = 10,199$ т;
 - число пунктов заезда $n_{\tau} = n_{6(5)} + n_{29} = 7 + 1 = 8$;
 - $Q_{6(5)} = 0, Q_{29} = 0$;
 - $Q_{6(29)} = Q_{\tau} = 10,199$ т;
 - $n_{6(29)} = n_{\tau} = 8$;
 - $q_{6(29)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 10,199) = 11,5$; $\gamma_{\text{ст}} = 0,89 < 0,99$;
 - на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 5 и 29;
 - получили новый объединённый маршрут Р-6-14-3-1-2-4-5-29-Р.
- Далее:
- максимальный выигрыш, равный 60,5 для $r = 29$ и $s = 30$;
 - общий объем перевозимого груза $Q_{\tau} = Q_{6(29)} + Q_{30} = 10,199 + 0,964 = 11,163$ т;
 - число пунктов заезда $n_{\tau} = n_{6(29)} + n_{30} = 8 + 1 = 9$;
 - $Q_{6(29)} = 0, Q_{30} = 0$;
 - $Q_{6(30)} = Q_{\tau} = 11,163$ т;
 - $n_{6(30)} = n_{\tau} = 9$;
 - $q_{6(30)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 11,163) = 11,5$; $\gamma_{\text{ст}} = 0,97 < 0,99$;
 - на отрицательный заменяется выигрыш между пунктами 29 и 30;
 - получили новый объединённый маршрут Р-6-14-3-1-2-4-5-29-30-Р.
- Далее:
- максимальный выигрыш, равный 58 для $r = 28$ и $s = 30$;
 - общий объем перевозимого груза $Q_{\tau} = Q_{6(30)} + Q_{28} = 11,163 + 0,745 = 11,908$ т;
 - число пунктов заезда $n_{\tau} = n_{6(30)} + n_{28} = 9 + 1 = 10$;
 - $Q_{6(30)} = 0, Q_{28} = 0$;

- $Q_{6(28)} = Q_T = 11,908 \text{ т};$
- $n_{6(28)} = n_T = 10;$
- $q_{6(28)} = \min_k q_k (q_k \geq Q_{i(j)} = 11,908) = 11,5$ – условие не

выполняется.

На этом создание объединённого маршрута прекращается, так как максимальная грузоподъёмность автомобиля меньше общего объёма перевозимого молока ($11,5 < 11,9$). Следовательно, прошлая итерация была последней, а полученный маршрут имеет вид Р–6–14–3–1–2–4–5–29–30–Р с девятью пунктами заезда. Общий объем перевозимого груза $Q_T = 11,163 \text{ т}$, а длина полученного маршрута равна сумме кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети, входящими в полученный маршрут:

$$L_{\text{общ}} = l_{p-6} + l_{6-14} + l_{14-3} + l_{3-1} + l_{1-2} + l_{2-4} + l_{4-5} + l_{5-29} + l_{29-30} + l_{30-p} = \\ = 39 + 18 + 8 + 26 + 12 + 11 + 6 + 22 + 3 + 32 = 177 \text{ км.}$$

Остальные маршруты доставки груза, полученные при помощи метода Кларка-Райта, определяются с помощью ЭВМ, а результаты сводятся в таблицу (таблица 6.4).

Как было указано выше, алгоритм Кларка-Райта не гарантирует получения оптимального варианта, поэтому целесообразно проверить перестановку пунктов, входящих в маршруты, что может снизить значение целевой функции. Такое решение гарантирует метод ветвей и границ. Пункт Р принимается за начальный пункт ветвления. Стоимость (длина) ветви у начального пункта принимается равной нулю. Из пункта Р рассматриваются возможные пути ветвления, не дающие замкнутого цикла. Находится минимальное значение из всех рассчитанных длин ветвей дерева ветвления. Полученная ветвь с минимальным значением стоимости ветви дает решение. Длина пути определяется стоимостью ветви.

После определения рациональных маршрутов работы автомобильных транспортных средств необходимо изобразить их в графическом виде. Следующим этапом дипломного проектирования будет разработка графиков движения автомобилей. Графики работы подвижного состава на маршрутах должны отражать все элементы процесса перемещения груза во времени и пространстве (груженный пробег, порожний пробег, нулевые пробеги, погрузку, выгрузку). Они строятся в соответствии со схемой маршрута в системе координат и нормами на погрузочно-выгрузочные операции в соот-

ветствии с прейскурантом 13-01-03. Движение изображается наклонными линиями, а простой – горизонтальными. Характер движения с грузом, без груза или простой отображается принятыми условными обозначениями. Для построения графиков движения необходимы следующие данные:

- время простоя под погрузкой (прейскурант 13-01-03);
- длина оборота автомобиля на каждом маршруте (таблица полученных рациональных маршрутов работы);
- среднетехническая скорость движения автомобиля (прейскурант 13-01-03);
- количество груза, перевозимого за одну езду маршруте (таблица полученных рациональных маршрутов работы);
- время разгрузки автомобилей (прейскурант 13-01-03);
- количество груза, забираемого от каждого поставщика (исходные данные к дипломному проекту).

Пример графика работы автомобилей приведен на рисунке 6.4.

Рисунок 6.4 – Пример графика работы автомобилей на сборном маршруте:



7 СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПРЕДЛАГАЕМЫХ МАРШРУТОВ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Анализируя работу подвижного состава на маршрутах, необходимо рассчитать определённые показатели, характеризующие маршруты по степени их использования во времени, по скоростным свойствам, пробегу и грузо-подъемности. Таковыми показателями являются:

- время оборота автомобиля на маршруте;
- коэффициент использования пробега за время работы на маршруте;
- статический и динамический коэффициенты использования грузо-подъемности;
- часовая производительность подвижного состава;
- транспортная работа.

Время оборота автомобиля на маршруте определяется по формуле

$$t_{\text{об}} = \frac{l_0}{v_T} + t_{\text{пр}} = \frac{l_0}{v_T} + t_{\text{мв}} + t_{\text{д}} + \sum t_{\text{п}}, \quad (7.1)$$

где l_0 — общий пробег автомобиля за оборот на маршруте, км;

$t_{\text{пр}}$ — суммарное время простоя при погрузке—разгрузке за оборот, ч;

n — общее число пунктов на маршруте, по которым собирается груз;

$t_{\text{д}}$ — дополнительное время на заезд в промежуточный пункт, ч;

$t_{\text{мв}}$ — время на выгрузку автомобиля в конечном пункте (молокозавод);

$\sum t_{\text{п}}$ — суммарное время на погрузку автомобиля в пунктах маршрута, ч;

v_T — среднетехническая скорость, км/ч.

Транспортная работа за оборот

$$P_o = \sum_{i=1}^n Q_i l_i, \quad (7.2)$$

где Q_i — объем перевозок на i -м участке маршрута, т;

l_i — длина i -го участка маршрута, км.

Среднее расстояние перевозки 1 т груза

$$l_{\text{ср}} = \frac{P_o}{Q_o}, \quad (7.3)$$

где Q_o — объем перевозок за оборот на маршруте, т.

Статический коэффициент использования грузоподъемности автомобиля за оборот на маршруте определяется по формуле

$$\gamma_{\text{ст}} = \frac{Q_o}{q}, \quad (7.4)$$

где q — грузоподъемность автомобиля, т.

Динамический коэффициент использования грузоподъемности

$$\gamma_{\text{д}} = \frac{P_o}{ql_{\text{ГП}}}, \quad (7.5)$$

где $l_{\text{ГП}}$ — расстояние груженого пробега, км.

Коэффициент использования пробега

$$\beta = \frac{l_{\text{ГП}}}{l_o}. \quad (7.6)$$

Часовая производительность автомобиля

$$W_Q = \frac{Q_o}{t_{\text{об}}}, \quad (7.7)$$

$$W_P = \frac{P_o}{t_{\text{об}}}. \quad (7.8)$$

Используя приведенные выражения, можно определить степень изменения технико-эксплуатационных показателей предлагаемой маршрутной системы по сравнению с существующей.

Определение экономической эффективности сокращения непроизводительных пробегов парка подвижного состава заключается в сравнении прибыли, получаемой при внедрении предлагаемых мероприятий, а именно:

при разработанных маршрутах перевозки, с прибылью предприятия от перевозки грузов при существующих маршрутах, т.е. экономический эффект

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{предл}} - \Pi_{\text{факт}}, \quad (7.9)$$

где $\Pi_{\text{предл}}$ – прибыль от перевозки грузов при разработанных маршрутах;
 $\Pi_{\text{факт}}$ – прибыль от перевозки грузов при существующих маршрутах.
 Прибыль от перевозки грузов

$$\Pi = Д - З_{\text{пер}} - З_{\text{пост}}, \quad (7.10)$$

где $Д$ – доходы от перевозок, руб.;;
 $З_{\text{пер}}$ – переменные затраты на перевозку, руб.;;
 $З_{\text{пост}}$ – постоянные затраты на перевозку, руб.
 Доходы от перевозки определяются по формуле

$$Д = W Д_{\text{т}}, \quad (7.11)$$

где W – объём перевезённого груза, т;
 $Д_{\text{т}}$ – тариф на перевозку тонны груза, руб./т.
 Доход от перевозки также можно определить как произведение объема выполняемой транспортной работы (т·км) и ставки за выполнение 1 т·км.
 Переменные затраты на перевозку

$$З_{\text{пер}} = l S_{\text{пер}}, \quad (7.12)$$

где l – пробег парка подвижного состава, км;
 $S_{\text{пер}}$ – среднее по парку значение составляющей переменных затрат, руб./км.
 Среднее значение составляющей переменных затрат

$$S_{\text{пер}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{пер}i} A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad (7.13)$$

где $S_{\text{пер}i}$ – составляющая переменных затрат по i -й группе автомобилей, руб./км;
 A_i – число автомобилей i -й группы;
 n – число групп автомобилей.

Составляющая переменных затрат по каждой группе автомобилей рассчитывается по следующей формуле:

$$S_{\text{пер}i} = S_{\text{т}i} + S_{\text{см}i} + S_{\text{топ}i} + S_{\text{ам}i} + S_{\text{ш}i} + S_{\text{эк}i} + S_{\text{пр}i}, \quad (7.14)$$

где $S_{тi}$ – расходы на топливо, руб./км;
 $S_{смi}$ – расходы на смазочные материалы, руб./км;
 $S_{тоирi}$ – расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб./км;
 $S_{амi}$ – расходы на амортизацию подвижного состава, руб./км;
 $S_{шиi}$ – расходы на ремонт шин, руб./км;
 $S_{эки}$ – экологический налог, руб./км;
 $S_{при}$ – прочие налоги, руб./км.
 Постоянные затраты на перевозку определяются по формуле

$$Z_{пост} = AT_{см}DS_{пост}, \quad (7.15)$$

где A – количество автомобилей, работающих на маршрутах;
 $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч.;
 D – число рабочих дней за рассматриваемый период;
 $S_{пост}$ – среднее по парку значение составляющей постоянных затрат, руб./ч.
 Среднее значение составляющей постоянных затрат

$$S_{пост} = \sum_{i=1}^n S_{постi}A_i / \sum_{i=1}^n A_i, \quad (7.16)$$

где $S_{постi}$ – составляющая постоянных затрат по i -й группе автомобилей, руб./ч;
 A_i – число автомобилей i -й группы.

Составляющая постоянных затрат по каждой группе автомобилей определяется следующим образом:

$$S_{постi} = S_{зпvi} + S_{зпri} + S_{зпni} + S_{офи} + S_{при} + S_{дфи}, \quad (7.17)$$

где $S_{зпvi}$ – расходы на зарплату водителям, руб./ч;
 $S_{зпri}$ – расходы на зарплату ремонтным рабочим, руб./ч;
 $S_{зпni}$ – расходы на зарплату обслуживающему персоналу, руб./ч;
 $S_{офи}$ – отчисления с фонда заработной платы, руб./ч;
 $S_{при}$ – накладные расходы, руб./ч;
 $S_{дфи}$ – расходы на дорожный фонд и сельхозналог, руб./ч.

Составляющие переменных и постоянных затрат, входящие в выражения (7.14) и (7.17), выбираются из исходных данных к дипломному проектированию.

Поясним методику определения экономического эффекта на примере. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 7.1. Примем, что парк подвижного состава состоит из 3 автомобилей ГАЗ-3307, 10 автомобилей

ГАЗ-5312, 3 автомобилей КАМАЗ-53212 и 3 автомобилей КАМАЗ-5320+ АЦТП 11,5. Исходное и расчетное количество автомобилей определяется исходя из существующей и предлагаемой маршрутных сетей и объема перевозок. Составляющие переменных и постоянных затрат определяются путем суммирования входящих в них статей (см. формулы (7.14) и (7.15)).

Таблица 7.1 – Определение составляющих переменных и постоянных расходов по группам автомобилей

Марка ПС	Количество, авт.		Составляющие затрат	
	исходное	расчетное	переменные, руб./км	постоянные, руб./ч
ГАЗ-3307	2	0	356	3691
ГАЗ-5312	9	1	353	3889
КАМАЗ-53212	0	1	499	5825
КАМАЗ-5320 + + АЦТП 11,5	0	2	608	5855

Среднее по парку значение переменных затрат

$$S_{\text{пер}} = (3 \cdot 356 + 10 \cdot 353 + 3 \cdot 499 + 3 \cdot 608) / 19 = 417 \text{ руб./км.}$$

Среднее по парку значение постоянных затрат

$$S_{\text{пост}} = (3 \cdot 3691 + 10 \cdot 3889 + 3 \cdot 5825 + 3 \cdot 5855) / 19 = 4474 \text{ руб./ч.}$$

Переменные затраты составляют:

- до сокращения непроизводительных пробегов (длина всех маршрутов 1053 км)

$$Z_{\text{пер}} = 417 \cdot 1053 = 439101 \text{ руб.};$$

- после сокращения (длина всех маршрутов 580 км)

$$Z_{\text{пер}} = 417 \cdot 580 = 241860 \text{ руб.}$$

Постоянные затраты составляют:

- до сокращения непроизводительных пробегов (необходимо 11 единиц подвижного состава)

$$Z_{\text{пост}} = 8 \cdot 1 \cdot 4474 \cdot 11 = 393712 \text{ руб.};$$

- после сокращения (необходимо 4 единицы подвижного состава)

$$Z_{\text{пост}} = 8 \cdot 1 \cdot 4474 \cdot 4 = 143168 \text{ руб.}$$

Доход за перевозку предъявляемого груза равен произведению дохода от перевозки груза на 1 км и суммарного пробега с грузом:

$$Д = 35000 \cdot 27,271 = 954485 \text{ руб.}$$

Прибыль от перевозок составит:

- до сокращения непроизводительных пробегов

$$П = 954485 - 439101 - 393712 = 121672 \text{ руб.};$$

- после сокращения

$$П = 954485 - 241860 - 143168 = 569457 \text{ руб.}$$

Экономический эффект

$$Э_{\text{ф}} = 569457 - 121672 = 447785 \text{ руб.}$$

Следовательно, сокращение непроизводительных пробегов путем совершенствования технологии перевозки грузов экономически целесообразно, так как экономический эффект составил 450 тыс.руб. за день. Годовая экономия при этом составит 164 млн руб.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ИЛИ ЭКОЛОГИИ. ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Мероприятия по охране труда или экологии выполняются по плану, разработанному студентом совместно с консультантом по данному разделу дипломного проектирования.

Графический материал выполняется на листах формата А1. Рекомендуется следующая структура графического материала:

- динамика изменения технико-эксплуатационных и экономических показателей работы изучаемого предприятия, их анализ и прогноз;

- схема существующей транспортной сети и структура парка подвижного состава;
- схемы существующих маршрутов работы автомобильных транспортных средств;
- схемы предлагаемых маршрутов работы автомобильных транспортных средств;
- анализ технико-эксплуатационных показателей работы автомобильных транспортных средств на существующих и предлагаемых маршрутах;
- расчет экономического эффекта от предлагаемых мероприятий;
- мероприятия по охране труда или экологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном пособии изложены способы повышения эффективности работы грузового автомобильного подвижного состава при работе на сборных (развозочных) маршрутах. Повышение эффективности предполагается достичь за счет использования математических методов на стадии разработки маршрутов работы автомобильных транспортных средств. Кроме того, в работе приведена рекомендуемая структура дипломного проекта, рассмотрено содержание каждого из разделов. При описании используемых в дипломном проекте методов создания и рационализации маршрутов работы автомобильных транспортных средств, кроме их алгоритмов, рассмотрены и практические примеры применения данных методов. В пособии приводятся подробное описание необходимых для выполнения дипломного проекта исходных данных, а также рекомендуемый материал для графической части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автомобильные перевозки /*Ванчужевич В.Ф., Седюкевич В.Н., Холупов В.С.* – Мн.: "Дизайн ПРО", 1999. – 216 с.
- 2 *Воркут А.И.* Грузовые автомобильные перевозки. – Киев: Вища шк., 1986. – 164 с.
- 3 *Ходош М.С.* Грузовые автомобильные перевозки. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с.
- 4 *Попченко Я.А., Луцкер Г.Д.* Пути повышения эффективности грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1984. – 212 с.
- 5 *Геронимус Б.Л., Царфин Л.В.* Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1988. – 49 с.
- 6 *Кожин А.П.* Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. – М.: Высш.шк., 1979. – 75 с.
- 7 Лабораторные работы по дисциплине "Математические модели в расчетах на ЭВМ" для студентов специальностей 24.01 "Организация перевозок и управление на транспорте" и 24.04 "Организация дорожного движения". – Мн.: БГПА, 1993. – 34 с.
- 8 Лабораторные работы (практикум) по курсу "Экономико-математические методы на автомобильном транспорте" для студентов специальности 1617 "Эксплуатация автомобильного транспорта". – Мн.: БПИ, 1987. – 29 с.