

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Общетранспортные проблемы»

С. А. АЗЕМША, С. В. СКИРКОВСКИЙ, С. В. СУШКО

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ
ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ.
ПРАКТИКУМ**

Гомель 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Задание №1 Управление запасами и оптимизация партионности перевозок грузов.....	6
1.1 Цель работы.....	6
1.2 Методика выполнения работы.....	6
1.3 Варианты заданий.....	10
1.4 Пример выполнения задания.....	11
Задание № 2 Оптимизация закрепления потребителей за поставщиками.....	15
2.1 Цель работы.....	15
2.2 Методика выполнения работы.....	15
2.3 Варианты заданий.....	20
2.4 Пример выполнения задания.....	22
Задание № 3 Факторное исследование производительности автотранспортных средств.....	28
3.1 Цель работы.....	28
3.2 Методика выполнения работы.....	28
3.3 Варианты заданий.....	37
3.4 Пример выполнения задания.....	38
Задание № 4 Выбор автомобилей-самосвалов для работы с заданными погрузочными средствами.....	43
4.1 Цель работы.....	43
4.2 Методика выполнения работы.....	43
4.3 Варианты заданий.....	47
4.4 Пример выполнения задания.....	48
Задание № 5 Определение оптимальной по грузоподъемности структуры парка автомобилей.....	52
5.1 Цель работы.....	52
5.2 Методика выполнения работы.....	52
5.3 Варианты заданий.....	55
5.4 Пример выполнения задания.....	56
Задание № 6 Маршрутизация перевозок мелкопартионных грузов.....	59
6.1 Цель работы.....	59
6.2 Методика выполнения работы.....	59
6.3 Варианты заданий.....	62
6.4 Пример выполнения задания.....	64
Задание № 7 Организация движения автомобилей по графику.....	75
7.1 Цель работы.....	75
7.2 Методика выполнения работы.....	75
7.3 Варианты заданий.....	77
7.4 Пример выполнения задания.....	78
Задание № 8 Выбор автомобилей-тягачей для перевозки тяжеловесных грузов.....	81
8.1 Цель работы.....	81
8.2 Методика выполнения работы.....	81

8.3	Варианты заданий.....	83
8.4	Пример выполнения задания.....	84
Задание № 9	Выбор типа подвижного состава по экономическим показателям	86
9.1	Цель работы.....	86
9.2	Методика выполнения работы.....	86
9.3	Варианты заданий.....	89
9.4	Пример выполнения задания.....	91
Задание № 10	Обследование пассажиропотоков на городских маршрутах.....	94
10.1	Цель работы.....	94
10.2	Методика выполнения работы.....	94
10.3	Варианты заданий.....	103
10.4	Пример выполнения задания.....	104
Задание № 11	Составление паспорта автобусного маршрута.....	109
11.1	Цель работы.....	109
11.2	Методика выполнения работы.....	109
11.3	Варианты заданий.....	115
11.4	Пример выполнения задания.....	115
Задание № 12	Выбор оптимальной автобусной маршрутной системы в городе	117
12.1	Цель работы.....	117
12.2	Методика выполнения работы.....	117
12.3	Варианты заданий.....	120
12.4	Пример выполнения задания.....	121
Задание № 13	Выбор типов и расчет числа автобусов на маршрутах.....	131
13.1	Цель работы.....	131
13.2	Методика выполнения работы.....	131
13.3	Варианты заданий.....	134
13.4	Пример выполнения задания.....	135
Задание № 14	Управление качеством городских автобусных перевозок.....	139
14.1	Цель работы.....	139
14.2	Методика выполнения работы.....	139
14.3	Варианты заданий.....	145
14.4	Пример выполнения задания.....	145
Задание № 15	Определение оптимального значения вместимости пассажирского транспортного средства.....	148
15.1	Цель работы.....	148
15.2	Методика выполнения работы.....	148
15.3	Варианты заданий.....	151
15.4	Пример выполнения задания.....	152
Список литературы.....		154
Приложение А Нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом		155
Приложение Б Технические характеристики автомобилей.....		157
Приложение В Пассажирообмен остановочных пунктов на маршрутах.....		164
Приложение Г Пример заполнения паспорта автобусного маршрута.....		170
Приложение Д Транспортная сеть и корреспонденции пассажиров.....		180
Приложение Е Показатели маршрутной сети и работы автобусов.....		182
Приложение Ж Типовая программа курса.....		183

ВВЕДЕНИЕ

Для перевозки грузов в автотранспортных предприятиях имеется разный подвижной состав. Это – одиночные автомобили и автопоезда, автомобили с различным типом кузова, универсальные и специализированные, различной грузоподъемности и т.д. Экономические показатели перевозочного процесса во многом зависят от правильного использования подвижного состава. Для перевозки грузов необходимо выделять автомобили и прицепной состав, обеспечивающие минимальные издержки в конкретных эксплуатационных условиях. Особую актуальность приобретает рационализация использования подвижного состава автотранспортных предприятий в современных экономических условиях, когда при снижении объема перевозок требуется обеспечить финансовую устойчивость транспортного процесса. Именно поэтому инженер по организации перевозок на автомобильном транспорте должен владеть методами решения задачи выбора подвижного состава для перевозки грузов и пассажиров. Отдельную и сложную проблему представляет собой задача формирования рациональной структуры парка подвижного состава по грузоподъемности. Для ее решения используются методы математической статистики и теории вероятностей, с помощью которых исследуются размеры, предъявляемые к перевозке партий грузов. Структура парка подвижного состава по грузоподъемности должна быть такой, чтобы осуществлять с максимальной эффективностью перевозки различных по величине партий грузов. Предлагаемое пособие призвано способствовать овладению студентами на конкретных примерах и задачах методами снижения издержек на осуществление транспортного процесса.

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРТИОННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

1.1 Цель работы

Освоить методику определения рационального размера запасов продукции для нормальной работы предприятия и оптимизации партионности перевозок грузов

1.2 Методика выполнения работы

Причиной образования запасов является необходимость гарантированного бесперебойного снабжения потребителей. Образование запасов объясняется также и дискретным характером транспортного процесса на всех видах транспорта. Запасы пополняются периодически. Управлять запасами – это значит определить объем и моменты поставки продукции, а также распределить вновь прибывшую партию по звеньям нижестоящей системы снабжения.

Задачи определения рационального размера запасов, необходимых для нормального функционирования предприятий, возникают во всех отраслях народного хозяйства. Избыточные запасы приводят к "омертвлению" средств, затраченных на приобретение и хранение неиспользованных товаров. В процессе хранения ухудшается качество некоторых товаров и возникают потери.

Большие запасы целесообразно создавать для продуктов сезонного производства или постоянного производства, но сезонного потребления.

Недостаточные запасы могут стать причиной нарушения производственного процесса или ритмичности снабжения. Запасы пополняют периодически. Каждое такое пополнение сопровождается определенными затратами, зависящими от условий поставки. Склад несет расходы, связанные с хранением продуктов.

Задачи управления запасами состоят в выборе объема и момента предъявления заказа на пополнение, обеспечивающих минимальные суммарные расходы по хранению и поставкам. Управление запасами предусматривает также распределение вновь прибывшей партии по нижестоящим звеньям системы снабжения. Совокупность правил, которыми руководствуются при принятии решений, называется стратегией управления запасами. Определение стратегий является предметом теории оптимального управления запасами.

Задачи управления запасами делятся на статистические и динамические. В статистических создание запаса выступает как единичный акт, а в динамических расходование и периодическое пополнение запасов рассматривается как

процесс, развертывающийся во времени.

Основные стратегии управления запасами:

1) стратегия фиксированного размера заказа;

2) стратегия постоянной периодичности заказа;

3) стратегия с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня;

4) стратегия двух уровней.

Таким образом, размеры перевозимых партий грузов и интервалы между очередными поставками могут быть как постоянными, так и переменными и зависят от принятой стратегии управления запасами. По фактическим данным об объеме сбыта и длительности доставки заказа, можно промоделировать процесс и определить вероятность возникновения дефицита и средние уровни запасов при применении определенной системы завоза грузов в течении длительного периода времени. Проще всего определить величину страхового запаса в статической задаче, когда случайной величиной является лишь потребность в продукции в период между двумя очередным поставками.

Стратегия при минимальных общих затратах называется оптимальной.

Простейшая модель управления запасами – это система с фиксированным размером запаса продукции – q .

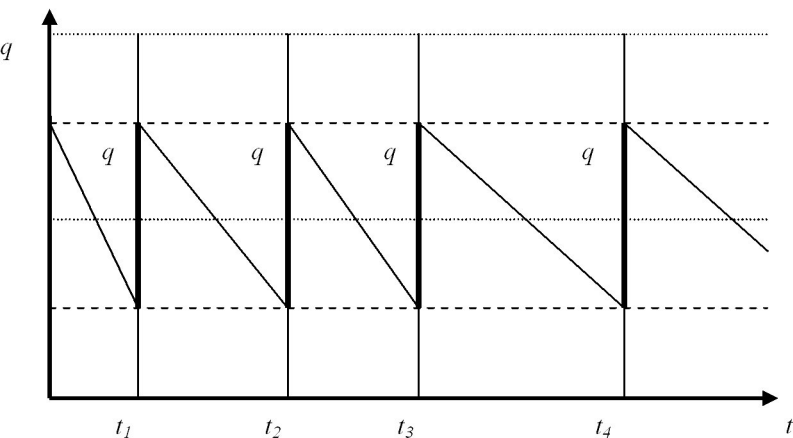


Рисунок 1.1 – Графическая интерпретация стратегии фиксированного размера заказа

Стратегия предусматривает непрерывный контроль над состоянием запасов и когда уровень запасов опускается ниже какой-то величины, то заказывается новый товар. Это возникает через различные промежутки времени.

Издержки на хранение определяются следующим образом:

$$S_{\text{хр}} = \frac{C_{\text{хр}} \cdot g}{2}, \quad (1.1)$$

где $C_{\text{хр}}$ – издержки на хранение единицы товара;

g – объем товара находящийся на хранении.

Объем груза на хранении за время t меняется в пределах от 0 до g , и для расчета издержек на хранение принимается среднее, за весь период хранения, значение размера партии груза, поэтому в формуле g делится на 2.

Затраты, связанные с перевозкой определяются по формуле:

$$S_{\text{пер}} = \frac{P_{\text{год}}}{g} C_{\text{д}}. \quad (1.2)$$

где $C_{\text{д}}$ – издержки на доставку одной тонны груза;

$P_{\text{год}}$ – потребность в продукте за весь планируемый период времени работы предприятия.

Общие затраты равны:

$$S = S_{\text{хр}} + S_{\text{пер}}; \quad (1.3)$$

$$\frac{dS}{dg} = 0; \quad g_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2P_{\text{год}}C_{\text{д}}}{C_{\text{хр}}}}. \quad (1.4)$$

Интервалы времени между поставками:

$$I_{\text{д}} = \frac{T \cdot g_{\text{опт}}}{P_{\text{год}}}. \quad (1.5)$$

При стратегии постоянной периодичности запасов заказ осуществляется через одинаковые промежутки времени.

Размеры перевозимых партий грузов и интервал между очередными поставками могут быть как постоянными, так и переменными и зависят от принятой стратегии управления запасами.

Формирование партий грузов означает разделение транспортируемых единиц на составляющие или их соединение по какому-либо признаку. Под накоплением груза понимается постепенное увеличение хранимого объема продукции, предназначенного для транспортировки. Накопление заканчивается отправлением груза, после чего процесс повторяется заново. Суммарные тонно-часы в процессе накопления груза определяются по формуле

$$Q_t = g_1 t_1 + g_2 t_2 + \dots + g_n t_n \quad (1.6)$$

или

$$Q_t = \frac{Q_1 t_{гр}^1}{2} + \frac{Q_2 t_{гр}^2}{2} + \dots + \frac{Q_n t_{гр}^n}{2} . \quad (1.7)$$

где t_i – время хранения g_i -ой партии груза.

$$\text{Если } Q_1 = Q_2 = Q_n, \text{ то } Q_t = \frac{Q}{2} (t^1 + t^2 + \dots + t^n) = 12Q . \quad (1.8)$$

Число 12 называется параметром накопления груза и может меняться в пределах 0-24:

$$Q_t = C Q . \quad (1.9)$$

Среднее время нахождения 1 т груза в процессе накопления:

$$t_n = \frac{Q_t}{\sum Q_i} = \frac{C Q}{\sum Q_i} . \quad (1.10)$$

Процесс накопления достаточно распространенная операция. Накопление осуществляется на складах поставщика и потребителя, а также на складах материально-технического снабжения. Все эти элементы транспортных систем функционируют как своеобразные накапливающие системы. Чем меньше груза в накоплении, тем меньше время доставки груза потребителю. Степень удовлетворения требований на перевозки характеризуется коэффициентом удовлетворения требований на перевозки, который определяется как отношение количества груза, вывозимого за определенный период времени, к общему количеству предназначенных для перевозки грузов:

$$E_{тп} = \frac{P_n}{Z_n + X_n} , \quad (1.11)$$

где P_n – количество вывозимого груза;

Z_n – хранящийся груз;

X_n – вновь поступивший груз.

Связь операций производственного и транспортного процессов проявляется в обуславливаемой последовательности их выполнения.

Производственный и предшествующий ему транспортный процесс, в результате которого образуется запас материалов и изделий, требуют рационального согласования во времени объемов завоза с объемом потре-

ния. Эти процессы могут выполняться последовательно, с перерывами, без перерыва, совмещено.

1.3 Варианты заданий

1.3.1 Исходные данные:

а) потребность в продукте за весь планируемый период времени работы предприятия $P_{\text{год}}$, т, (таблица 1.1);

б) расходы на хранения единицы товара за планируемый период времени $C_{\text{хр}}$, руб., (таблица 1.1);

в) цена одной тонны груза $\Pi_{\text{т}}$, руб/т., (таблица 1.1);

г) скорость доставки груза $V_{\text{д}}$, км/ч., (таблица 1.1);

д) расстояние доставки груза $l_{\text{д}}$, км., (таблица 1.1)

Таблица 1.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	$P_{\text{год}}$, т	$C_{\text{хр}}$, руб.	$\Pi_{\text{т}}$, руб/т	$V_{\text{д}}$, км/ч	$l_{\text{д}}$, км
1	3000	150	200	15	30
2	3100	160	210	16	35
3	3200	170	220	17	40
4	4400	180	230	18	45
5	4500	190	340	19	50
6	4600	290	350	42	55
7	2600	200	210	28	43
8	3700	310	460	44	65
9	3800	360	470	37	31
10	3900	370	480	38	32
11	4000	380	300	39	33
12	4100	260	310	26	34
13	4200	270	320	27	35
14	4300	280	330	28	36
15	5000	420	430	29	37
16	5100	430	440	30	38
17	5200	440	450	31	39
18	4700	320	370	20	40
19	4800	330	240	21	41
20	4900	340	250	22	55

Окончание таблицы 1.1

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	$P_{\text{год, т}}$	$C_{\text{хр, руб.}}$	$C_{\text{т, руб/т}}$	$V_{\text{д, км/ч}}$	$l_{\text{д, км}}$
21	3300	350	260	35	60
22	3400	230	410	23	65
23	3500	240	420	24	31
24	5300	250	270	25	32
25	5400	390	280	36	33
26	5500	400	290	40	34
27	5600	410	380	41	35
28	5700	200	390	32	40
29	5800	210	400	33	35
30	5900	220	490	34	50

1.3.2 Требуется

а) установить зависимость издержек на управление запасами при выполнении одного заказа перевозки партии груза от величины массы завозимого товара;

б) рассчитать издержки на перевозку грузов за весь планируемый период времени;

в) рассчитать издержки на хранение запасов за планируемый период времени работы предприятия;

г) определить суммарные издержки управления запасами за период работы предприятия;

д) построить график зависимости издержек управления запасами и определить оптимальную величину партии груза, при которой суммарные издержки являются минимальными;

е) величину оптимального размера партии груза, полученную графоаналитическим методом, проверить теоретически;

ж) определить интервал времени между очередными доставками грузов;

з) рассчитать сумму высвобождаемых средств за планируемый период работы от повышения скорости доставки грузовой массы;

и) построить зависимость суммы высвобождаемых средств в функции скорости доставки, приняв шаг ее увеличения равным 10%;

1.4 Пример выполнения задания

Исходные данные

а) потребность в продукте за весь планируемый период времени рабо-

ты предприятия $P_{\text{год}}, \tau, P_{\text{год}} = 2600 \text{ т}$;

б) расходы на хранения единицы товара за планируемый период времени $C_{\text{хр}}, \text{руб.}, C_{\text{хр}} = 200 \text{ руб.}$;

в) цена одной тонны груза $\Pi_{\text{т}}, \text{руб/т.}, \Pi_{\text{т}} = 210 \text{ руб.}$;

г) скорость доставки груза $I_{\text{д}}, \text{км/ч.}, I_{\text{д}} = 28 \text{ км/ч.}$;

д) расстояние доставки груза $l_{\text{д}}, \text{км.}, l_{\text{д}} = 43 \text{ км.}$

Выполнение работы

Издержки на хранение определяются по формуле 1.1

$$S_{\text{хр}} = \frac{20 \cdot 5}{2} = 50,$$

Затраты, связанные с перевозкой определяются по формуле 1.2

$$S_{\text{пер}} = \frac{2600}{5} \cdot 2,2 = 1144$$

Общие затраты определяются по формуле 1.3

$$S = 50 + 1144 = 1194;$$

Далее производится расчет $S_{\text{пер}}, S_{\text{хр}}$ и S изменяя q от 5 до 30 с шагом 5 для получения точки перегиба, а результаты заносятся в таблицу 1.2

Таблица 1.2 – Расчет параметров графика

Параметр	Значения					
	5	10	15	20	25	30
$q, \text{т}$	5	10	15	20	25	30
$C_{\text{д}}$	2,2	1,7	1,4	1,25	1,17	1,13
$S_{\text{пер}}$	1144	442	243	163	122	98
$S_{\text{хр}}$	50	100	150	200	250	300
S	1194	542	393	363	372	398

По данным таблицы 1.2 строится график зависимости издержек управления запасами и определить оптимальную величину партии груза, при которой суммарные издержки являются минимальными

Величина оптимального размера партии груза, полученная графоаналитическим методом, проверяется теоретически по формуле 1.4

$$g_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2600 \cdot 1,25}{20}} = 18,02 \text{ т}$$

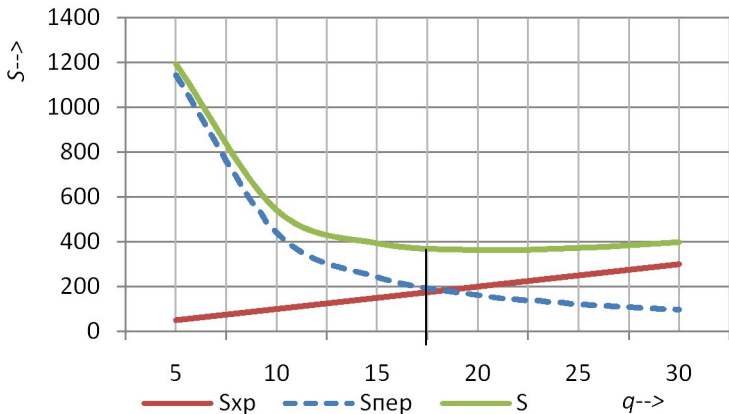


Рисунок 1.1 – Графический метод определения оптимального размера партии груза

Далее по формуле 1.5 определяются интервалы времени между поставками

$$I_{д} = \frac{365 \cdot 18,02}{2600} = 2,5 \text{ дн.}$$

По формуле 1.6 рассчитывается сумма высвобождаемых средств за планируемый период работы от повышения скорости доставки грузовой массы

$$\Delta C = \frac{21 \cdot 2600 \cdot 43}{365 \cdot 24} \left(\frac{1}{28} - \frac{1}{30,8} \right) = 0,8$$

Таблица 1.3 – Расчет параметров графика

Параметр	Значения					
	30,8	33,6	36,4	39,2	42,0	44,8
$I_{д}$	0,8	1,6	2,4	2,7	3,2	3,8
ΔC						

Далее строится зависимость суммы высвобождаемых средств в функции скорости доставки, с шагом увеличения равным 10%

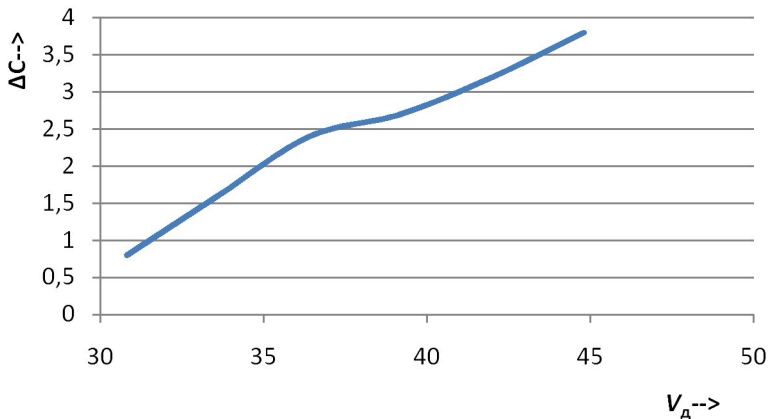


Рисунок 1.2 – График зависимости суммы высвобождаемых средств от скорости доставки

Контрольные вопросы

1. Какие основные задачи решаются при управлении запасами?
2. Назовите составляющие затрат, которые учитываются при оптимизации размера партий грузов.
3. Приведите формулу для расчета оптимального размера партии груза.
4. Как определяется интервал времени между очередными поставками продукции?
5. Какие факторы влияют на величину средств, находящихся в процессе перевозки?

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА ПОСТАВЩИКАМИ

2.1 Цель работы

Освоить методику решения транспортной задачи по закреплению потребителей однородной продукции за поставщиками

2.2 Методика выполнения работы

2.2.1 Математическая модель и особенности транспортной задачи

Транспортная задача формулируется следующим образом. В m пунктах отправления A_1, \dots, A_m сосредоточен однородный груз в количествах соответственно a_1, \dots, a_m единиц. Имеющийся груз необходимо доставить n потребителям B_1, \dots, B_n , спрос которых выражается величинами b_1, \dots, b_n единиц. Известна стоимость c_{ij} (величины c_{ij} могут иметь различный смысл, в зависимости от конкретной задачи они могут означать стоимость, расстояние, время, производительность и т. д.) перевозки единицы груза из i -го ($i = 1, \dots, m$) пункта отправления в j -й ($j = 1, \dots, n$) пункт назначения. Требуется составить план перевозок, который полностью удовлетворяет спрос потребителей в грузе, и при этом суммарные транспортные издержки минимизируются.

Для построения математической модели транспортной задачи рассмотрим матрицу:

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,n} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m,1} & x_{m,2} & \dots & x_{m,n} \end{bmatrix}, \quad (2.1)$$

где x_{ij} ($i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) – количество единиц груза, которое необходимо доставить из i -го пункта отправления в j -й пункт назначения.

Математическая модель транспортной задачи должна отражать все условия и цель задачи в математической форме. Так, переменные x_{ij} ($i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) должны удовлетворять ограничениям по запасам, потребностям и условиям неотрицательности. В математической форме эти условия можно записать так:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, (i = 1, \dots, m) \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, (j = 1, \dots, n) \\ x_{ij} \geq 0, (i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (2.2)$$

Цель транспортной задачи – минимизировать общие затраты на реализацию плана перевозок, которые можно представить функцией

$$A = c_{1,1}x_{1,1} + c_{1,2}x_{1,2} + \dots + c_{m,n}x_{m,n} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j}x_{i,j} \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

Итак, математически транспортная задача ставится так. Даны система ограничений (2.2) и линейная функция (2.3). Требуется среди множества решений системы (2.2) найти такое неотрицательное решение, при котором линейная функция (2.3) принимает минимальное значение (минимизируется). Будем называть план перевозок $X = [x_{ij}]_{\min}$ допустимым, если он удовлетворяет ограничениям (2.2). Допустимый план перевозок, при котором целевая функция (2.3) минимальна, называется оптимальным.

2.2.2 Решение задачи закрепления потребителей за поставщиками

Транспортная задача, в которой суммарные потребности и запасы совпадают, т. е. выполняется условие

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i, \quad (2.4)$$

называется закрытой моделью, в противном случае – открытой. Для открытой модели может быть два случая:

а) суммарные потребности меньше, чем суммарные запасы:

$$\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i; \quad (2.5)$$

б) суммарные потребности превышают суммарные запасы:

$$\sum_{j=1}^n b_j > \sum_{i=1}^m a_i. \quad (2.6)$$

Линейная функция одинакова в обоих случаях, изменяется только вид системы ограничений.

Открытая модель решается приведением к закрытой модели. В случае а), когда суммарные запасы превышают суммарные потребности, вводится фиктивный потребитель B_{n+1} , потребности которого равны избытку груза.

В случае б), когда суммарные потребности превышают суммарные запасы, вводится фиктивный поставщик A_{m+1} , запасы которого равны недостатку груза.

Стоимость перевозки единицы груза как до фиктивного потребителя, так и стоимость перевозки единицы груза от фиктивного поставщика полагают равными нулю, так как груз в обоих случаях не перевозится. После преобразований задача принимает вид закрытой модели и решается обычным способом. При равных стоимостях перевозки единицы груза от поставщиков к фиктивному потребителю затраты на перевозку груза реальным потребителям минимальны, а фиктивному потребителю будет направлен груз от наименее выгодных поставщиков. То же самое получаем и в отношении фиктивного поставщика.

Далее строится опорный план закрепления потребителей за поставщиками. Опорность плана при записи условий транспортной задачи в виде таблицы заключается в его ацикличности, т. е. в таблице нельзя построить замкнутый цикл, все вершины которого лежат в занятых клетках.

Циклом называется набор клеток вида $(i, k), (j, k), (j, t), \dots, (h, i)$, в котором две и только две соседние клетки расположены в одном столбце или одной строке таблицы, причем последняя клетка находится в той же строке или столбце, что и первая. Построение циклов начинают с какой-либо занятой клетки и переходят по столбцу (строке) к другой занятой клетке, в которой делают поворот под прямым углом и движутся по строке (столбцу) к следующей занятой клетке и т. д., пытаясь возвратиться к первоначальной клетке. Если такой возврат возможен, то получен цикл и план не является опорным. Клетки, в которых происходит поворот под прямым углом, определяют вершины цикла. В противном случае план является опорным.

Рассмотрим систему ограничений (2.2) транспортной задачи. Она содержит $m \cdot n$ неизвестных и $m + n$ уравнений, связанных соотношением (2.4). Если сложить почленно уравнения отдельно первой и второй подсистем системы (2.2), то получим два одинаковых уравнения. Наличие в системе ограничений двух одинаковых уравнений говорит о ее линейной зависимости. Если одно из этих уравнений отбросить, то в общем случае система ограничений должна содержать $m + n - 1$ линейно независимых уравнений, следовательно, невырожденный опорный план транспортной задачи содержит $m + n - 1$ положительных компонент или перевозок. Если условия транспортной задачи и ее опорный план записаны в виде таблицы, то клетки, в которых находятся отличные от нуля перевозки, называются занятыми, а остальные – незанятыми.

Однако часто бывает так, что число занятых клеток меньше $m + n - 1$.

Так бывает, когда полностью исчерпывается запас груза и полностью удовлетворяется спрос (вырожденный опорный план). В этом случае в свободные клетки надо записать число «0» – «нуль-загрузка», условно считая такие клетки занятыми. Однако число «0» записывается в те свободные клетки, которые не образуют циклов с ранее занятыми клетками. Число клеток с «нуль-загрузкой» должно быть таким, чтобы в сумме с числом занятых клеток получалось число $m + n - 1$.

В случае больших размерностей эффективен способ определения первоначального опорного плана с помощью метода двойного предпочтения.

В каждом столбце отмечают знаком клетку с наименьшей стоимостью. Затем то же проделывают в каждой строке. В результате некоторые клетки имеют двойную отметку. В них находится минимальная стоимость как по столбцу, так и по строке. В эти клетки помещают максимально возможные объемы перевозок, каждый раз исключая из рассмотрения строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, или столбец, соответствующий потребителю, спрос которого полностью удовлетворен. Затем распределяют перевозки по клеткам с единичной отметкой. Остальные перевозки распределяют по наименьшей стоимости. Процесс распределения заканчивается, когда все запасы поставщиков исчерпаны, а спрос потребителей полностью удовлетворен.

План транспортной задачи является оптимальным только в том случае, когда ему соответствует система из $m + n$ чисел, удовлетворяющих условию

$$\begin{cases} u_i + v_j = c_{ij}; x_{ij} > 0, (i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n) \\ u_i + v_j \leq c_{ij}; x_{ij} = 0, (i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (2.7)$$

Числа u_i, v_j называются потенциалами соответственно i -го поставщика и j -го потребителя.

Так как всех занятых клеток должно быть $m + n - 1$, т. е. на единицу меньше числа потенциалов, то для определения чисел u_i, v_j необходимо решить систему из $m + n - 1$ уравнений $u_i + v_j = c_{ij}$ с $m + n$ неизвестными. Система неопределенная, и, чтобы найти частные решения, одному из потенциалов придается произвольное числовое значение, тогда остальные потенциалы определяются однозначно. Для облегчения расчетов одному из потенциалов придают обычно значение, равное нулю.

Если условие (2.7) не выполняется в занятой клетке, то потенциалы найдены неверно, если в свободной клетке – то опорный план не является оптимальным, его можно улучшить за счет загрузки этой клетки. Если таких клеток несколько, то наиболее перспективной для загрузки является клетка, для которой разность между тарифом клетки c_{ij} и суммой потенциалов ($u_i + v_j$) является наименьшей.

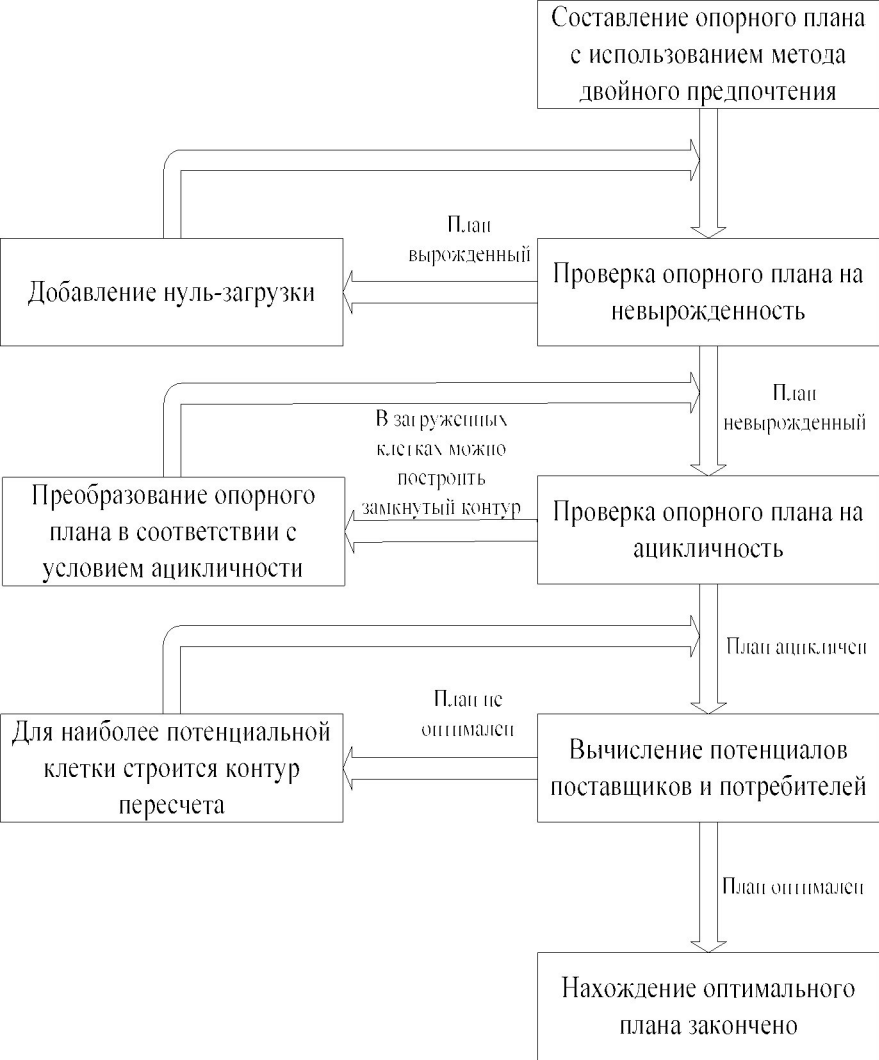


Рисунок 2.1 – Алгоритм решения транспортной задачи

Для наиболее перспективной свободной клетки строится замкнутый

цикл с вершинами в загруженных клетках. Вершинам этого цикла условно приписываются знаки: свободной клетке – плюс, следующей по часовой или против часовой стрелки занятой клетке – минус, следующей – снова плюс и т. д. Из поставок в клетках цикла с “отрицательными” вершинами выбирается наименьшее количество x_{\min} груза, которое и перемещается по клеткам этого цикла: прибавляется к поставкам в положительных вершинах и вычитается из поставок в отрицательных вершинах, в результате чего баланс цикла не нарушится. В общем случае цикл представляет собой замкнутую ломаную линию, состоящую из звеньев, пересекающихся под прямым углом. Каждое звено соединяет две клетки строки (столбца). Цикл включает одну свободную клетку, остальные клетки цикла заняты. В цикле всегда четное число клеток. Для свободной клетки всегда можно построить единственный цикл.

Алгоритм решения транспортной задачи можно представить в виде блок-схемы, представленной на рисунке 2.1.

2.3 Варианты заданий

2.3.1 Исходные данные

а) суточный объем производства груза в грузообразующих пунктах выбирается студентом по последней цифре номера зачетной книжки (таблица 2.1)

Таблица 2.1 – Суточный объем производства груза в грузообразующих пунктах

Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам, т									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A1	220		250		150	250	150			
A2		220			150			300	300	180
A3	300		300	350		350			250	
A4				150		150	240	160		400
A5		280	220		350					
A6	280			250			400		200	360
A7		250			280	220		300	150	180
A8	200	200	200	250			350			
A9		300	280		250	350			180	
A10	160			200			120	150		100

б) суточный объем потребления груза в грузообразующих пунктах выбирается студентом по предпоследней цифре номера зачетной книжки (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Суточный объем потребления груза в грузопоглощающих пунктах

Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам, т									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Б1	150	100			200	150			300	
Б2			120	150				200		
Б3						150	200	140	100	150
Б4				140	140		300		100	
Б5	200		180			200				200
Б6	130	280	150							
Б7				160	150		170			
Б8			200			100		250	200	175
Б9	200	150			240					175
Б10				240		170		160		150

в) таблица кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети принимается из таблицы 2.3

Таблица 2.3 – Таблица кратчайших расстояний

Пункт отправления	Пункт прибытия									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	–	6	13	7	5	9	17	8	15	20
2	6	–	11	10	11	15	23	14	21	26
3	13	11	–	6	8	12	19	21	28	33
4	7	10	6	–	2	6	13	15	22	27
5	5	11	8	2	–	4	12	13	20	25
6	9	15	12	6	4	–	8	10	17	22
7	17	23	19	13	12	8	–	15	22	27
8	8	14	21	15	13	10	15	–	7	12
9	15	21	28	22	20	17	22	7	–	10
10	20	26	33	27	25	22	27	12	10	–

2.3.2 Требуется

а) найти оптимальный план закрепления потребителей за поставщиками, при котором транспортная работа, выполняемая автомобилями при перевозке груза, будет минимальна

б) рассчитать показатели грузооборота в исходном (базисном) и оптимальном вариантах.

2.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

1) пункты и объемы производства груза:

$A_{10} - 220$ т; $A_{17} - 200$ т; $A_{18} - 280$ т;

2) пункты и объемы потребления груза:

3) $B_1 - 120$ т; $B_4 - 180$ т; $B_5 - 150$ т; $B_7 - 200$ т; $B_{12} - 200$ т; $B_{14} - 150$ т.

4) кратчайшие расстояния между пунктами производства и потребления.

Выполнение работы. Задача решается отдельно по каждому виду груза.

Далее рассмотрен пример решения задачи закрепления потребителей за поставщиками для щебня.

Задача открытого типа, так как объем производства щебня на 300 т меньше, чем объем потребления. Для того чтобы привести задачу к закрытому типу, вводится фиктивный производитель груза B_f с объемом производства, равным 300 т. Расстояние от фиктивного поставщика ко всем потребителям принимаем равным 200 км. Исходные данные для решения данной транспортной задачи сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Исходные данные для построения оптимального плана

		Грузополучатели						Вывоз
		B1	B4	B5	B7	B12	B14	
Грузопоставители	A10	57	80	79	36	38	54	220
	A17	71	45	35	28	51	37	200
	A18	70	16	36	28	50	36	180
	Aф	200	200	200	200	200	200	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	$\Sigma=1000$

Далее строится опорный план (таблица 2.5) методом двойного предпочтения. Для этого просматриваются столбцы и строки и отмечаются знаком «+» ячейки, имеющие наименьшее расстояние перевозки. В первую очередь заполняются клетки с двумя знаками «+», затем с одним знаком, затем остальные клетки.

Таблица 2.5 – Опорный план перевозки щебня

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
Грузоотправители	A10	+ 57 20	80	79	+ 36	+ 38 200	54	220; 20; 0
	A17	71	45	+ 35	++ 28 200	51	37	200; 0
	A18	70	++ 16 180	36	28	50	+ 36 100	280; 100; 0
	Аф	+ 200 100	200	200	200	200	200	300; 200; 50; 0
Завоз		120; 100; 0	180; 0	150	200; 0	200; 0	150; 50	$\Sigma=1000$

Проверим план на вырожденность: $m + n - 1 = 4 + 6 - 1 = 9$, а в опорном плане 8 заполненных клеток, следовательно, он является вырожденным. Поместим базисную нулевую перевозку в клетке (17;5). План ациклический (нельзя построить замкнутого цикла).

Присвоим поставщику A_{10} потенциал $u_{10} = 0$. Далее последовательно определим потенциалы остальных поставщиков и потребителей (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Нахождение потенциалов

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
		$v_1=57$	$v_4=37$	$v_5=57$	$v_7=36$	$v_{12}=38$	$v_{14}=57$	
Грузоотправители	A10	$u_{10}=0$ 57 20	80	79	36 0	38 200	54	220
	A17	71	45	35	28 200	51	37	200
	A18	70	16 180	36	28	50	36 100	280
	Аф	$u_{\phi}=143$ 200 100	200	200	200	200	200	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	$\Sigma=1000$

Далее опорный план проверяется на оптимальность:

Таблица 2.8 – Новый план отправок и нахождение потенциалов

			Грузополучатели						Вывоз
			Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
			v1= 43	v4= 23	v5= 43	v7= 36	v12= 38	v14= 43	
Грузоотправители	A10	u10=0	57	80	79	36	38	54	220
	A17	u17=-8	71	45	35	28	51	37	200
	A18	u18=-7	70	16	36	28	50	36	280
	Aφ	uφ=157	200	200	200	200	200	200	300
Завоз			120	180	130	200	200	150	Σ=1000

Проверим полученный план на оптимальность:

$$u_{10} + v_1 = 0 + 43 = 43 < c_{10;1} = 57;$$

$$u_{10} + v_4 = 0 + 23 = 23 < c_{10;4} = 80;$$

$$u_{10} + v_5 = 0 + 43 = 43 < c_{10;5} = 79;$$

$$u_{10} + v_{14} = 0 + 43 = 43 < c_{10;14} = 54;$$

$$u_{17} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{17;1} = 71;$$

$$u_{17} + v_4 = -8 + 23 = 15 < c_{17;4} = 45;$$

$$u_{17} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{17;12} = 51;$$

$$u_{17} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{17;14} = 37;$$

$$u_{18} + v_1 = -7 + 43 = 36 < c_{18;1} = 70;$$

$$u_{18} + v_5 = -7 + 43 = 36 = c_{17;5} = 36;$$

$$u_{18} + v_7 = -7 + 36 = 29 > c_{18;7} = 28(*);$$

$$u_{18} + v_{12} = -7 + 38 = 31 < c_{18;12} = 50;$$

$$u_{\phi} + v_4 = 157 + 37 = 194 < c_{\phi;4} = 200;$$

$$u_{\phi} + v_7 = 157 + 36 = 193 < c_{\phi;7} = 200;$$

$$u_{1\phi} + v_{12} = 157 + 38 = 195 < c_{\phi;12} = 20.$$

Нарушение оптимальности обнаружено только в клетке (18;7), в которой требуется назначать новую перевозку. Процесс оптимизации плана представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Оптимизация опорного плана перевозок

			Грузополучатели						Вывоз
			Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
			v1=57	v4=37	v5=57	v7=36	v12=38	v14=57	
Грузоотправители	A10	u10=0	57	80	79	36	38	54	220
	A17	u17=-8	71	45	35	28	51	37	200
	A18	u18=-21	70	16	36	28	50	36	280
	Aφ	uφ=143	200	200	200	200	200	200	300
Завоз			120	180	150	200	200	150	Σ=1000

В очередной раз составляется замкнутый контур, одна из вершин которого лежит в клетке с нарушением. В результате оптимизации получаем новый план, который представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Новый план отправок и нахождение потенциалов

			Грузополучатели						Вывоз
			Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
			v1= 43	v4= 24	v5= 43	v7= 36	v12= 38	v14= 43	
Грузоотправители	A10	u10=0	57	80	79	36	38	54	220
	A17	u17=-8	71	45	35	28	51	37	200
	A18	u18=-8	70	16	36	28	50	36	280
	Aφ	uφ=157	200	200	200	200	200	200	300
Завоз			120	180	150	200	200	150	Σ=1000

Проверим полученный план на оптимальность:

$$u_{10} + v_1 = 0 + 43 = 43 < c_{10;1} = 57;$$

$$u_{10} + v_4 = 0 + 24 = 24 < c_{10;4} = 80;$$

$$u_{10} + v_5 = 0 + 43 = 43 < c_{10;5} = 79;$$

$$u_{10} + v_{14} = 0 + 43 = 43 < c_{10;14} = 54;$$

$$u_{17} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{17;1} = 71;$$

$$u_{17} + v_4 = -8 + 24 = 16 < c_{17;4} = 45;$$

$$u_{17} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{17,12} = 51;$$

$$u_{18} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{18,1} = 70;$$

$$u_{18} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{18,12} = 50;$$

$$u_{\phi} + v_4 = 157 + 24 = 181 < c_{\phi,4} = 200;$$

$$u_{\phi} + v_{12} = 157 + 38 = 195 < c_{\phi,12} = 20.$$

$$u_{17} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{17,14} = 37;$$

$$u_{18} + v_5 = -8 + 43 = 35 < c_{17,5} = 36;$$

$$u_{18} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{18,14} = 36;$$

$$u_{\phi} + v_7 = 157 + 36 = 193 < c_{\phi,7} = 200;$$

Нарушений оптимальности нет, следовательно, полученный план - оптимальный. Из окончательного решения фиктивный поставщик исключается. Решение представлено в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Оптимальный план перевозок щебня

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
Грузоотправители	A10	57	80	79	36	38	54	220
	A17	71	45	35	28	51	37	200
	A18	70	16	36	28	50	36	180
Завоз		120	180	150	200	200	150	

Фиктивные поставщики и потребители из дальнейшего решения исключаются.

Рассчитаем показатели грузооборота в исходном (базисном) и оптимальном вариантах

$$P_{\text{баз}} = 20*57+200*38+200*28+180*16+300*200 = 80820 \text{ т*км}$$

$$P_{\text{опт}} = 20*36+200*38+120*35+80*28+180*16+100*28+300*200 = 80440 \text{ т*км}$$

Контрольные вопросы

1. Сформируйте сущность транспортной задачи линейного программирования.
2. Приведите математическую формализацию транспортной задачи.
3. Каким требованиям должен удовлетворять базисный план?
4. Каким условиям должен отвечать оптимальный план перевозок грузов?

ФАКТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1 Цель работы

Установление и анализ зависимостей производительности автотранспортных средств от изменения технико-эксплуатационных показателей

3.2 Методика выполнения работы

3.2.1 Производительность транспортных средств и факторы, ее определяющие

Одним из важнейших критериев выбора подвижного состава является его производительность. Производительность транспортных средств характеризуется количеством перевезенных тонн груза или выполненных тонно-километров транспортной работы в единицу времени. При прочих равных условиях тот водитель, который имеет более высокую производительность, работает более эффективно.

Производительность транспортных средств рассчитывают для условий их работы на маршруте и за время в наряде. При работе на маршруте транспортный процесс состоит из последовательно выполняемых циклов перевозки грузов или ездки.

Циклом перевозки или ездки называется законченная операция доставки грузов, включающая такие элементы, как:

- 1) подача подвижного состава к месту погрузки;
- 2) погрузка или прицепка груженого прицепа (полуприцепа);
- 3) перемещение и выгрузка грузов или отцепка прицепа (полуприцепа).

Начальный элемент цикла перевозки грузов – подача порожнего подвижного состава к месту погрузки. Необходимость в подаче как самостоятельном элементе отпадает, если новый цикл начинается с погрузки, происходящей в том же месте, где осуществлялась разгрузка в предыдущем цикле перевозки. Заключительным элементом цикла перевозки является полная разгрузка кузова автомобиля, после которой начинается следующий цикл или автомобиль возвращается на место стоянки. Промежуточные заезды для частичной догрузки или разгрузки не прерывают цикла перевозки – каждый новый цикл начинается только с подачи порожнего подвижного состава под погрузку. Последовательность выполнения операций с грузами и транспортными средствами представлена на рисунке 3.1.

Таким образом, время одной ездки можно определить по формуле

$$t_e = t_{дв}^r + t_{дв}^{бг} + t_{пр} \quad (3.1)$$

где $t_{дв}^r$ – время движения транспортного средства с грузом;

$t_{дв}^{бг}$ – время движения транспортного средства без груза при подаче под погрузку;

$t_{пр}$ – время простоя транспортного средства при погрузке и разгрузке.

Во время движения условно включают простои, связанные с его регулированием (перед светофорами, на железнодорожных переездах и т.п.). Отношение пути, проходимого автомобилем (с грузом или без), ко времени движения является технической скоростью движения автомобиля V_T .

Операции с транспортными средствами

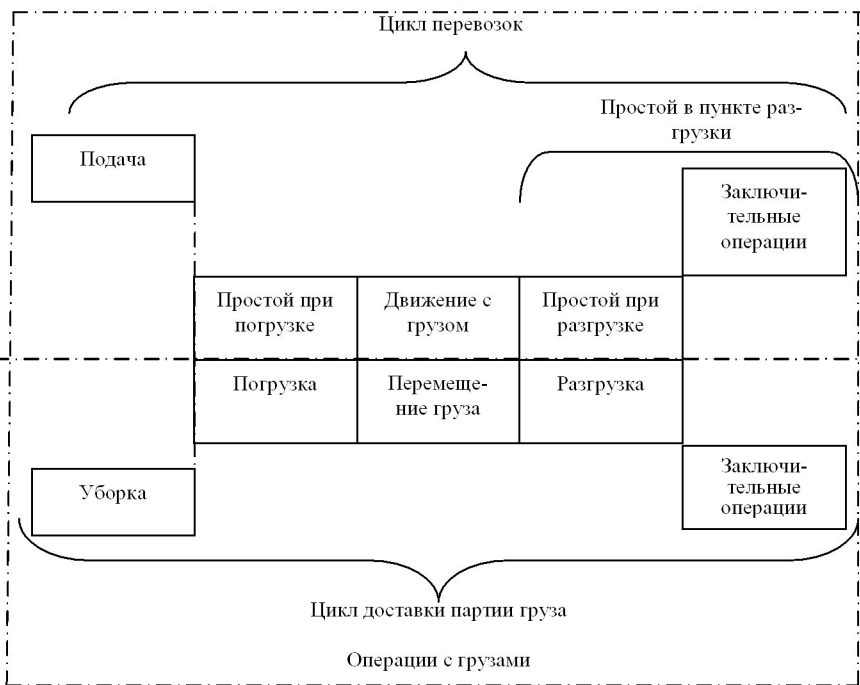


Рисунок 3.1 – Основные операции транспортного процесса

Следовательно, суммарное время движения автомобиля за езду

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{дв}}^{\Gamma} + t_{\text{дв}}^{\text{бр}} = \frac{L_{\text{е.г}} + L_{\text{х}}}{V_{\Gamma}}, \quad (3.2)$$

где $L_{\text{е.г}}$, $L_{\text{х}}$ – соответственно расстояние пробега автомобиля с грузом и без груза.

Эффективность использования пробега оценивается коэффициентом использования пробега, выражающим отношение пути, пройденного им с грузом, к общей протяженности пути, т.е.

$$v_{\text{е}} = \frac{L_{\text{е.г}}}{L_{\text{е.г}} + L_{\text{х}}}. \quad (3.3)$$

Общий порожний пробег автомобиля включает подачу подвижного состава к месту погрузки $L_{\text{х}}$ и нулевой пробег, который включает пробег от автотранспортного предприятия (АТП) к первому пункту погрузки на маршруте ($L_{\text{н1}}$) и пробег от последнего пункта выгрузки в АТП ($L_{\text{н2}}$). Весь нулевой пробег относится ко дню работы, а на одну езду можно условно отнести только его часть. Тогда

$$v = \frac{L_{\text{е.г}}}{L_{\text{е.г}} + L_{\text{х}} + L_{\text{е.н}}}, \quad (3.4)$$

где $L_{\text{е.н}}$ – часть нулевого пробега, приходящегося на одну езду.

Учитывая (3.2) и (3.3), выражение (3.1) можно записать в следующем виде:

$$t_{\text{е}} = \frac{L_{\text{е.г}}}{v_{\text{е}} V_{\Gamma}} + t_{\text{пр}}, \quad (3.5)$$

а с учетом нулевого пробега

$$t_{\text{е}} = \frac{L_{\text{е.г}}}{v V_{\Gamma}} + t_{\text{пр}}. \quad (3.6)$$

Количество груза, перевозимого за одну езду

$$P_{\text{е}} = q \Gamma_{\text{ст}}, \quad (3.7)$$

где q – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\Gamma_{\text{ст}}$ – статический коэффициент использования грузоподъемности, равный отношению количества погруженного в автомобиль груза к его грузоподъемности.

Часовая производительность транспортного средства при работе на маршруте, т, с учетом (3.5) и (3.7) определяется по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{е}}}{t_{\text{е}}} = \frac{q \Gamma_{\text{сг}}}{\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{е}} V_{\text{г}}} + t_{\text{пр}}} = \frac{q \Gamma_{\text{сг}} V_{\text{е}} V_{\text{г}}}{L_{\text{е.г}} + V_{\text{е}} V_{\text{г}} t_{\text{пр}}}. \quad (3.8)$$

За одну езду автомобиль выполняет транспортную работу

$$W_{\text{е}} = q \Gamma_{\text{д}} L_{\text{е.г}} = q \Gamma_{\text{сг}} L_{\text{г}}, \quad (3.9)$$

где $\Gamma_{\text{д}}$ – динамический коэффициент использования грузоподъемности, равный отношению количества выполненных тонно-километров к транспортной работе, которая могла бы быть выполнена при полном использовании грузоподъемности;

$L_{\text{г}}$ – среднее расстояние перевозки одной тонны груза, определяемое отношением выполненной транспортной работы к количеству перевезенного груза.

Часовая производительность транспортного средства при работе на маршруте, т·км, с учетом (3.8) и (3.9) определяется по формуле

$$W_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{е}}}{t_{\text{е}}} = \frac{q \Gamma_{\text{сг}} L_{\text{г}}}{\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{е}} V_{\text{г}}} + t_{\text{пр}}} = \frac{q \Gamma_{\text{д}} L_{\text{е.г}}}{\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{е}} V_{\text{г}}} + t_{\text{пр}}}. \quad (3.10)$$

Часовая производительность транспортного средства за время работы в наряде с учетом (3.6) определяется по формулам:

$$P_{\text{ч}}^{\text{н}} = \frac{q \Gamma_{\text{сг}} V_{\text{г}}}{L_{\text{е.г}} + V_{\text{г}} t_{\text{пр}}}; \quad W_{\text{ч}}^{\text{н}} = \frac{q \Gamma_{\text{сг}} L_{\text{г}}}{\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{г}}} + t_{\text{пр}}} = \frac{q \Gamma_{\text{д}} L_{\text{е.г}}}{\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{г}}} + t_{\text{пр}}}. \quad (3.11)$$

Таким образом, производительность транспортного средства зависит от грузоподъемности транспортного средства и степени ее использования, коэффициента использования пробега, технической скорости движения, расстояния езды с грузом, времени простоя транспортного средства под погрузкой и разгрузкой. Причем с увеличением $V_{\text{г}}$, $\Gamma_{\text{сг}}$, $\Gamma_{\text{д}}$, q , $V_{\text{е}}$ производительность как в тоннах, так и в тонно-километрах возрастает. Она также возрастает при уменьшении времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой. С увеличением расстояния перевозок выработка автомобиля в тоннах снижается, а в тонно-километрах возрастает.

3.2.2 Анализ влияния эксплуатационных факторов на производительность автотранспортного подвижного состава

Для того чтобы обосновать мероприятия по повышению эффективности использования транспортных средств нужно знать характер и степень влияния отдельных эксплуатационных факторов на результативные показатели – выработку автомобиля, себестоимость перевозок и др.

Методика анализа основывается на исследовании функциональных зависимостей соответствующих результативных величин от различных факторов. Эти зависимости чаще всего имеют линейный

$$y = a_x + b_x \cdot x$$

или дробно-линейный характер

$$y = \frac{a_x \cdot x + b_x}{x + c_x}.$$

В конкретных случаях постоянные коэффициенты a_x , b_x и c_x могут быть положительными, отрицательными или равными нулю величинами. Если задаваться значениями эксплуатационного фактора и определять соответствующие ему численные значения выработки автомобиля, то можно получить представление о влиянии этого фактора на производительность автомобиля. Однако количественные изменения производительности автомобиля зависят от коэффициентов a_x , b_x , c_x , значения которых определяются целым комплексом факторов. Каждому значению постоянных параметров a_x , b_x , c_x при изменении анализируемого фактора соответствует определенная кривая или прямая. Таким образом, зависимость производительности автомобиля от любого эксплуатационного фактора определяется семейством кривых.

Проанализировать взаимосвязанное влияние факторов на производительность путем рассмотрения семейства кривых весьма сложно. Для этих целей применяется метод определения относительных приращений. Сущность его заключается в том, что устанавливается процентное отклонение результативной величины под влиянием соответствующих изменений (также выраженных в процентах) исследуемого показателя. При этом используют следующую расчетную зависимость:

$$A_{x_1}^y = \frac{\frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100 \%}{\frac{x_1 - x_0}{x_0} \cdot 100 \%} = \frac{\Delta y}{y_0} \cdot \frac{x_0}{\Delta x}, \quad (3.12)$$

где $A_{x_1}^y$ – степень изменения результативной величины y при изменении показателя x на 1 %;

y_0, x_0 – начальные значения результативной величины и эксплуатационного показателя;

y_1, x_1 – конечные значения результативной величины и эксплуатационного показателя;

Δy – приращение результативной величины;

Δx – приращение эксплуатационного показателя.

Рассчитанное по формуле (3.12) значение показателя справедливо только для заданного конкретного значения x_1 . При изменении показателя от x_0 до x_2 результативная величина изменяется на $y_2 - y_0$, а процентное отношение принимает значение $A_{x_2}^y$ и т. д.

Пусть $\Delta x \rightarrow 0$. Тогда относительное изменение результативной величины определяется зависимостью

$$A_x^y = \frac{dy}{dx} \frac{x}{y}.$$

Соотношение A_x^y называется относительным изменением результативной величины y по показателю x . В математической статистике ему соответствует термин коэффициент эластичности.

Рассмотрим влияние отдельных эксплуатационных факторов на производительность автомобиля.

Производительность автомобиля линейно зависит от его грузоподъемности и коэффициента ее использования, т.е.

$$P_{\text{ч}} = \frac{V_{\text{т}} B}{L_{\text{е.г}} + V_{\text{т}} B t_{\text{пр}}} q \Gamma_{\text{ст}} = a_x x. \quad (3.13)$$

Коэффициент эластичности в этом случае

$$A_x^y = a_x \frac{x}{a_x x} = 1.$$

Это означает, что с увеличением фактической загрузки подвижного состава на 1 % его производительность также возрастает на 1 %. При этом предполагается, что остальные показатели не зависят от грузоподъемности автомобиля и ее использования. На практике же применение автомобилей

определенной грузоподъемности и различная их загрузка могут влиять на длительность простоя автомобиля под погрузкой за одну езду и его техническую скорость. Поэтому производительность автомобиля имеет более сложную зависимость от грузоподъемности и коэффициента ее использования.

Время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой определяется способом проведения погрузочно-разгрузочных работ. Если для автомобилей разной грузоподъемности используются одинаковые способ и организация погрузочно-разгрузочных работ, то затраты времени на их осуществление можно представить зависимостью

$$t_{\text{пр}} = a + v q \Gamma_{\text{СТ}}, \quad (3.14)$$

где $a = t_{\text{пз}}$ – затраты подготовительно-заключительного времени на дополнительные и вспомогательные операции (маневрирование автомобиля, оформление документов, увязка груза, открывание и закрывание бортов платформы и др.);

$v = t_{\text{т}}$ – затраты времени на погрузку и разгрузку 1 т груза.

Для этого случая зависимость часовой выработки автомобиля, t , по грузоподъемности описывается уравнением равнобочной гиперболы, т.е.

$$P_{\text{ч}} = \frac{a_{\text{qr}} q \Gamma_{\text{СТ}}}{q \Gamma_{\text{СТ}} + c_{\text{qr}}}, \quad (3.15)$$

$$\text{где } a_{\text{qr}} = \frac{1}{t_{\text{т}}}; c_{\text{qr}} = \frac{1}{t_{\text{т}}} \left(\frac{L_{\text{е.г}}}{V_{\text{т}} v} + t_{\text{пз}} \right)$$

Относительное изменение выработки автомобиля, t , по грузоподъемности

$$A_{\text{qr}}^P = \frac{dP_{\text{ч}}}{d(q\Gamma_{\text{СТ}})} \frac{q\Gamma_{\text{СТ}}}{P_{\text{ч}}} = \frac{1}{1 + \frac{c_{\text{qr}}}{q\Gamma_{\text{СТ}}}} = \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{т}} v t_{\text{т}}}{L_{\text{е.г}} + V_{\text{т}} v t_{\text{пз}}} q\Gamma_{\text{СТ}}}. \quad (3.16)$$

Отсюда следует, что процентное изменение выработки на 1 % изменения фактической загрузки автомобиля тем значительнее, чем больше расстояние перевозок $L_{\text{е.г}}$, а также подготовительно-заключительное время $t_{\text{пз}}$ и меньше затраты времени на погрузку и разгрузку 1 т груза $t_{\text{т}}$, коэффициент использования пробега β и техническая скорость $V_{\text{т}}$.

Зависимость производительности автомобиля от коэффициента использования пробега представляет собой равнобочную гиперболу. Коэффициент эластичности в этом случае

$$A_B^P = \frac{1}{1 + \frac{V_T t_{пр}}{L_{e,г}}} . \quad (3.17)$$

Это значит, что влияние изменения β на производительность автомобиля усиливается при увеличении расстояния $L_{e,г}$ и снижении технической скорости автомобиля V_T , а также времени его простоя при погрузке и разгрузке $t_{пр}$.

Влияние технической скорости на производительность автомобиля аналогично влиянию коэффициента использования пробега, так как коэффициент эластичности в этом случае определяется выражением (3.17). Изменение технической скорости влияет на производительность автомобиля тем значительнее, чем больше расстояние $L_{e,г}$ и меньше простои при погрузке и разгрузке $t_{пр}$, а также коэффициент использования пробега β .

Влияние времени простоя автомобиля при погрузке и разгрузке на производительность обратно пропорциональное. С увеличением $t_{пр}$ производительность автомобиля падает, асимптотически приближаясь к нулю. Относительное изменение производительности по времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой характеризуется коэффициентом эластичности, который определяется по формуле

$$A_{t_{пр}}^P = - \frac{1}{1 + \frac{L_{e,г} t_{пр}}{V_T B}} . \quad (3.18)$$

Из анализа выражения (3.18) следует, что влияние изменения $t_{пр}$ на производительность автомобиля тем больше, чем меньше расстояние $L_{e,г}$ и больше коэффициент использования пробега β и техническая скорость V_T .

Влияние расстояния перевозок на выработку автомобиля, т, аналогично влиянию времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой $t_{пр}$. На практике анализ влияния различных эксплуатационных факторов на производительность автомобиля осуществляется посредством построения характеристического графика, пример которого приведен на рисунке 3.2.

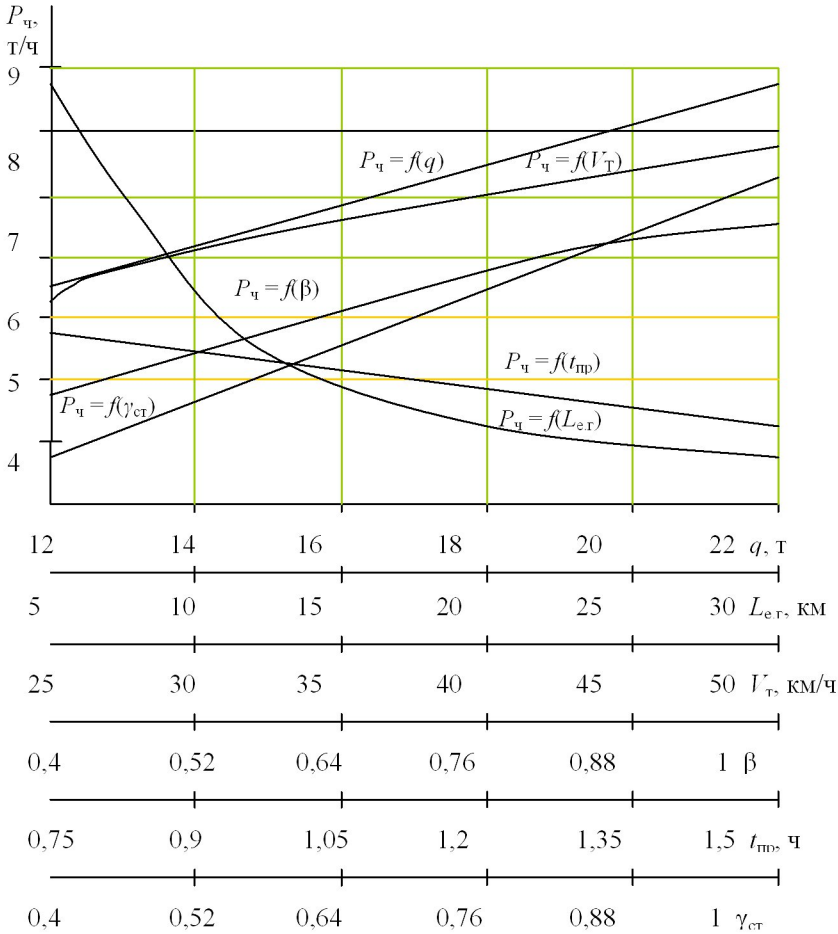


Рисунок 3.2 – Характеристический график зависимости производительности автомобиля от эксплуатационных факторов

Данный график строится на основе расчетов, сущность которых заключается в изменении одного из показателей в допустимых пределах и сохранении для остальных базовых (достигнутых) значений. С помощью характеристических графиков могут намечаться отдельные мероприятия по улучшению использования транспортных средств. Однако наиболее эффективное повышение производительности автомобиля достигается при проведении системы мероприятий, обеспечивающих улучшение использования подвижного состава.

3.3 Варианты заданий

3.3.1 Исходные данные

а) коэффициент использования пробега - β . Диапазон изменения величины принимать для всех вариантов в 0,5 ... 1,0;

б) грузоподъемность автотранспортного средства - g . Начальная величина этого параметра принимается равной грузоподъемности принятой по варианту согласно таблицы 3.1. Максимальную величину грузоподъемности принять в два раза больше базовой;

в) коэффициент использования грузоподъемности - $\gamma_{ст}$. Показатель коэффициента изменять в пределах 0,4... 1,0;

г) расстояние груженого пробега автомобиля за одну езду - $l_{г.е}$. Диапазон изменения расстояния принимать для всех вариантов от 10 до 30 км;

д) время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами - $t_{пр}$. Максимальную величину времени погрузки и разгрузки принимать в два раза большую базовой величины;

е) средняя техническая скорость $V_{т}$, км/ч. Начальная величина этого параметра принимается равной скорости принятой по варианту согласно таблицы 3.1. Максимальную величину скорости принять в два раза больше базовой.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Показатель	Значение показателей по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грузоподъемность автомобиля, т	1,5	3,0	4,0	8,0	10,0	12,0	6,0	18,0	4,0	8,0
Техническая скорость, км/ч	25	30	35	40	28	33	38	43	27	37
Коэффициент использования пробега	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72
Коэффициент использования грузоподъемности	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0
Расстояние груженого пробега автомобиля за одну езду, км	40	45	35	30	55	50	25	35	60	30
Время погрузки-выгрузки, ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6

Вариант исходных данных определяется последней цифрой номера зачетной книжки студента. При расчете производительности в зависимости от изменения конкретного показателя остальные параметры принимаются базовыми.

3.3.2 Требуется

- рассчитать среднечасовую выработку автомобиля в тоннах при базовых значениях показателей;
- выполнить исследование зависимости производительности автомобиля при изменении эксплуатационных параметров. Построить график зависимости производительности от этих параметров;
- выполнить анализ влияния эксплуатационных показателей на производительность автотранспортного средства;
- разработать рекомендации для увеличения производительности данного подвижного состава в эксплуатационных условиях.

3.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

Средняя техническая скорость – $V_T = 27$ км/ч, коэффициент использования пробега – $\beta = 0,55$, грузоподъемность автомобиля – $g = 10$ т, коэффициент использования грузоподъемности – $\gamma_{ст} = 0,74$, расстояние груженого пробега автомобиля за одну езду – $l_{г.е} = 22,4$ км, время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами – $t_{пр} = 0,9$.

Выполнение работы

Среднечасовая выработка автомобиля в тоннах рассчитывается по формуле 3.8 при базовых значениях

$$P_{ч}^н = \frac{10 \cdot 0,74 \cdot 0,55 \cdot 27}{22,4 + 0,55 \cdot 27 \cdot 0,9} = 3,07 \text{ т/ч.}$$

Изменяя базовое значение грузоподъемности рассчитываются параметры графика зависимости производительности от грузоподъемности. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(q)$

Грузоподъемность автомобиля, т	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Производительность, т/ч.	3,07	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1

Изменяя базовое значение коэффициента использования грузоподъемности рассчитываются параметры графика зависимости производительности от коэффициента использования грузоподъемности. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.3.

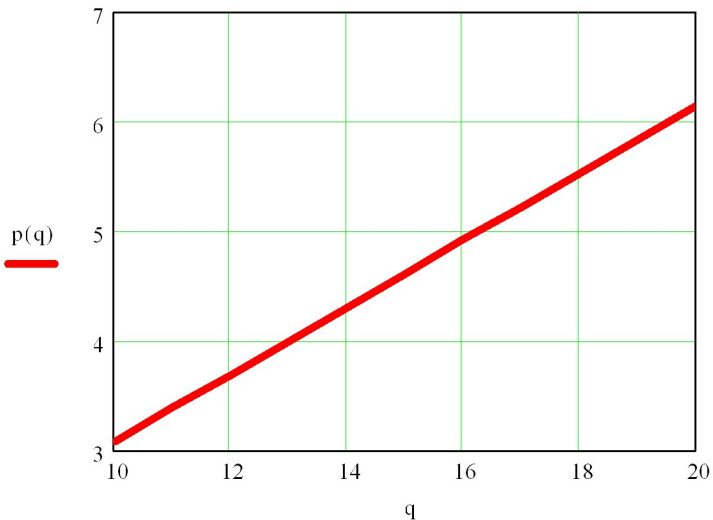


Рисунок 3.3 – График зависимости $P = f(q)$

Таблица 3.3 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(\gamma)$

Коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, γ	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Производительность т/ч	1,66	2,08	2,49	2,91	3,32	3,74	4,15

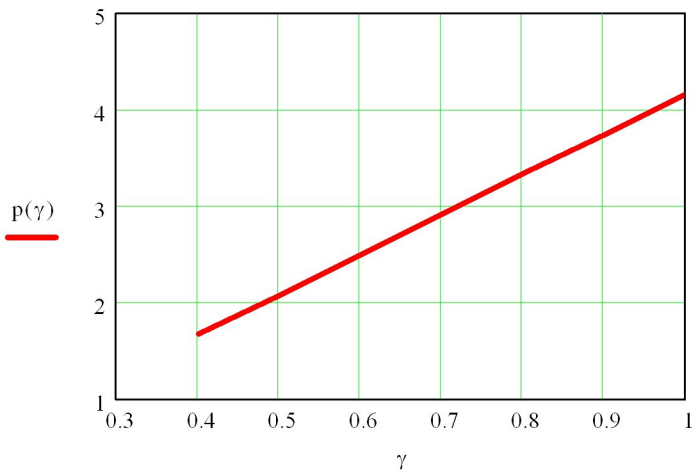


Рисунок 3.4 – График зависимости $P = f(\gamma)$

Изменяя базовое значение коэффициента использования пробега рассчитываются параметры графика зависимости производительности от коэффициента использования пробега. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(\beta)$

Коэффициент использования пробега	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Производительность, т/ч	1,66	2,08	2,49	2,91	3,32	3,74	4,15

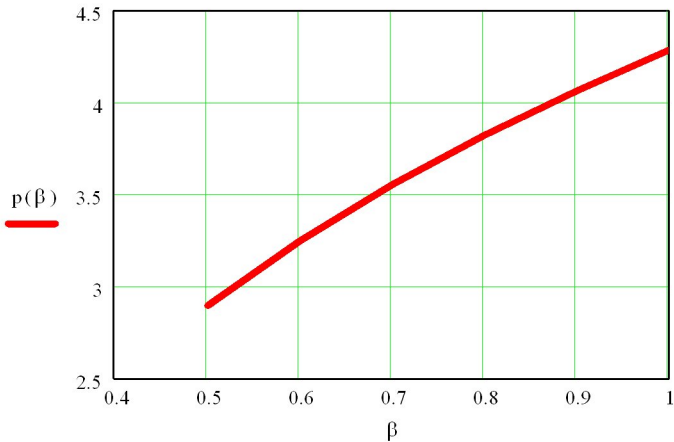


Рисунок 4.5 – График зависимости $P = f(\beta)$

Изменяя базовое значение технической скорости, рассчитываются параметры графика зависимости производительности от технической скорости. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(v)$

Техническая скорость, км/ч	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Производительность, т/ч	3,07	3,28	3,47	3,64	3,81	3,96	4,10	4,23	4,36	4,47

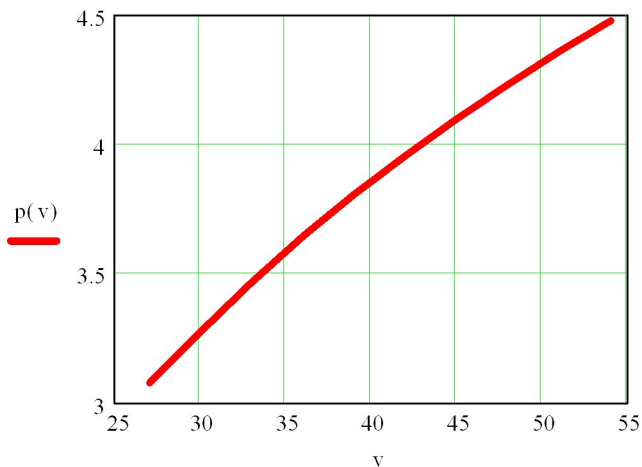


Рисунок 3.6 – График зависимости $P = f(v)$

Изменяя базовое значение времени погрузочных работ, рассчитываются параметры графика зависимости производительности от технической времени погрузочных работ. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(t_{\text{тп}})$

Время погрузки-выгрузки, ч	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Производительность, т/ч	3,07	2,95	2,84	2,73	2,64	2,54	2,46	2,38	2,31	2,24

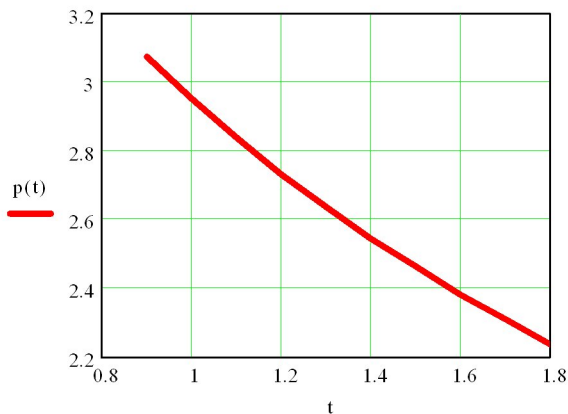


Рисунок 3.7 – График зависимости $P = f(t_{\text{тп}})$

Изменяя базовое значение расстояния груженой ездки, рассчитываются параметры графика зависимости производительности от расстояния груженой ездки. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(L_{ге})$

Расстояние груженого пробега за одну ездку, км	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Производительность т/ч.	4,70	4,33	4,02	3,74	3,50	3,29	3,11	2,94	2,79	2,66

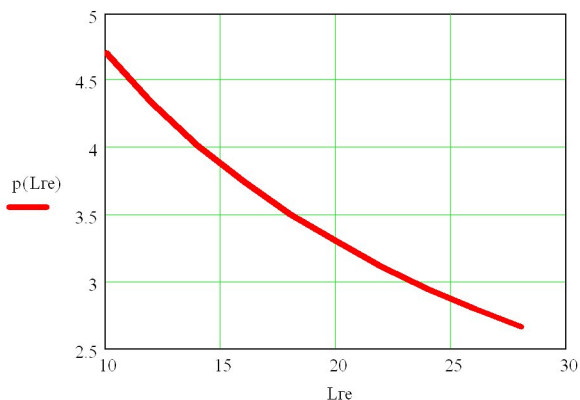


Рисунок 3.8 – График зависимости $P = f(L_{ге})$

Анализируя графики зависимости производительности от грузоподъемности автомобиля (рисунок 3.3) и коэффициента ее использования (рисунок 3.4), можно сделать вывод о том, что производительность прямо пропорциональна увеличению грузоподъемности и коэффициента ее использования. Для увеличения производительности необходимо применить ряд мероприятий направленных на повышение использования грузоподъемности грузового автомобильного транспортного средства. Для насыпных и навалочных грузов это наращивание бортов автомобиля, для тарноштучных – пакетирование и рациональное размещение в кузове грузового автомобиля.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на производительность автотранспортных средств?
2. Поясните характеристический график производительности автомобиля.
3. Какая зависимость производительности автомобиля от технической скорости и времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой?
4. Какая зависимость производительности автомобиля от длины ездки с грузом и коэффициента использования пробега?

ВЫБОР АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ЗАДАННЫМИ ПОГРУЗОЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ

4.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по определению грузоподъемности автомобильного транспортного средства для работы с заданными погрузочными средствами исходя из минимума затрат на перемещение и разработку груза

4.2 Методика выполнения работы

4.2.1 Критерии и общие принципы выбора подвижного состава

Перевозка грузов осуществляется с применением транспортно-технологических схем. При их обосновании одним из важнейших вопросов является выбор подвижного состава. Решение этого вопроса тесно связано с технологией подготовки и перемещения, потребления и пакования груза, применяемым транспортным оборудованием, способами и средствами выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ.

Подвижной состав, выбранный для перевозки грузов, должен обеспечивать минимальные суммарные издержки на перемещение и хранение грузов по всей грузопроводящей цепи.

На выбор подвижного состава влияет множество факторов. Среди них необходимо выделить:

- 1) объем и расстояние перевозок;
- 2) условия и методы организации перевозок;
- 3) размер отправок;
- 4) род груза и его цена;
- 5) средства и способы производства погрузочно-разгрузочных работ;
- 6) дорожные и климатические условия.

Для того чтобы установить марку и модель автотранспортного средства, используемого для перевозки груза, необходимо определить:

- 1) тип кузова;
- 2) грузоподъемность;
- 3) состав;
- 4) осевые нагрузки;
- 5) тип двигателя.

Общая схема выбора эффективных автомобильных транспортных средств приведена на рисунке 4.1.

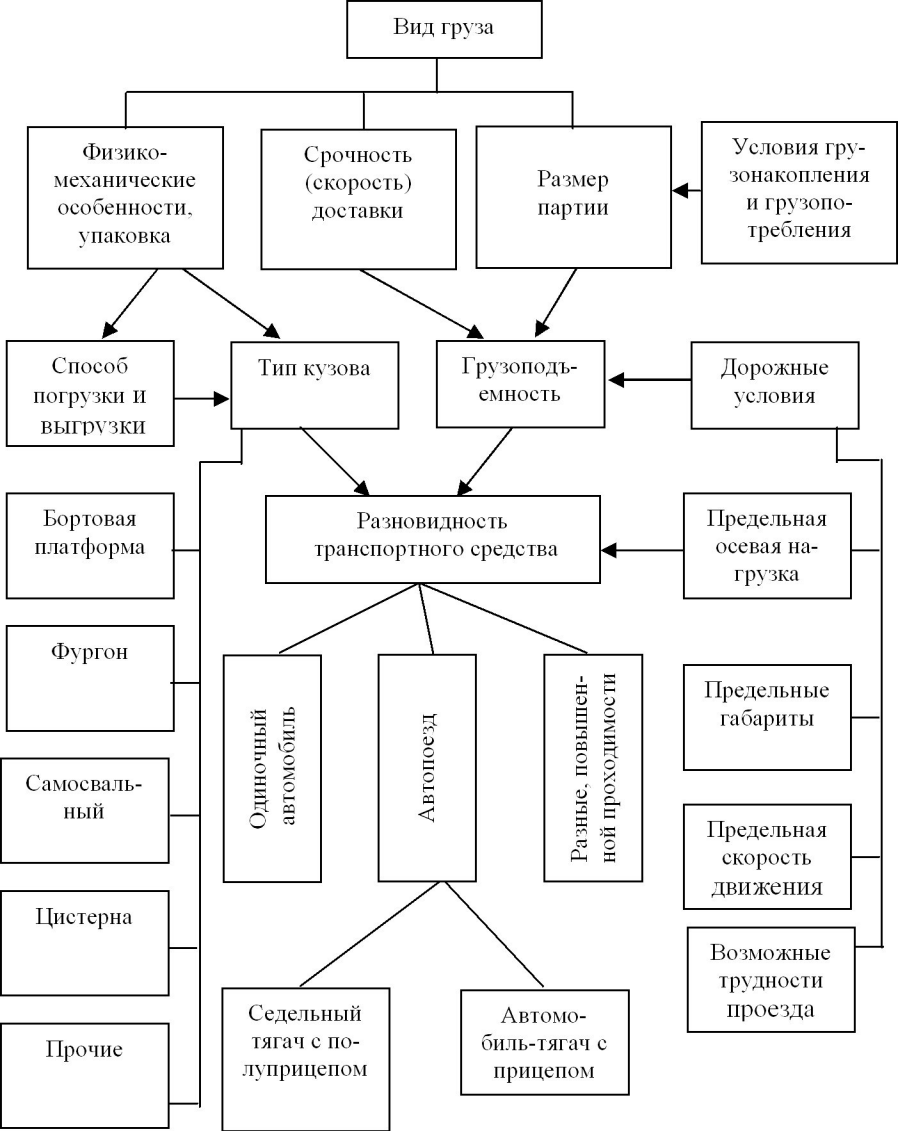


Рисунок 4.1 – Общая схема выбора эффективных транспортных средств

Тип кузова применяемого автотранспортного средства определяется в зависимости от рода и характера перевозимого груза, климатических усло-

вий и достигаемой грузопместимости. В случае если имеется возможность использования нескольких типов кузова, то принимаемый должен обеспечивать наиболее высокую эффективность перевозки груза.

Грузоподъемность автотранспортных средств выбирается в зависимости от размера партии груза, срочности его доставки и дорожных условий. Подвижной состав большой грузоподъемности обладает высокой производительностью при условии полного использования грузопместимости. Поэтому во всех случаях целесообразно использование подвижного состава максимально возможной грузоподъемности, допускаемой в данных условиях эксплуатации. При этом необходимо оборудовать погрузочно-разгрузочные пункты механизмами соответствующей производительности. Принятая грузоподъемность должна обеспечивать значение показателя эффективности перевозок, наиболее близкое к экстремальному.

Перевозки грузов могут осуществляться одиночными автомобилями или автопоездами. Автопоездом называется автомобиль с одним или более прицепами, а также седельный тягач с полуприцепом. Принимаемый состав автотранспортного средства должен обеспечивать максимум эффективности перемещения груза при условии выполнения ограничений, а именно: возможности перевозки длинномерных и неделимых грузов, организации работы с оборотными полуприцепами и др.

При выборе подвижного состава пользуются комплексными измерителями эффективности перевозки грузов и частичными. К комплексным показателям относятся:

- 1) производительность транспортных средств;
- 2) транспортные издержки;
- 3) себестоимость перевозок;
- 4) прибыль;
- 5) энергоемкость перевозок (удельный расход топлива).

Рациональный подвижной состав, применяемый для перевозки грузов, должен обеспечивать максимальную производительность при минимальных значениях стоимостных показателей и энергоемкости перевозок. В основу выбора подвижного состава могут быть включены отдельные эксплуатационные качества, например, грузопместимость, проходимость и др. Тягачи для перевозки тяжеловесных грузов выбираются исходя из требуемых тягово-скоростных и динамических свойств автопоездов.

Для автомобиля-самосвала выбор оптимальной грузоподъемности для работы с заданными погрузочно-разгрузочными средствами (экскаваторами) производим по удельным затратам (себестоимости) на разработку и перевозку груза. При этом не имеет смысла учитывать материальные средства в обороте.

Общая себестоимость разработки и перевозки 1 т груза

$$S_c = S_a + S_{p-п}/c, \quad (4.1)$$

где S_a – себестоимость транспортирования и разгрузки 1 т груза, руб./т;

$S_{p-п}$ – себестоимость погрузо-разгрузочных работ, руб./м³;

ρ – объемная масса груза, т/м³.

Исходя из формулы, определяющей себестоимость перевозок грузов

$$S_c = \frac{1}{q\Gamma_{ст}} \left(S_{пер} \frac{L_{е.г}}{B} + S_{пост} \frac{L_{е.г}}{B V_{т}} + S_{пост} t_{пр} \right) + \frac{S_{p-п}}{c}. \quad (4.2)$$

где

q – грузоподъемность автомобиля, т;

γ_c – статический коэффициент использования грузоподъемности;

$l_{ег}$ – средняя длина ездки с грузом, км;

β – коэффициент использования пробега;

$V_{т}$ – техническая скорость движения автомобиля;

$S_{пост}$, $S_{пер}$ – соответственно удельные постоянные и переменные расходы, руб/ч и руб/км;

$t_{пр}$ – время на погрузочно-разгрузочные операции, ч.

Значения $S_{пост}$ и $S_{пер}$ рассчитываются по следующим формулам:

$$S_{пост} = a_{пост} + b_{пост} \cdot q \cdot \Gamma_c, \quad (4.3)$$

$$S_{пер} = a_{пер} + b_{пер} \cdot q \cdot \Gamma_c, \quad (4.4)$$

где $a_{пост}$, $b_{пост}$ – соответственно составляющая постоянных расходов на 1 ч работы, независимая и зависимая от грузоподъемности автомобиля, руб/ч и руб/т·ч;

$a_{пер}$, $b_{пер}$ – соответственно составляющая переменных расходов на 1 км пробега, независимая и зависимая от грузоподъемности автомобиля руб/км и руб/т·км;

Затраты на разработку и погрузку грузов:

$$S_{p-п} = \frac{a_{p-п} + b_{p-п}}{q\Gamma_{ст}}, \quad (4.5)$$

где $a_{p-п}$, $b_{p-п}$ – параметры, определяющие удельные затраты на разработку и погрузку, руб/м³ и руб·т/м³.

Время простоя автомобильного средства под погрузкой определяем исходя из его фактической грузоподъемности и производительности погрузочного средства (экскаватора)

$$t_{п} = q\Gamma_{ст}/W_э = q\Gamma_{ст}/(V_э c), \quad (4.6)$$

где W_3, V_3 – производительность экскаватора, т и м^3 соответственно.

Таким образом, общая себестоимость разработки и перевозки 1 т груза определится из следующего развернутого выражения

$$S_c = \frac{1}{q\Gamma_{\text{CT}}} \left(\frac{a_{\text{пер}}L_{\text{е.г}}}{\beta} + \frac{a_{\text{пост}}L_{\text{е.г}}}{\beta V_{\text{T}}} + a_{\text{пост}}t_{\text{р}} + \frac{b_{\text{р-п}}}{c} \right) + \frac{q\Gamma_{\text{с}}b_{\text{пост}}}{V_3c} + \frac{b_{\text{пер}}L_{\text{е.г}}}{\beta} + \frac{b_{\text{пост}}L_{\text{е.г}}}{\beta V_{\text{T}}} + \frac{a_{\text{пост}}}{V_3c} + b_{\text{пост}}t_{\text{р}} + \frac{a_{\text{р-п}}}{c}, \quad (4.7)$$

где $t_{\text{р}}$ – затраты времени на разгрузку автомобиля-самосвала.

После дифференцирования функции (4.7) по q , оптимальная грузоподъемность автомобилей-самосвалов определяется из выражения

$$q_{\text{опт}} = \frac{1}{\Gamma_{\text{CT}}} \sqrt{V_3c \left(\frac{L_{\text{е.г}}}{\beta} \left(a_{\text{пер}} + \frac{a_{\text{пост}}}{V_{\text{T}}} \right) + a_{\text{пост}}t_{\text{р}} + \frac{b_{\text{р-п}}}{c} \right)}. \quad (4.8)$$

Анализ данного выражения показывает, что с увеличением производительности погрузочно-разгрузочных механизмов V_3 , расстояния перевозки грузов $L_{\text{е.г}}$, уменьшением коэффициента использования пробега β и технической скорости V_{T} и коэффициента использования грузоподъемности Γ_{CT} оптимальная грузоподъемность автомобилей-самосвалов увеличивается.

4.3 Варианты задания

4.3.1 Исходные данные

а) средняя длина ездки с грузом $l_{\text{ег}}$ (таблица. 4.1). Вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки студента;

б) часовая производительность экскаватора W_3 (таблица. 4.1). Вариант принимается по последней цифре суммы двух последних цифр номера зачетной книжки студента, емкость ковша экскаватора – $0,5\text{м}^3$;

в) коэффициент использования пробега $\beta = 0,50$;

г) средняя техническая скорость автомобиля-самосвала V_{T} (25км/ч принимают студенты с четным номером зачетной книжки, – 30 км/ч – с нечетным);

д) время разгрузки автомобиля-самосвала $t_{\text{р}}=3,0$ мин;

е) класс перевозимого груза – первый;

ж) объемная масса груза – $2,4\text{т/м}^3$;

з) допускаемые осевые нагрузки на дорожное покрытие от одиночной оси автомобильного транспортного средства (таблица 4.1). Вариант прини-

мается по последней цифре номера зачетной книжки студента;

и) составляющие постоянных расходов на 1ч работы независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{\text{пост}} = 12907,7$ руб/ч, $b_{\text{пост}} = 102,9$ руб/т·ч, [17];

к) составляющая переменных расходов на 1км пробега независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{\text{пер}} = 369,65$ руб/км, $b_{\text{пер}} = 27,97$ руб/т·км, [17];

л) составляющие затраты на погрузку 1м^3 груза, зависимые и независимые от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{\text{р-п}} = 3000$ руб/м³, $b_{\text{р-п}} = 250$ руб·т/м³, [17].

Таблица 4.1 – Исходные данные

Показатель	Значение показателей по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средняя длина ездки с грузом, км	5	4	6	7	4	8	6	9	5	7
Часовая производительность экскаватора	20	23	25	27	18	15	23	30	35	33
Допускаемые осевые нагрузки	10	12	8	6	12	10	8	6	6	8

4.3.2 Требуется

а) построить график зависимости $S_c=f(q)$ и определить оптимальную грузоподъемность автомобильного транспортного средства;

б) рассчитать оптимальную грузоподъемность автомобильного транспортного средства аналитически;

в) подобрать из серийно выпускаемых автомобилей-самосвалов и самосвальных автомобильных поездов тип и марку транспортного средства по принятым ограничениям.

4.4 Пример выполнения задания

Исходные данные

Для погрузки навалочных грузов принимается универсальный одноковшовый пневмоколесный погрузчик с фронтальной разгрузкой ТО-15, производительность которого составляет $V_{\text{прм}} = 30$ м³/ч. Время разгрузки самосвала принимается $t_p = 3$ мин = 0,05 ч. Составляющие постоянных, переменных расходов на транспортировку и параметров, определяющих

удельные затраты на разработку и погрузку грузов, на практике определяются для каждой группы автомобилей или для АТП в целом. Для выполнения данной работы принимаются значения вышеперечисленных параметров согласно варианту: $a_{\text{пост}} = 12907,7$ руб/ч, $b_{\text{пост}} = 102,9$ руб/т·ч, $a_{\text{пер}} = 369,65$ руб/км, $b_{\text{пер}} = 27,97$ руб/т·км, $a_{\text{р-п}} = 3000$ руб/м³, $b_{\text{р-п}} = 250$ руб·т/м³.

Выполнение работы

Общая себестоимость разработки и перевозки одной тонны груза определяется по формуле 4.7

$$S_c = \frac{1}{2 \cdot 0,74} \left(\frac{369,65 \cdot 4}{0,5} + \frac{12907,7 \cdot 4}{0,5 \cdot 30} + 12907,7 \cdot 0,05 + \frac{250}{2,4} \right) + \frac{2 \cdot 0,74 \cdot 102,9}{30 \cdot 2,4} + \frac{27,97 \cdot 4}{0,5} + \frac{102,9 \cdot 4}{0,5 \cdot 30} + \frac{12907,7}{30 \cdot 2,4} + 102,9 \cdot 0,05 + \frac{3000}{2,4} = 6549 \text{ руб.}$$

Далее на основании полученной зависимости рассчитываются параметры графика зависимости $S_c=f(q)$ (рисунок 4.2) и результаты заносятся в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Параметры графика зависимости $S_c=f(q)$

Параметр	Значения							
$q, \text{т}$	2	4	8	12	14	16	20	30
S_c	6549	4843	4079	3758	3650	3650	3758	3865

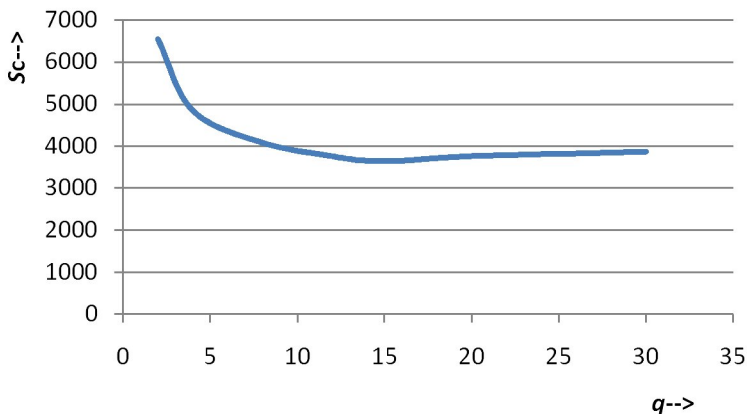


Рисунок 4.2 – График зависимости $S_c=f(q)$

Оптимальная грузоподъемность автомобиля, работающего на маршруте M_1 определяется по формуле (4.8):

$$q_{\text{опт}} = \frac{1}{1} \sqrt{\frac{2,3 \cdot 2,4}{102,9} \left(\frac{4}{0,5} \left(369,65 + \frac{12907,7}{30} \right) + 12907,7 \cdot 0,05 + \frac{250}{2,4} \right)} = 18,9 \text{ т.}$$

Исходя из оптимальной грузоподъемности выбирается автомобиль МАЗ-650108, грузоподъемность которого 20 т, технические характеристики автомобиля приведены на рисунке 4.3 и в таблице 4.3.



Рисунок 4.3 – Габаритные размеры автомобиля-самосвала

Таблица 4.3 – Технические характеристики автомобиля-самосвала

Параметр	Значение
Колёсная формула	6x4
Допустимая полная масса автопоезда, кг	60500
Допустимая полная масса автомобиля, кг	33500
Распределение полной массы на переднюю ось, кг	7500
Распределение полной массы на заднюю ось, кг	26000
Масса снаряжённого автомобиля, кг	13350
Допустимая грузоподъёмность автомобиля, кг	20000
Объём платформы, м ³	11
Двигатель	ЯМЗ-7511.10 (Евро-2)
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	294 (400)
Максимальная скорость, км/ч	92
Топливный бак, л	300
Размер шин	12,00 R20
Основной применяемый прицеп	МАЗ-856100

Контрольные вопросы

1. Какая связь существует между удельными переменными расходами и грузоподъемностью автотранспортного средства?
2. Как влияют на оптимальную грузоподъемность автомобиля отдельные технико-эксплуатационные показатели?
3. Записать зависимость, определяющую время простоя под погрузкой через параметры автомобиля и экскаватора?
4. Перечислить возможные ограничения, которые необходимо учитывать при выборе самосвального автомобильного средства для работы с заданным погрузочным средством.

ВЫБОР ТИПА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

9.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по выбору типа автомобильного транспортного средства по экономическим показателям

9.2 Методика выполнения работы

Экономические показатели являются критериями для обоснования типа подвижного состава, его грузоподъемности, конкретной марки и модели.

При этом следует исходить из требования обеспечения минимума издержек, прямо или косвенно связанных с доставкой грузов, и учитывать себестоимость перевозки с включением затрат на погрузочные и разгрузочные работы, транспортно-экспедиционные операции и дорожную составляющую; возможные количественные и качественные потери грузов в процессе доставки; размер материальных средств, находящихся в обороте, и издержки, связанные с хранением грузов, складские расходы при подготовке грузов к перевозке и потреблению; затраты, связанные с использованием вспомогательных средств, обеспечивающих транспортный процесс (контейнеры, поддоны, многооборотная тара и т.п.); капиталовложения в подвижной состав, погрузочно-разгрузочные средства, гаражи, складское хозяйство и пр. Если отдельные составляющие удельных издержек в данных эксплуатационных условиях равны, то они могут не учитываться.

При выборе подвижного состава по экономическим показателям следует сравнить автотранспортные средства и выполнить расчет абсолютных значений удельных издержек или использовать графоаналитический метод ускоренного качественного сравнения.

Так, для сравнения автомобильных транспортных средств в зависимости от длины ездки с грузом $L_{ег}$ необходимо найти «равноценное» значение $L_{ег,р}^s$, при котором себестоимости 1 т·км при перевозках первым и вторым автомобилями равны. Из равенства следует

$$L_{ег,р}^s = \frac{C_{пост2} \Phi_{пр2} - C_{пост1} \Phi_{пр1}}{\frac{1}{C_1} \left(C_{пер1} + \frac{C_{пост1}}{V_{т1}} \right) - \frac{1}{C_2} \left(C_{пер2} + \frac{C_{пост2}}{V_{т2}} \right)}, \quad (9.1)$$

где C – транспортная работа за 1 км общего пробега, $C=q \Gamma_{дв}$, т·км/км;

$C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{V_{\Gamma}}$ – расходы на движение, приходящиеся на 1 км общего

пробега, руб./км;

$S'_{\text{пост}} \Phi_{\text{пр}}$ – постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой, руб./т.

Положительное конечное $L_{\text{е.г.р}}^s$ существует, если у одного из сравниваемых автомобилей сочетаются большие постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой $S'_{\text{пост}} \Phi_{\text{пр}}$ и меньшие удельные постоянные и переменные расходы на движение

$$\frac{1}{C} \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пост}}}{V_{\Gamma}} \right). \quad (9.2)$$

При $L_{\text{е.г.}} < L_{\text{е.г.р}}^s$ более эффективным является тот автомобиль, у которого больше удельные постоянные и переменные расходы, связанные с движением (руб./т·км), и меньше постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой.

После «равноценного» значения длины ездки с грузом эффективнее применение другого из сравниваемых автомобилей.

При сравнении бортового автомобиля с автомобилем-самосвалом (самопогрузчиком на его базе) себестоимость перевозок должна включать затраты на погрузочно-разгрузочные работы.

Затраты на перевозку и погрузочно-разгрузочные работы при использовании универсальных автомобилей, приходящиеся на 1 т груза,

$$S_{\Gamma} = \frac{1}{q\Gamma_{\text{ст}}} \left(\frac{C_{\text{пост}} L_{\text{е.г.}}}{V_{\Gamma \text{В}}} + C_{\text{пост}} t_{\text{пр}} + C_{\text{пер}} \frac{L_{\text{е.г.}}}{\text{В}} + q\Gamma_{\text{ст}} S_{\text{пр}} \right), \quad (9.3)$$

где $S_{\text{пр}}$ – расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза, руб.

Для автомобиля-самосвала (самопогрузчика) при работе в тех же условиях $L_{\text{е.г.}}$, В , $\Gamma_{\text{ст}}$, V_{Γ} будут примерно такими же, как и для бортового автомобиля того же класса грузоподъемности приблизительно равны $S_{\text{пер}}$ и $S_{\text{пост}}$. Некоторое увеличение затрат на техническое обслуживание и ремонт механизмов специализированного автомобиля и на приведение их в действие должно быть отнесено на расходы по погрузке-разгрузке. Тогда себе-

стоимости перевозки одной тонны груза на автомобиле-самосвале (самопогрузчике)

$$S_{т.с} = \frac{1}{(q - Dq) \Gamma_c} \left(\frac{C_{\text{пост}} L_{e.г}}{V_{т.в}} + C_{\text{пост}} (t_{\text{пр}} - Dt) + C_{\text{пер}} \frac{L_{e.г}}{V} + (q - Dq) \Gamma_c (S_{\text{пр}} - DS) \right), \quad (9.4)$$

где Dq – масса механизмов, на которую уменьшается грузоподъемность автомобиля-самосвала (самопогрузчика) по сравнению с бортовым, т;

Dt – время сокращения простоя специализированного автомобиля под погрузкой-разгрузкой, ч;

DS – разница в расходах на погрузку и разгрузку при перевозке на бортовом автомобиле и автомобиле-самосвале (самопогрузчике), руб./т.

После преобразования получим

$$L_{e.г.р}^s = \frac{V_{т.в} (qq_c \Gamma_c DS + C_{\text{пост}} (qDt - t_{\text{пр}} Dq))}{Dq (C_{\text{пер}} V_{т.в} + C_{\text{пост}})}, \quad (9.5)$$

где q_c – грузоподъемность автомобиля-самосвала (самопогрузчика).

Значение $L_{e.г.р}^s$ возрастает с увеличением $DS, Dt, V_{т.в}$ и с уменьшением Dq . На расстояниях, которые меньше $L_{e.г.р}^s$, эффективнее использовать автомобили-самосвалы (самопогрузчики), а которые больше $L_{e.г.р}^s$ – бортовые автомобили.

При сравнении экономичности работы автопоезда и одиночного автомобиля в различных эксплуатационных условиях может быть также определена «равноценная» длина ездки с грузом по себестоимости перевозок. Полагая Γ и V равными для одиночного автомобиля и автомобильного поезда, получим

$$L_{e.г.р}^s = \frac{V (C_{\text{пост.п}} \Phi_{\text{пр}} - C_{\text{пост.п}} \Phi_{\text{пр.п}})}{\left(\frac{C_{\text{пост.п}}}{V_{т.п}} + C_{\text{пер.п}} \right) \frac{1}{q_{\text{п}}} - \left(\frac{C_{\text{пост}}}{V_{т}} + C_{\text{пер}} \right) \frac{1}{q}}. \quad (9.6)$$

Числитель данной формулы характеризует разницу в расходах за время простоя подвижного состава при погрузке и разгрузке на 1 т груза, знамена-

тель – за период движения. В целом знаменатель выражает разность расходов на движение при эксплуатации автомобиля и автопоезда, отнесенных к 1 т·км.

Если постоянные расходы, приходящиеся на время погрузки-разгрузки 1 т груза, у автопоезда меньше, чем у автомобиля, то числитель имеет положительный знак. В случае не использования преимуществ автопоезда в части сокращения τ или больших постоянных расходах числитель может принять отрицательное значение.

Если числитель и знаменатель имеют один и тот же знак, т.е. преимущество одного из сравниваемых видов подвижного состава по стоимости простоя при погрузочно-разгрузочных работах сочетается с преимуществом другого по стоимости транспортирования груза, равноценная длина ездки с грузом имеет реальное значение. В противном случае, если преимущество относится к одному виду подвижного состава по стоимости транспортирования и простоя при погрузке-разгрузке, равноценная длина ездки с грузом принимает отрицательный знак, т.е. не имеет реального значения.

При равенстве затрат на погрузку-разгрузку или перевозку груза соответственно числитель или знаменатель формулы обращается в ноль. В этих случаях $L_{e.g.p}^s = 0$ или ∞ .

9.3 Варианты задания

9.3.1 Исходные данные

- а) марки автомобилей (таблица 9.1);
- б) грузоподъемность бортового автомобиля, автомобиля-самосвала и тягача с прицепом (полуприцепом) (приложение Б);
- в) коэффициент использования грузоподъемности – $\gamma_{ст}$ (таблица 3.1);
- г) время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами – $t_{пр}$ (таблица 3.1);
- д) коэффициент использования пробега β , (таблица 3.1);
- е) составляющие постоянных расходов на 1ч работы независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{пост} = 12907,7$ руб/ч, $b_{пост} = 102,9$ руб/т·ч;
- ж) составляющая переменных расходов на 1км пробега независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{пер} = 369,65$ руб/км, $b_{пер} = 27,97$ руб/т·км;
- и) расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза при перевозке на бортовом автомобиле $S_{пр}^b = 3000$ руб/т и автомобиле-самосвале $S_{пр}^c = 250$ руб/т.

Таблица 9.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	Марка-модель автомобиля			V_T , км/ч.	$L_{ге}$, км
	Бортовой	Самосвал	Тягач		
1	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	25	10
2	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	26	11
3	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	27	14
4	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	28	12
5	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	29	9
6	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	42	15
7	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	28	16
8	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	44	12
9	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	37	17
10	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	38	8
11	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	39	7
12	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	26	6
13	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	27	11
14	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	28	10
15	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	29	16
16	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	30	10
17	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	31	11
18	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	20	14
19	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	21	12
20	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	22	8
21	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	35	7
22	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	23	6
23	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	24	11
24	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	25	15
25	МАЗ-5335	МАЗ-5549	ЗИЛ-130В1	36	16
26	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	МАЗ-5429	40	12
27	ГАЗ-5307	САЗ-3502	МАЗ-5429	41	7
28	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	ЗИЛ-130В1	32	6
29	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	33	11
30	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	34	10

9.3.2 Требуется

- а) рассчитать себестоимость перевозки 1 т груза бортовым автомобилем;
- б) рассчитать себестоимость перевозки 1 т груза автомобилем-самосвалом;
- в) построить график зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза;
- г) по графику определить величину расстояния, при котором себестоимость перевозки 1 т груза обоими транспортными средствами одинаковая;
- д) рассчитать величину равноценного расстояния аналитически и сравнить результат с величиной полученной графически.

9.4 Пример выполнения

Исходные данные:

Бортовой автомобиль ГАЗ-5307 грузоподъемностью 4,0 т, автомобиль-самосвал САЗ-3502 грузоподъемностью 3,2 т, техническая скорость $v_T = 25$ км/ч, расстояние груженого пробега 10 км, коэффициент использования грузоподъемности – $\gamma_{ст} = 0,74$, время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами – $t_{пр} = 0,5(0,3)$, коэффициент использования пробега $\beta = 0,5$, составляющие постоянных расходов на 1ч работы независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{пост} = 12907,7$ руб/ч, $b_{пост} = 102,9$ руб/т·ч; составляющая переменных расходов на 1км пробега независимые и зависимые от грузоподъемности автомобильного средства $a_{пер} = 369,67$ руб/км, $b_{пер} = 27,97$ руб/т·км; расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза при перевозке на бортовом автомобиле $S_{пр}^b = 300$ руб/т и автомобиле-самосвале $S_{пр}^c = 150$ руб/т.

Выполнение работы

Себестоимость перевозки 1 т груза бортовым автомобилем.

Значения $C_{пост}$ и $C_{пер}$ рассчитываются по формулам 4.3 и 4.4

$$C_{пер} = 369,67 + 27,97 \cdot 4 \cdot 0,74 = 452,46,$$

$$C_{пост} = 12907,7 + 102,9 \cdot 4 \cdot 0,74 = 13212,28,$$

$$S_T = \frac{1}{4 \cdot 0,74} \left(\frac{13212,28 \cdot 10}{25 \cdot 0,5} + 13212,28 \cdot 0,5 + 452,46 \frac{10}{0,5} + 4 \cdot 0,74 \cdot 300 \right) = 8945 \text{ руб}$$

Себестоимость перевозки 1 т груза автомобилем-самосвалом

$$S_{\text{тс}} = \frac{1}{3,2 \cdot 0,74} \left(\frac{13212,28 \cdot 10}{25 \cdot 0,5} + 13212,28 \cdot 0,3 + 452,46 \frac{10}{0,5} + 3,2 \cdot 0,74 \cdot 150 \right) = 10053,9 \text{ руб}$$

Построим график зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза.

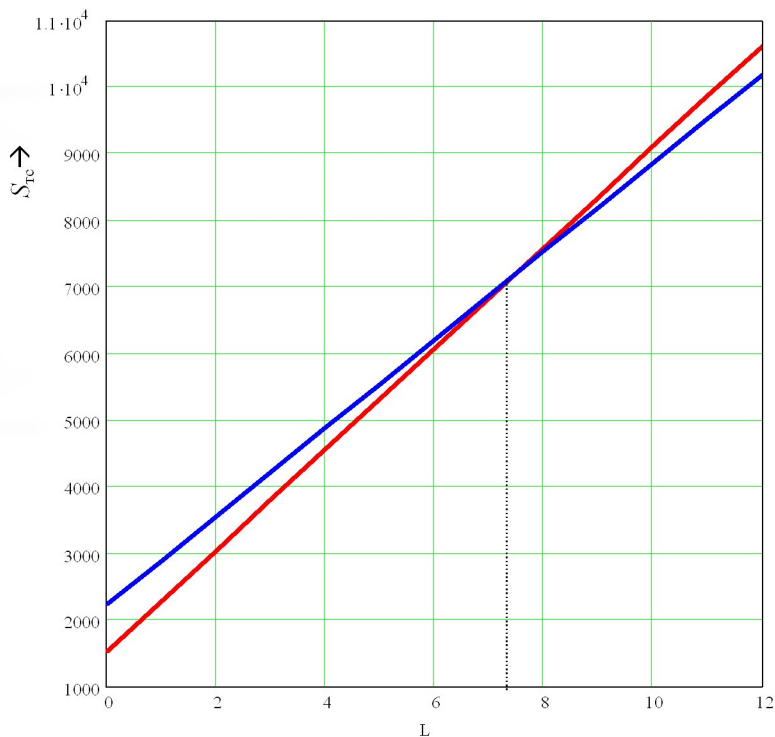


Рисунок 9.1 – График зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза

Рассчитаем величину равноценного расстояния аналитически

$$L_{\text{е.р.}}^s = \frac{25 \cdot 0,5(4 \cdot 3,5 \cdot 0,74 \cdot 0,05 + 13212,28(4 \cdot 0,2 - 0,5 \cdot 0,5))}{0,5(452,46 \cdot 25 + 13212,28)} = 7,41 \text{ км}$$

Контрольные вопросы

1. Каким образом определяется сфера наивыгоднейшего применения автотранспортных средств?
2. Напишите аналитическую формулу для расчета «равноценной» длины ездки с грузом по экономическим показателям для сравнения бортового автомобиля и самосвала на его базе.
3. Какие преимущества имеет автомобиль-самосвал по сравнению с бортовым?
4. Какие преимущества с экономической точки зрения имеет применение автопоездов?