

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт Машиностроения и Автомобильного транспорт  
Кафедра Автотранспортная и техносферная безопасность

**Курс лекций по дисциплине**

**«ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК**

**Направление подготовки** 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

**Программа подготовки:** «Организация автомобильных перевозок и безопасность  
движения»

**Уровень высшего образования :**

магистратура

**Форма обучения :**

очная

Составитель Касаткин Ф.П.

**Владимир 2016 г.**

# ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

## **1. Общие положения выбора подвижного состава**

Задача выбора подвижного состава автомобильного транспорта решается:  
на стадии приобретения при решении вопроса пополнения подвижного состава АТП, т.е. выбор из выпускаемых промышленностью или готовых к выпуску автомобилей;

в практической работе АТП - вопрос выбора решается для данных условий эксплуатации. Этот выбор базируется на основе уже имеющихся типов и моделей автомобилей и прицепов с учетом возможных вариантов их использования.

При выборе подвижного состава в условиях АТП решаются две взаимосвязанные задачи: определение специализации подвижного состава и подбор грузоподъемности.

Под специализацией понимают - приспособленность подвижного состава к перевозкам данного вида груза.

Выбор типа подвижного состава для перевозки того или иного груза сводится в основном к выбору кузова, соответствующему перевозимому грузу, так как специализация кузова предопределяет сферу рационального использования подвижного состава.

После того как выбрали соответствующий тип кузова, переходят к выбору подвижного состава конкретной модели.

Основными факторами, обуславливающими выбор подвижного состава являются: вид и характер груза, способ погрузки и разгрузки, размер партии груза, состояние подъездов к погрузочно-разгрузочным пунктам, скорость доставки груза; дорожно-климатические условия.

Схема взаимодействия факторов, влияющих на выбор подвижного состава, приведена на рис. 12.

Учитывая эксплуатационные качества автомобилей, выбирают необходимую марку подвижного состава. При этом предпочтение отдают новым конструкциям автомобилей, специализированному подвижному составу, применению автопоездов.

Основными эксплуатационными качествами грузовых автомобилей являются: грузместимость, скоростные свойства, безопасность движения, топливная экономичность, долговечность, прочность и надежность, проходимость и удобство использования и др.



**Рис.12. Схема взаимосвязи факторов, влияющих на выбор подвижного состава для перевозки данного вида груза**

Грузовместимость - максимальная расчетная масса груза, которую может единовременно перевезти автомобиль.

$$G_{\text{вм}} = q_{\text{гр}} \cdot V_{\text{куз}} = a \cdot b \cdot (h \pm h_1) \cdot q_{\text{гр}} ,$$

где  $q_{\text{гр}}$  - плотность груза, т/м<sup>3</sup> (объемный вес);  $V_{\text{куз}}$  - объем кузова (м<sup>3</sup>);  $b$  - внутренняя длина платформы (м);  $a$  - внутренняя ширина платформы (м);  $h$  - внутренняя высота бортов (м);  $h_1$  - расстояние от верхнего края борта

платформы до допустимого уровня погрузки груза (м).

Грузовместимость ограничивается грузоподъемностью, внутренними размерами кузова и плотностью груза.

В отечественных автомобилях указывается номинальная грузоподъемность модели автомобиля ( $q_n$ ).

$$\text{Разделим } \frac{q_n}{V_{\text{куз}}} = \frac{q_n}{a \cdot b \cdot (h \pm h_1) \cdot \eta} = q_{\text{уд}} \quad \text{т/м}^3 \quad - \text{ удельная объемная}$$

грузоподъемность,

где  $\eta$  - коэффициент учитываемый снижение полезного объема в связи с не кратностью размеров штучных и тарных грузов внутренним размерам кузова.

Пусть объемный вес груза ( $q_{\text{гр}}$ , т/м<sup>3</sup>) известен, то в зависимости от вида перевозимого груза возможно три варианта:

1.  $q_{\text{гр}} < q_{\text{уд}}$  - емкость кузова используется полностью, а грузоподъемность полностью использована быть не может;

2.  $q_{\text{гр}} = q_{\text{уд}}$  - полностью использована грузоподъемность и емкость кузова;

3.  $q_{\text{гр}} > q_{\text{уд}}$  - полностью используется грузоподъемность при неполном использовании емкости кузова.

Удобство использования автомобиля – оценивается приспособленностью автомобиля к погрузке и разгрузке, а также комфортабельностью.

Приспособленность автомобиля к погрузке и разгрузке определяется: погрузочной высотой кузова – расстояние от земли до пола кузова при закрытых бортах (она составляет 1200 – 1400 мм для автомобилей средней грузоподъемности); возможностью производить погрузку – разгрузку с одной, двух, трех сторон и сверху; размерами, расположением и устройствам дверей кузовов фургона; наличием на автомобиле устройств, обеспечивающих ускорение погрузки - разгрузки или снижения ее трудоемкости.

## 1.2. Обоснование выбора подвижного состава

Решающими факторами при выборе типа подвижного состава являются производительность автомобиля и себестоимость перевозки.

При выборе между автомобилями различной грузоподъемности целесообразно использование подвижного состава возможно большей грузоподъемности, что доказывается путем сравнения часовых производительностей рассчитанных по формуле

$$W_Q^{\text{ч}} = \frac{q_n \cdot \gamma_{\text{ст}} \cdot V_T \cdot \beta_M}{l_{\text{ге}} + t_{\text{пр}} \cdot V_T \cdot \beta_M} \quad (\text{т/ч})$$

Для сравнения выбирается произвольный маршрут, чаще маятниковый, где  $\beta_M = 0,5$ .

Наиболее объективным оценочным параметром при выборе подвижного

состава является себестоимость единицы транспортной работы. Себестоимость перевозок является обобщенным показателем. Экономически целесообразен тот подвижной состав, у которого величина себестоимости будет минимальной. Себестоимость перевозок рассчитывается для конкретных условий при заданных  $\gamma_{ст} (\gamma_{дин})$  по формуле, руб./т:

$$C_1 = \frac{1}{q_H \cdot \gamma_{ст}} \cdot \left[ \frac{l_{ге}}{\beta} \cdot S_{пер} + S_{зп} + \left( t_{пр} + \frac{l_{ге}}{V_T \cdot \beta} \right) \cdot S_{пост} \right],$$

где  $S_{пер}$  – переменные расходы на 1 км пробега, руб. (расход на топливо, шины, ТО и ТР и амортизацию, на капитальный ремонт);  $S_{зп}$  – расходы по заработной плате на езду, руб.;  $S_{пост}$  – постоянные расходы на 1 час работы, руб. (накладные расходы и амортизационные отчисления на восстановление подвижного состава).

Близким к себестоимости перевозок в оценке эффективности использования подвижного состава является рентабельность перевозок.

$$R = \frac{D - S_э}{S_э} \cdot 100\%,$$

где  $D$  – доходы от перевозок, исчисленные по действующим тарифам и правилам, руб./т;  $S_э$  – эксплуатационные расходы, руб./т.

После того как сделан окончательный выбор рационального подвижного состава, потребное его количество определяется отношением

$$A_э = \frac{U^{пл}}{W_p^{см}},$$

где  $U^{пл}$  – плановое задание по грузообороту;  $W_p^{см}$  – сменная производительность автомобиля.

### 3.3. Эффективность применения специализированного подвижного состава

К специализированному подвижному составу автомобильного транспорта относятся одиночные автомобили и автопоезда, приспособленные для перевозки определенных видов груза или оборудованные дополнительными механизмами. То есть специализация подвижного состава осуществляется путем оборудования его специальными платформами или закрытыми кузовами (фургоны, цистерны), а также погрузочно-разгрузочными механизмами.

По приспособленности для перевозки отдельных видов грузов специализированный подвижной состав подразделяется на: **самосвалы** общего назначения, строительные, сельскохозяйственные, карьерные и др; **фургоны** универсальные, изотермические, рефрижераторные, хлебобулочные, для перевозки живности, для промышленных товаров; **цистерны** для нефтепродуктов, сыпучих грузов, пищевых продуктов, сжиженных газов, активных химических веществ; **автопоезда** для перевозки

длинномерных грузов (лесовозы, металловозы, трубовозы); **автопоезда** для перевозки строительных конструкций (плитовозы, панелевозы, фермовозы и др.); автопоезда для перевозки тяжелых не длинных грузов; **самопогрузчики и контейнеровозы; прочие** (топливо - маслозаправщики, пескострабрасыватели и др.).

Преимущества специализированного подвижного состава: обеспечение количественной и качественной сохранности груза; как правило, повышается механизация процессов погрузки и разгрузки и сокращается время на проведение погрузо-разгрузочных работ; снижаются затраты на тару и упаковку грузов; повышается безопасность и улучшаются санитарно-технические условия перевозки.

К недостаткам относится: большая стоимость подвижного состава; снижение грузоподъемности; повышение трудоемкости ТО и Р; уменьшение коэффициента использования пробега; требуется более высокая квалификация водительского состава.

Область эффективного использования специализированного состава рассмотрим на примере выбора автомобилей – самопогрузчиков.

Применение автомобилей такого типа обуславливает: снижение трудоемкости погрузо-разгрузочных работ, одновременно снижается грузоподъемность и увеличивается стоимость подвижного состава и затраты на его эксплуатацию.

Область целесообразного применения автомобилей – самопогрузчиков определяется равноценным расстоянием перевозки грузов, то есть расстоянием, при котором эффективность универсального и специализированного автомобиля их сравниваемому критерию одинакова.

В качестве критерия выбирается производительность или себестоимость перевозок.

Пусть критерием является производительность, тогда равноценное расстояние определится по формуле производительности подвижного состава.

Часовая производительность универсального автомобиля, (т/ч)

$$W_Q^{\text{ун}} = \frac{q_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{ст}} \cdot V_{\text{т}} \cdot \beta}{l_{\text{ге}} + t_{\text{пр}} \cdot V_{\text{т}} \cdot \beta},$$

специализированного, (т/ч)

$$W_Q^{\text{сп}} = \frac{(q_{\text{н}} - \Delta q) \cdot \gamma_{\text{ст.с}} \cdot V_{\text{т}} \cdot \beta}{l_{\text{ге}} + (t_{\text{пр}} - \Delta t) \cdot V_{\text{т}} \cdot \beta},$$

где  $\Delta q$  - разница грузоподъемности автомобилей;  $\Delta t$  – время, на которое сокращается простой специализированного автомобиля при погрузке и выгрузке, ч.;  $\gamma_{\text{ст}}, \gamma_{\text{ст.с}}$  - коэффициенты использования грузоподъемности соответственно базового и специализированного автомобиля.

При работе в одинаковых условиях  $\beta$  и  $V_{\text{т}}$  для автомобиля самопогрузчика будут такие же, как и для бортового.

Приравняв выражения, определяющие  $W_Q^{ун}$  и  $W_Q^{сп}$ , и решив уравнение относительно  $l_{ге}$  найдем равноценное расстояние перевозки грузов по производительности – выработки в тоннах или тонно-километрах. Для  $\gamma_{ст} = \gamma_{ст.с}$ :

$$l_p = (q \cdot \frac{\Delta t}{\Delta q} - t_{пр}) \cdot V_T \cdot \beta.$$

Таким образом равноценное расстояние перевозок тем больше, чем больше  $q_n$ ,  $\Delta t$ ,  $V_T$ ,  $\beta$ , и меньше  $\Delta q$ ,  $t_{пр}$ .

Равноценное расстояние можно найти и графически построив графики изменения выработки автомобилей в тоннах или тонно-километрах в зависимости от расстояния перевозки грузов. Точка пересечения кривой выработки универсального автомобиля с аналогичной кривой для автомобиля самопогрузчика определит равноценное расстояние рис. 13.

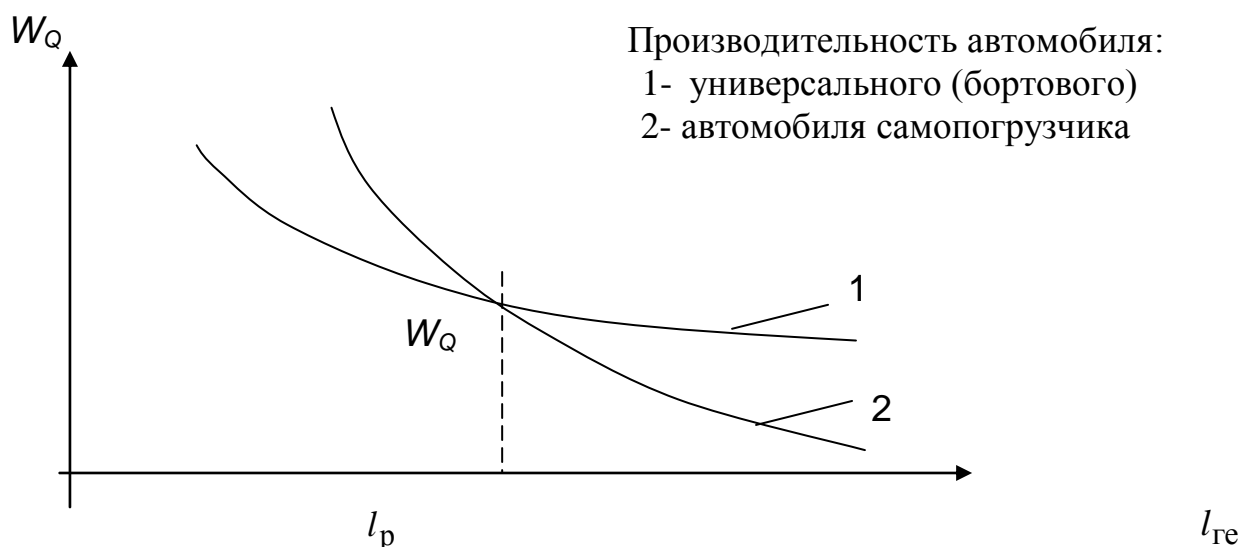


Рис.13. График изменения производительности универсального и специализированного автомобиля

### Оптимизация грузопотоков с применением матрицы транспортных связей

Существующие грузопотоки (транспортные связи) между поставщиками и потребителями представим в виде матрицы

$$Q_{ij} = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1j} \dots & Q_{1n} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2j} \dots & Q_{2n} \\ Q_{i1} & Q_{i2} & \dots & Q_{ij} \dots & Q_{in} \\ Q_{m1} & Q_{m2} & \dots & Q_{mj} \dots & Q_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где  $Q_{ij}$  – матрица транспортных связей; строка характеризует объем вывоза груза от  $i$ -го поставщика  $j$ -му потребителю; столбец характеризует завоз груза  $j$ -му потребителю от  $i$ -го поставщика.

Эти матрицы используются при решении вопросов оптимизации грузовых перевозок в зависимости от критериев оптимизации, в качестве которых могут быть выбраны: минимум пробега подвижного состава; минимум времени до доставки груза; минимум издержек транспортного процесса.

Обычно в качестве критерия оптимизации принимают пробег подвижного состава (расстояние перевозок), который определяет транспортные издержки, грузооборот и время доставки груза.

При решении вопросов оптимизации перевозок производится анализ транспортных связей, представленных матрицей (1): устанавливаются транспортные связи по мелкопартийным перевозкам для организации развозочных и сборочных маршрутов; устанавливаются транспортные связи по перевозке грузов одним подвижным составом для организации кольцевых маршрутов; устанавливаются транспортные связи между поставщиками и потребителями по однородным грузам и т.д.

Пусть установлены транспортные связи между поставщиками и потребителями по однородным грузам и выбран в качестве критерия эффективности минимальный пробег подвижного состава. В данном случае можно сформулировать так называемую транспортную задачу.

### **Разработка рациональных маршрутов перевозок массовых грузов на основании заявок договорной клиентуры**

Последовательность разработки рациональных маршрутов перевозки грузов рассмотрим на конкретном примере.

Пользуясь исходными данными: суточный объем перевозок по заявкам клиентуры (табл.1); показателями работы автомобилей (табл.2). расстояние между грузопунктами (табл.3);

Требуется: построить эпюру грузопотоков; разработать рациональные маршруты; составить схемы маршрутов; определить потребное число автомобилей на маршруте; оценить эффективность применения кольцевых маршрутов

*Таблица 1*

#### **Суточный объем перевозок**

№ п/п	Грузоотправитель	Грузополучатель	Груз	Кол-во	
				тонн	ездок
1	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	Щебень	140	20
2	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	Песок	350	50
3	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	Грунт	140	20
4	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	Уголь	210	30



Таблица 2

**Показатели работы автомобиля**

№ п/п	Наименование	Единицы измерения		Количество
		усл. обозн.	размеры	
1	Грузоподъемность	$q_i$	т	7
2	Ср. техн. скорость	$V_T$	км/ч	22
3	Время в наряде	$t_n$	час	16
4	Норма времени: погрузки	$t_n$	мин	7
	разгрузки	$t_p$	мин	7

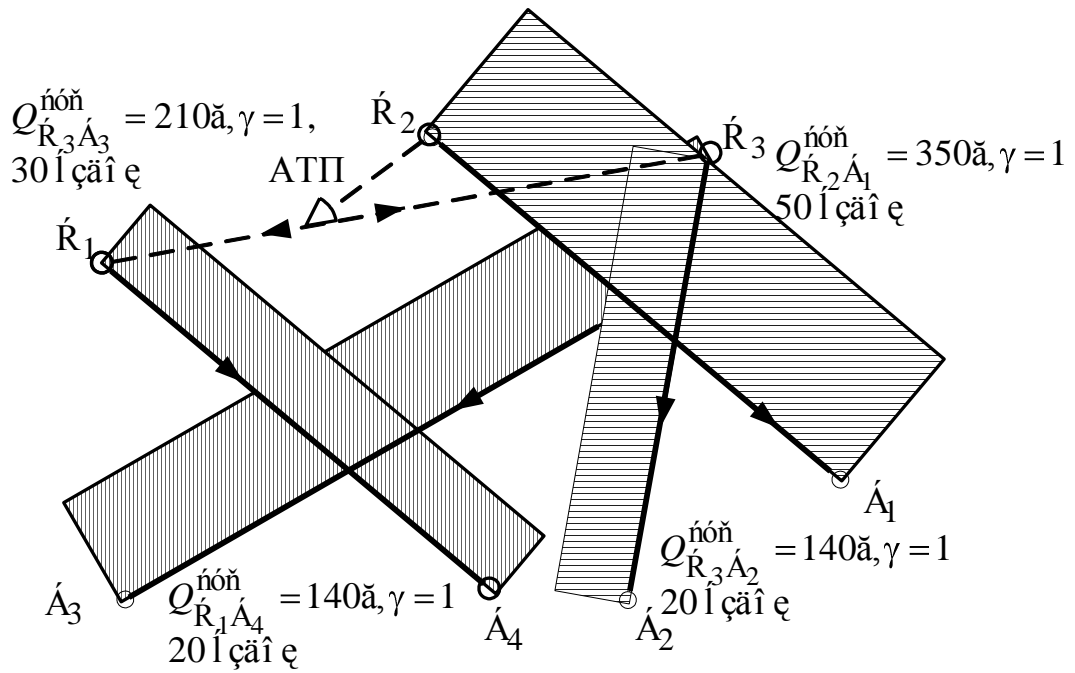
Таблица 3

**Расстояние между грузопунктами**

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	АТП (гараж)
$B_1$	9	12	13	9
$B_2$	11	13	8	3
$B_3$	6	6	18	5
$B_4$	10	4	15	8
АТП (гараж)	5	3	6	0

Решение:

1. На основе исходных данных строим эпюру грузопотоков (рис. 1) и матрицу № 1 плана перевозок грузов



**Рис. 1. Эпюра грузопотоков**

2. Разрабатываем рациональные маршруты перевозок. Выбор маршрутов перевозок играет большую роль в повышении производительности подвижного состава и снижении себестоимости перевозок. Рациональные маршруты составляем методом линейного программирования, который дает наиболее объективный оптимальный вариант работы подвижного состава. Данные из таблицы грузопотоков (табл.1) и таблицы расстояний (табл.3) заносим в матрицу № 1. Получаем зашифрованный план перевозок, т.е. план, заявленный поставщиками, где цифры в кружках указывают число ездов с грузом от  $A_i$  поставщика до  $B_j$  получателя за сутки, а цифры, указанные в правом верхнем углу клеток – расстояние в км. между пунктами.

Маршруты составляем таким образом, чтобы, не меняя характера перевозок грузов, указанных в заказе, добиваемся наибольшего значения коэффициента использования пробега за счет минимизации холостых и нулевых пробегов.

Матрица №1(исходные данные)

Зашифрованный план перевозок грузов

Потребители	$V_i$	Поставщики			Потребное количество груза (ездок) (гараж)
	$U_i$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	
$B_4$		10 <b>20</b>	4	15	8 <b>20</b>
$B_1$		9	12 <b>50</b>	13	9 <b>50</b>
$B_2$		11	13	8 <b>20</b>	3 <b>20</b>
$B_3$		6	6	18 <b>30</b>	5 <b>30</b>
Гараж Наличие груза (ездок)		<b>20</b> 5	<b>50</b> 3	<b>50</b> 6	$\Sigma$ <b>120</b>

3. Для получения наименьших холостых пробегов составляем расчетную матрицу №2, которую заполняем следующим образом:

а). производим первоначальное закрепление получателей за поставщиками по наименьшему расстоянию между ними, то есть в первую очередь заполняем те клетки, которые располагают наименьшим расстоянием, с обязательным соблюдением равенства проставленных чисел итоговым значениям по вертикали и горизонтали.

При этом первоначальный план, как правило, будет близок к оптимальному.

б). Проверяем количество загруженных клеток. Оно должно быть равно  $m + n - 1$ , где  $m$  – число потребителей,  $n$  – число поставщиков. Если число загруженных клеток меньше  $m + n - 1$ , то вводим нулевую загрузку.

в). Отыскиваем вспомогательные коэффициенты  $U_i$  и  $V_j$  по правилу: сумма вспомогательных элементов строки и столбца в каждой из загруженных клеток должна равняться расстоянию в загруженной клетке ( $U_i + V_j = l_{ij}$ ). При этом первоначально назначаем один из потенциалов равным «0».

Например,  $V_1 = 0$ , тогда  $U_1 + 0 = 6$ , т.е.  $U_1 = 6$  и т.д.

г). Проверяем незагруженные клетки на потенциальность: «потенциальной» называется незагруженная клетка, у которой сумма вспомогательных коэффициентов больше расстояния в ней ( $U_i + V_j > l_{ij}$ ). В нашем случае «потенциальной» является клетка  $A_1, B_1$ , ставим в ней знак +;

д) Совершенствование плана перевозок осуществляется следующим образом. В клетку, для которой не выполняется условие  $U_i + V_j = \sum l_{ij}$ , вписываем поставку величиной  $\Delta$  (для нашего примера  $\Delta = 20$ ). Так как сумма поставок по

## Матрица №2

### Расчетная матрица холостых пробегов

Потребители	$V_i$ $U_i$	Поставщики			Потребное количество ездов (груза)
		$A_1$	$A_2$	$A_3$	
		0	0	1	
$B_4$	4	10	4 <b>20</b>	15	8 <b>20</b>
$B_1$	12	$+\Delta$ 9	$-\Delta$ 12 <b>20</b>	13 <b>30</b>	9 <b>50</b>
$B_2$	7	11	13	8 <b>20</b>	3 <b>20</b>
$B_3$	6	$-\Delta$ 6 <b>20</b>	$+\Delta$ 6 <b>10</b>	18	5 <b>30</b>
Наличие груза (ездов)		<b>20</b> 5	<b>50</b> 3	<b>50</b> 6	$\Sigma$ <b>120</b>

строкам и столбцам должна оставаться неизменной, то необходимо прибавить и вычесть  $\Delta$  из поставок в других клетках, обходя их в той последовательности, при которой значение  $\Delta$  компенсируется вычитанием и сложением со значением числа в клетке. Получим замкнутую ломаную линию, которую называют циклом пересчета.

При получении оптимального плана перевозок и определении величины поставок  $\Delta$  необходимо пользоваться следующим правилом: начиная с потенциальной (свободной) клетки и двигаясь по циклу пересчета, в вершинах цикла расставляем поочередно знаки «+» и «-». Так как мы оптимизируем холостые пробеги, то сумма расстояний в клетках с «+» должно быть меньше суммы расстояний с клетками «-». Затем просматриваем поставки, записанные в отрицательных вершинах, и выбираем наименьшую. Число наименьшей поставки прибавляется ко всем поставкам, записанным в положительных вершинах и вычитается из всех поставок, записанных в отрицательных вершинах. Результаты нового плана перевозок заносим в новую таблицу, получаем матрицу № 3 с улучшенным планом перевозок и снова проверяем полученный план на потенциальность

В матрице № 3 для всех свободных клеток выполняется условие  $U_i + V_i \leq l_{ij}$ , следовательно, получен оптимальный план холостых пробегов.

## Матрица №3

Улучшенный план перевозок

Потребители \ $V_i$	$U_i$	Поставщики			Потребное количество ездов (груза)
		$A_1$	$A_2$	$A_3$	
		0	3	4	
$B_4$	1	10	4 <b>20</b>	15	<b>20</b>
$B_1$	9	9 <b>20</b>	12 0	13 <b>30</b>	<b>50</b>
$B_2$	4	11	13	8 <b>20</b>	<b>20</b>
$B_3$	3	6	6 <b>30</b>	18	<b>30</b>
Наличие груза (ездок)		<b>20</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	$\Sigma$ <b>120</b>

4. Для составления рациональных маршрутов перевозок совмещаем матрицы №1 и №3. Получаем совмещенную матрицу №4, по которой назначаем маршруты.

## Матрица №4

Совмещенный план перевозок

Потребители \ $V_i$	$U_i$	Поставщики			Потребное количество ездов (груза)
		$A_1$	$A_2$	$A_3$	
$B_4$		10 <b>(20)</b>	4 <b>20</b>	15	8
$B_1$		9 <b>20</b>	12 0 <b>(50)</b>	13 <b>30</b>	9
$B_2$		11	13	8 <b>20 (20)</b>	3
$B_3$		6	6 <b>30</b>	18 <b>(30)</b>	5
Наличие груза (ездок)		<b>20</b> 5	<b>50</b> 3	<b>50</b> 6	$\Sigma$ <b>120</b>

В тех клетках совмещенной матрицы №4, где имеются две цифры (в кружке и без него), назначаем маятниковые маршруты, количество ездов по которым равно наименьшей цифре.

Для нашего примера в клетке  $A_3B_2$  имеет две цифры **20** и 20, следовательно, можем назначить маятниковый маршрут



1-й маршрут.  $A_3 - B_2; B_2 - A_3 - 20$  ездов .

Это количество ездов исключается из дальнейшего рассмотрения.

Когда все маятниковые маршруты найдены, переходим к назначению кольцевых маршрутов, для чего в матрице строим четырехугольные (шестиугольные и т.д.) контуры, все вершины которых лежат в загруженных клетках, причем вершины с грузеными ездами должны чередоваться с вершинами холостых ездов по принятому числу.

В нашем примере таких контуров два, то есть два кольцевых маршрута:

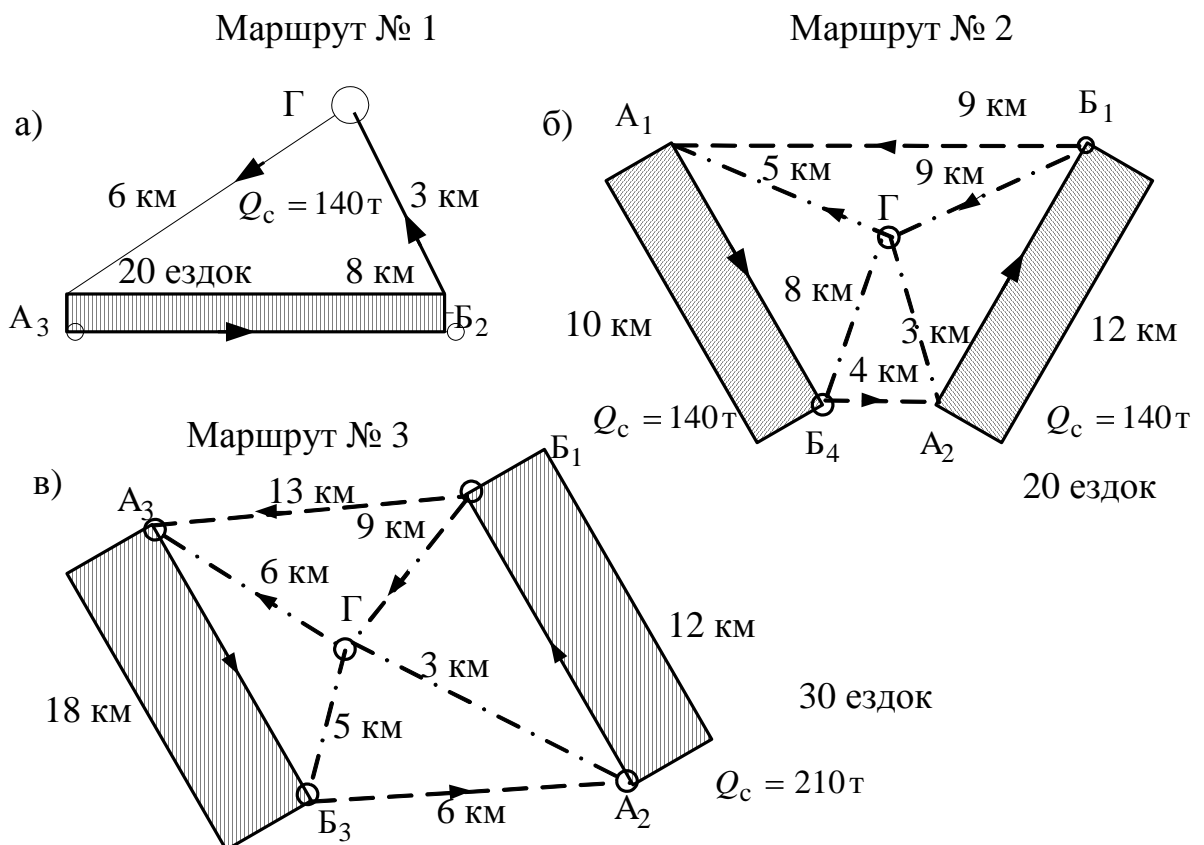
2-й маршрут  $A_1 - B_4; B_4 - A_2; A_2 - B_1; B_1 - A_1 - 20$  ездов;

3-й маршрут  $A_3 - B_3; B_3 - A_2; A_2 - B_1; B_1 - A_3 - 30$  ездов.

Загруженных клеток в матрице №4 не остается, следовательно, назначение маршрутов закончено.

5. Составляем схемы маршрутов:

- а) маятниковый маршрут №1 (рис. 15,а);
- б) схема кольцевого маршрута №2 (рис. 15,б);
- в) схема кольцевого маршрута №3 (рис. 15,в).



**Рис. 15. Схемы маршрутов**

Начало заезда на кольцевых маршрутах рассчитывается исходя из минимального нулевого пробега. Например, для 2-го маршрута:

- при начальном заезде в п.  $A_1$  величина  $l_0 = l_{0A1} + l_{0B1} - l_{xB1A1} = 5 + 9 - 9 = 5$ ,

- при начальном заезде в п.  $A_2$  величина  $l_0 = l_{0A2} + l_{0B4} - l_{xB4A2} = 3 + 8 - 4 = 7$ ,

следовательно, меньший нулевой пробег при начальном заезде в пункт  $A_1$ .

## 6. Рассчитываем потребное число автомобилей на маршруте.

### 6.1 Число оборотов автомобилей на маршруте за время $T_n$

$$Z_{об} = \frac{T_n - \frac{l_{н1} + l_{н2} - l'_x}{V_T}}{t_{об}},$$

где  $T_n$  – время в наряде;  $l_{н1}, l_{н2}$  – первый и второй нулевой пробег;  $V_T$  – средняя техническая скорость;  $t_{об}$  – время оборота автомобиля на маршруте.

а) время оборота:

- 1-ом маршруте:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot l_{ег}}{V_T} + t_{пр}$$

$$t_{об} = \frac{2 \cdot 8}{22} + 0,23 = 0,96 \text{ (ч)}$$

- на 2-м маршруте:

$$t_{об} = \frac{\sum l_M}{V_T} + \sum t_{пр}$$

$$\sum l_M = 12 + 9 + 10 + 4 = 35 \text{ км}$$

$$\sum t_{пр} = 28 \text{ мин} = 0,47 \text{ ч.}$$

$$t_{об} = \frac{35}{22} + 0,47 = 2,06 \text{ ч.}$$

- на 3-м маршруте:

$$t_{об} = \frac{49}{22} + 0,47 = 2,7 \text{ ч.}$$

$$\sum l_i = 18 + 6 + 12 + 13 = 49 \text{ км}$$

б) Число оборотов  $Z$ :

-на 1-м маршруте:

$$Z_{об} = \frac{16 - \frac{6 + 3 - 8}{22}}{0,96} = 16,6. \text{ Принимаем } 17 \text{ об.}$$

-на 2-м маршруте:

$$Z_{об} = \frac{16 - \frac{5 + 9 - 9}{22}}{2,06} = 7,65. \text{ Принимаем } 8 \text{ об.}$$

-на 3-м маршруте:

$$Z_{об} = \frac{16 - \frac{6 + 9 - 13}{22}}{2,7} = 5,9. \text{ Принимаем } 6 \text{ об.}$$

### 6.2. Коэффициент использования пробега $\beta$

$$\beta = \frac{l_{2.сут}}{l_{об.сут}}, \text{ где } l_{2.сут.} - \text{суточный пробег автомобиля с грузом; } l_{об.сут} -$$

общий пробег автомобиля за сутки.

-на 1-м маршруте:

$$\beta = \frac{17 \cdot 8}{17 \cdot (8 + 8) + 6 + 3 - 8} = 0,498$$

-на 2-м маршруте:

$$\beta = \frac{8 \cdot (10 + 12)}{8 \cdot (10 + 4 + 12 + 9) + 5 + 9 - 9} = 0,617$$

-на 3-м маршруте:

$$\beta = \frac{6 \cdot (18 + 12)}{6 \cdot (18 + 6 + 12 + 13) + 6 + 9 - 13} = 0,608$$

Потребное число автомобилей на маршруте:

$$A_{сут} = \frac{U_{сут}^{пл}}{Q_{сут}},$$

где  $U_{сут}^{пл}$  – плановый объем перевозок;  $Q_{сут}$  – суточная производительность

$$Q_{сут} = q_n \cdot \gamma_{ст} \cdot z \cdot n,$$

где  $n$  – число ездов на маршруте за 1 оборот.

- для 1-го маршрута:

$$A_{сут} = \frac{140}{7 \cdot 1 \cdot 17} = 1,18. \text{ Принимаем 1 авт.}$$

- для 2-го маршрута:

$$A_{сут} = \frac{280}{7 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 2} = 2,5. \text{ Принимаем 3 авт.}$$

- для 3-го маршрута:

$$A_{сут} = \frac{420}{7 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 2} = 5 \text{ авт.}$$

Для оценки эффективности применения кольцевых маршрутов определить потребное количество автомобилей, если бы грузы перевозились на них по маятниковым маршрутам.

#### 4.ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Грузами на транспорте называются все предметы с момента их приемки для перевозки до момента сдачи грузополучателю. Автомобильный транспорт работает с огромной номенклатурой грузов. Грузы



подразделяются по целому ряду обобщенных признаков.

Класс груза определяется физическими свойствами и способами упаковки. Один и тот же груз может быть отнесен к различным классам при разной упаковке.

### Классификация грузов

Клас-ые признаки	Вид перевозок	Примечание
По народно-хозяйственному признаку	Промышленные	Металл, руда, уголь, нефть
	Сельскохозяйственн.	Зерно, хлопок, удобрения
	Строительные	Цемент, песок, кирпич
	Тооговые	Пищев. продукты, пром. тов
	Коммунальные	Мусор, снег, пищев.отходы
	Прочие	Возврат тары, багаж
Способ погрузки	Навалочные	
	Сыпучие	
	Жидкие (наливные)	
	Штучные (норм.массы) повышенной массы тяжеловесные	До 250 кг, а для катных-500 От 250 кг до 30 т. Более 30 т.
По условиям перевозки	Обычные	
	Специфические	Скоропорт. живые, застывш
По степени опасности	Малоопасные	Стр.мат,пищ.прод, пром.тов
	Опасные по размерам	Шир.-2,55м, выс.-4м, свес.2
По степени использования грузоподъемности	1-ый класс	$\gamma = 1$
	2-ый класс	$\gamma = 0,71 - 0,99$
	3-ый класс	$\gamma = 0,51 - 0,7$
	4-ый класс	$\gamma = 0,41 - 0,5$

#### 4.1. Тара и маркировка грузов

Для обеспечения сохранности и предохранения от порчи и повреждений при перевозке, погрузке, выгрузке и хранении грузы помещают в тару. Конструкция тары определяет возможность и степень применения механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.

Основные размеры, прочность и другие требования к таре регламентируется ГОСТом по группам характерных признаков. Например: тара для пищевых продуктов, продуктов сельского хозяйства, химических продуктов и т.д.

Тара должна быть достаточно прочной, удобной и, по возможности, легкой и дешевой. В среднем вес тары не должен превышать 5-7% от веса груза.

Тара классифицируется по следующим признакам:

## Классификация тары

Классификационн. признаки	Вид тары
По материалу изготовления	Деревянная, металл, стекл, пластм, бумажн.
По кратности оборота	Многократного и однократного исполъзов.
По назначению	Специализированная и универсальная
По степени жесткости	Жесткая, мягкая, полумягкая, плужесткая

Маркировка груза - это нанесение специальных надписей или знаков на груз, упаковку и тару при их перевозках, особенно на большие расстояния. Маркировка бывает четырех видов: товарная, грузовая, транспортная, специальная.

В товарной маркировке указывается наименование груза и предприятие изготовитель, сведения об условиях назначения и применения. Она наносится заводом изготовителем.

Грузовая - наносится грузоотправителем и включает в себя надписи с наименованием пунктов отправления и назначения, а также адреса грузоотправителя и грузополучателя.

Транспортная маркировка наносится транспортным предприятием, принявшим груз к перевозке. Она содержит сведения о количестве мест в перевозимой партии груза и номер товарно-транспортного документа, по которому груз принят к перевозке от предприятия.

Специальная маркировка наносится грузоотправителем и содержит указания по правильному обращению с грузом при его перевозке, погрузке, выгрузке, хранении в виде предупредительных надписей или знаков.

Предупредительные знаки должны соответствовать требованиям ГОСТ 14192-77, ГОСТ 19433-81 и наносится по специальному трафарету или типографским способом на ярлыки.

При отправке грузов за границу маркировочные надписи выполняются на языке указанном в заказ - наряде. По международному соглашению о перевозках опасных грузов на них наклеиваются (прикрепляются) к грузовым местам специальные ярлыки.

## 4.2 Организация погрузочно-разгрузочных работ

На автомобильном транспорте достигнут определенный уровень механизации погрузочно-разгрузочных работ, который составляет 74 – 75%. Почти полностью механизированы погрузочно-разгрузочные работы при перевозке большинства строительных грузов. Погрузочно-разгрузочные операции сельскохозяйственных грузов механизированы в среднем на 50%.

В месте с тем при перевозке тарно-штучных грузов уровень механизации составляет 15-20 %, т. е. основные погрузочно-разгрузочные

работы выполняются вручную.

В условиях средних расстояний перевозок грузов (10 - 15 км) время простоя автомобилей в погрузочно-разгрузочных пунктах составляет до 50% общего времени пребывания автомобиля в наряде.

Основными задачами в области механизации погрузочно-разгрузочных работ являются: наращивание уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте, совершенствование организации работы погрузочно-разгрузочных пунктов, согласование работы транспортных и погрузочно-разгрузочных средств.

#### **4.2.1. Классификация погрузочно-разгрузочных средств**

Номенклатура машин, применяемых для механизации погрузочно-разгрузочных работ, насчитывает многие десятки видов машин различного назначения.

Погрузочно-разгрузочные средства классифицируют по ряду признаков (эксплуатационных качеств).

По степени подвижности различают: стационарные, полустационарные (переносные), передвижные, самоходные.

По направлению перемещения груза различают: горизонтального, вертикального, наклонного, комбинированного.

По принципу действия рабочих органов различают: механизмы прерывного (циклического) действия и механизмы непрерывного действия.

В зависимости от вида перерабатываемого груза: для сыпучих грузов; навалочных (строительных, сельскохозяйственных непромышленных грузов); штучных (в таре и упаковке); жидких (наливных); тяжеловесных; крупногабаритных и длинномерных.

#### **4.2.2. Производительность погрузочно-разгрузочных механизмов**

Различают техническую, эксплуатационную и фактическую производительность механизмов.

Технической производительностью называют производительность механизма при работе его в наиболее благоприятных (оптимальных) условиях при полном использовании времени и грузоподъемности.

Для механизмов прерывного действия

$$W_{Т.П} = \frac{q_{Г}}{t_{Ц}},$$

где  $W_{Т.П}$  - техническая производительность механизма прерывного действия, т/ч;  $q_{Г}$  - грузоподъемность рабочего органа механизма, т;  $t_{Ц}$  - время рабочего цикла, ч.

Для механизмов непрерывного действия:

$$W_{Т.Н} = 3600 \cdot q_{Н} \cdot V_{Т},$$

где  $W_{Т.Н}$  - техническая производительность механизма непрерывного действия, т/ч;  $q_{Н}$  - вес груза, приходящийся на единицу длины рабочего

органа, т;  $V_T$  - скорость перемещения рабочего органа, м/сек.

При определении эксплуатационной производительности учитывается использование погрузочно-разгрузочного механизма по грузоподъемности и времени зависящего от предполагаемых условий работы.

$$W_{\text{э}} = W_T \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{в}},$$

где  $W_{\text{э}}$  - эксплуатационная производительность;  $W_T$  - техническая производительность;  $\eta_{\Gamma}$  - коэффициент использования грузоподъемности механизма;  $\eta_{\text{в}}$  - коэффициент использования времени механизма.

Эксплуатационная производительность является основным показателем при планировании погрузочно-разгрузочных работ.

Фактическая производительность определяется отчетными данными, показывающими полученную за определенное время среднюю производительность механизма

$$W_{\text{ср}} = \frac{Q}{T},$$

где  $W_{\text{ср}}$  - фактическая производительность, т/ч;  $Q$  - количество перерабатываемого груза, т;  $T$  - время переработки груза, ч.

#### **4.2.3. Погрузочно-разгрузочные пункты и их производительность**

Погрузочно-разгрузочные пункты подразделяются по ряду признаков.

По виду выполняемых работ различают: погрузочные (грузообразующие), разгрузочные (грузопоглащающие); погрузочно-разгрузочные (грузопоглощающие, грузообразующие, транзитные).

По характеру работы пункты бывают: постоянные (регулярно работающие длительное время - торговые базы, элеваторы); временные (работают регулярно, но сезонно или работают непрерывно, но сравнительно не долго (склады строительных объектов)).

По назначению пункты делятся на универсальные, предназначенные для широкого ассортимента грузов, и специализированные - для отдельного вида грузов или группы грузов.

Для выполнения операций по приему и отправлению грузов пункты имеют посты, которые включают подъездные пути, площади для маневрирования, складские помещения, оборудование для взвешивания грузов.

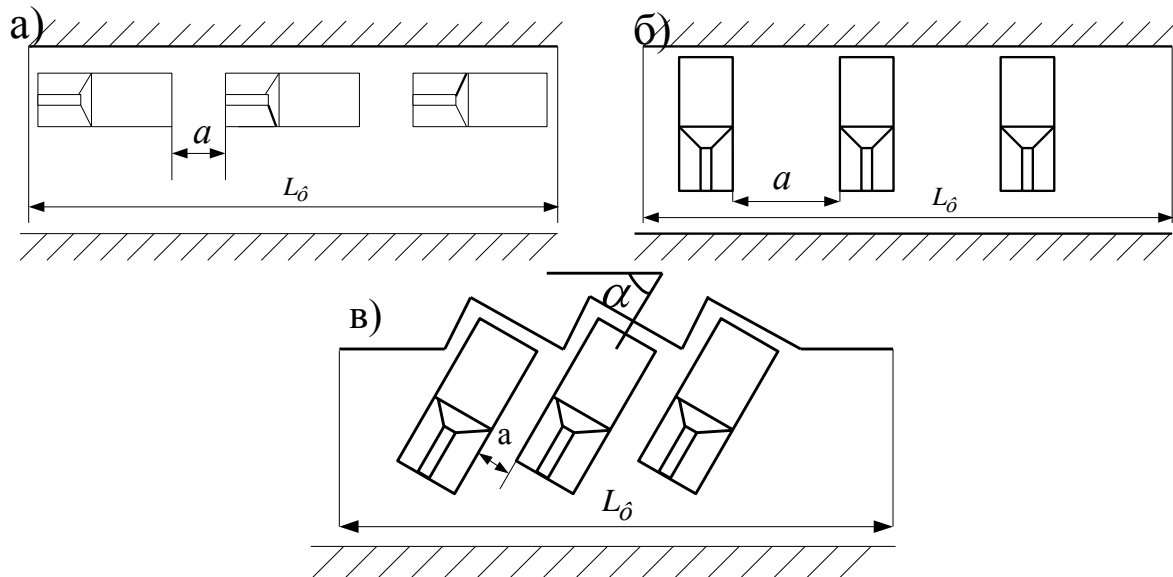
Посты группируются на одной или нескольких площадях. В пределах каждой площадки посты образуют фронт  $L_{\text{ф}}$  погрузки (разгрузки). В пределах фронта погрузки (разгрузки) различают боковую, торцевую и ступенчатую расстановку автомобилей.

Боковая расстановка автомобилей сокращает маневрирование увеличивает фронт проведения погрузочно-разгрузочных работ. Такая расстановка наиболее благоприятна для автомобилей (тягачей) работающих с прицепом (рис. 17, а).

Общая длина фронта погрузки определяется формулой:

$$L_{\phi} = L_a \cdot X + a(X + 1),$$

где  $L_a$  - длина автомобиля;  $X$  - число постов,  $a$  - расстояние между автомобилями, ( $a > 1$  м).



**Рис. 17. Способы расстановки автомобилей при погрузке:**

**а) боковой; б) торцевой; в) ступенчатый**

Торцевая расстановка автомобилей сокращает фронт работы (рис. 17,б). Однако при этой расстановке неудобна и малопродуктивна погрузка и разгрузка автомобилей, так как производится только через заднюю часть кузова.

$$L_{\phi} = B_a \cdot X + a(X + 1),$$

где  $B_f$  - ширина автомобиля.

Ступенчатая расстановка автомобилей позволяет производить погрузку через борт и заднюю часть кузова, что облегчает и ускоряет работу (рис. 17, в).

$$L_{\phi} = \frac{B_a \cdot X + a(X + 1)}{\sin \alpha}.$$

Производительность погрузочно-разгрузочного пункта оценивается часовой пропускной способностью или в количествах тонн груза погруженного (разгруженного) в час.

Пропускная способность пункта зависит от пропускной способности каждого поста. Пропускная способность одного поста, выраженная в погруженных (разгруженных) автомобилях в час, определяется формулой

$$A_{п(р)} = \frac{1}{t_{п(р)}},$$

где  $A_{п(р)}$  - количество погруженных (разгруженных) автомобилей на посту за один час, авт/ч.;  $t_{п(р)}$  - время погрузки, разгрузки одного автомобиля, ч.

Часовая пропускная способность пункта, имеющего  $n_{п(р)}$  постов,

(количество обслуженных автомобилей в час) определяется отношением

$$\sum A_{п(р)} = \frac{n_{п(р)}}{t_{п(р)}}.$$

Пропускная способность поста и погрузо-разгрузочного пункта, выраженная в тоннах груза перерабатываемого в час, соответственно определяется по зависимости:

$$Q_{п(р)} = \frac{q \cdot \gamma}{t_{п(р)}} \text{ и } \sum Q_{п(р)} = \frac{q \cdot \gamma \cdot n_{п(р)}}{t_{п(р)}},$$

где  $Q_{п(р)}$ - количество погруженных (разгруженных) тонн груза на посту за час.

#### 4.2.4. Согласование работы транспортных и погрузочных средств

Во избежании непроизводительного простоя автомобилей в погрузочных и разгрузочных пунктах должно быть обеспечено согласование их работы.

Условием бесперебойной (синхронной) работы пунктов погрузки и автомобилей является равенство ритма работы пункта и интервала движения автомобилей на маршрутах.

$$R = I_a,$$

где  $R$  – ритм работы пункта (период времени между отправлением двух последовательно уходящих из пункта погруженных (разгруженных) автомобилей;  $I_a$  - интервал движения автомобилей (период времени между приходом двух автомобилей в пункт).

Так как

$$I_a = \frac{t_{об}}{A_M} \text{ и } R = \frac{t_{п(р)}}{n_{п(р)}}, \text{ то } \frac{t_{п(р)}}{n_{п(р)}} = \frac{t_{об}}{A_M}, \quad (18)$$

где  $t_{об}$  - время оборота автомобиля,  $A_M$  - количество автомобилей на маршруте.

Преобразуя равенство 18 получаем:

$$A_M = \frac{t_{об} \cdot n_{п(р)}}{t_{п(р)}}, \quad (19)$$

$$n_{п(р)} = \frac{t_{п(р)} \cdot A_M}{t_{об}}. \quad (20)$$

Равенство (19) позволяет определить потребное количество автомобилей работающих на маршруте и обеспечивающих ритмичную работу постов погрузки (разгрузки).

Равенство (20) позволяет определить необходимое количество постов пункта погрузки (разгрузки), которые обеспечат ритмичную работу заданному количеству автомобилей.

Время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой зависит от

большого числа факторов, также как и время его оборота, поэтому этот процесс целесообразно рассматривать как случайный и расчет количества постов погрузочно-разгрузочных пунктов и автомобилей на маршруте целесообразно проводить по формулам теории массового обслуживания.

#### **4.2.5. Согласование работы автомобилей-самосвалов с экскаваторами при перевозке массовых навалочных грузов**

Перевозка навалочных грузов (глины, песка, гравия, щебня и т. д.) обычно осуществляется автомобилями - самосвалами, а их погрузка - одноковшовыми экскаваторами.

Для обеспечения наиболее производительной работы как экскаватора, так и автомобиля необходимо: правильно подобрать отношение между производительностью экскаватора и грузоподъемностью автомобиля-самосвала; создать условия для работы экскаватора без простоя в ожидании автомобилей и наименьшего простоя автомобилей при загрузке.

Производительность автомобилей - самосвалов при работе с экскаваторами в значительной степени зависит от общего времени простоя под погрузкой. Это время складывается из времени самой погрузки, времени необходимого для маневрирования при установке на погрузку и времени ожидания погрузки

$$t_{\text{общ.п.}} = t_{\text{погр.}} + t_{\text{ож.}} + t_{\text{м.}},$$

где  $t_{\text{общ.п.}}$  - общее время простоя под погрузкой;  $t_{\text{погр.}}$  - время погрузки;  $t_{\text{ож.}}$  - время ожидания погрузки;  $t_{\text{м.}}$  - время маневрирования.

Время самой погрузки  $t_{\text{погр.}}$  зависит от времени цикла экскаватора  $T_{\text{ц}}$  и соотношения между грузоподъемностью автомобиля-самосвала  $q$  и ковша экскаватора  $q_{\text{э}}$  и определяется по формуле

$$t_{\text{погр.}} = T_{\text{ц}} \cdot \frac{q}{q_{\text{э}}} = \frac{T_{\text{ц}} q}{3600 \cdot V_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{Г}} \cdot k_{\text{з}}}, \quad (12)$$

где  $V_{\text{к}}$  - емкость ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma_{\text{Г}}$  - удельный вес груза,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $k_{\text{з}}$  - коэффициент заполнения ковша экскаватора, принимается равным  $0,60 \div 0,65$  в зависимости от вида и состояния грунта.

Для уменьшения этого времени желательно, чтобы емкость ковша была как можно больше и отношение  $\frac{q}{q_{\text{э}}}$  должно быть целым числом (соблюдалась кратность). Однако увеличение емкости ковша обуславливает высыпание значительной массы груза с большой высоты в кузов автомобиля. В результате этого получается удар, в следствие которого может наступить быстрое разрушение рамы, рессор и кузова автомобиля, а также шин. При погрузке камня экскаватором в кузов автомобиля могут падать отдельные большие куски. Это же наблюдается при погрузке глинистых грузов. Поэтому отношение  $\frac{q}{q_{\text{э}}}$  должно быть не менее 3-х для мягких грунтов; 4-х для твердых грунтов; 5-и для скальных пород.

Для согласования работы экскаватора и автомобилей должно быть обеспечено равенство ритмов работы экскаватора  $R_{\text{ЭК}}$  и интервала движения обслуживающих их автомобилей  $I_a$ , то есть:

$$R_{\text{ЭК}} = I_a. \quad (13)$$

Учитывая, что ритм работы экскаватора в режиме погрузки равен

$$R_{\text{ЭК}} = t_{\text{погр.}}, \quad (14)$$

а интервал движения автомобиля равен

$$I_a = \frac{t_{\text{об.}}}{A}, \quad (15)$$

где  $t_{\text{об.}}$  - время оборота автомобиля на маршруте;  $A$  – число автомобилей обслуживающих экскаватор.

Время оборота автомобиля-самосвала для простого маятникового маршрута определяется по формуле:

$$t_{\text{об.}} = t_{\text{погр.}} + \frac{2 \cdot l_{\text{ге}}}{V_T} + t_p, \quad (16)$$

Тогда с учетом формул (12-16) имеем:

$$\frac{T_{\text{ц}}q}{3600 \cdot V_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{Г}} \cdot k_3} = \left( \frac{T_{\text{ц}}q}{3600 \cdot V_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{Г}} \cdot k_3} + \frac{2 \cdot l_{\text{ге}}}{V_T} + t_p \right) \cdot \frac{1}{A} \quad (17)$$

Решая уравнение (17) относительно  $A$  получим:

$$A = \frac{(2 \cdot l_{\text{ге}} + V_T t_p) \cdot 3600 \cdot V_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{Г}} \cdot k_3}{V_T \cdot T_{\text{ц}} \cdot q} + 1$$

Последняя формула дает возможность рассчитать по условиям эксплуатации экскаватора и автомобилей и их параметрам необходимое число автомобилей для работы с экскаватором.

## 8. ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ.

Начинать изучение этого раздела нужно с уяснения понятия "безопасность автомобиля", которое включает в себя комплекс конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля, обеспечивающих БД, т.е. предупреждение ДТП, а также снижение тяжести их последствий.

Различают активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность автомобиля.

Под активной безопасностью автомобиля понимают его конструктивные свойства, обеспечивающие надежность движения во всех эксплуатационных условиях, то есть направленные на предотвращение ДТП.

Под пассивной – его конструктивные свойства, предотвращающие или снижающие степень травмирования участников движения в процессе ДТП и обеспечивающие восстановление автомобиля после ДТП.

Под послеаварийной – его конструктивные свойства направленные на предотвращение усугубляющих последствий ДТП.

Первоначально в работу должны вступить качества активной безопасности автомобиля, если они по какой-то причине не срабатывают, то



вступают в работу качества пассивной безопасности и снижают степень травмирования участников ДТП. Затем вступают в работу качества послеаварийной безопасности, при помощи которых обеспечивается эвакуация людей, предотвращаются возгорания, взрывы автомобиля.

В отличие от названных качеств безопасности, которые включаются в работу в экстренных случаях, экологическая безопасность включается в работу с начала и до окончания эксплуатации автомобиля.

### **Активная безопасность автомобиля:**

#### 1. Тормозные свойства

Средняя скорость автомобиля, отражающая совокупность его динамических свойств в большой степени зависит от возможности быстро остановить автомобиль. Надежные и эффективные тормоза позволяют водителю уверенно вести автомобиль с большой скоростью и, вместе с тем, обеспечивают необходимую БД. Эффективность торможения зависит от конструкции и состояния тормозных устройств, конструкции и состояния шин, типа и состояния дорожного покрытия, величины нагрузки и ее распределения по осям, величины уклона дороги.

Согласно международной конвенции о дорожном движении 1948 г. каждый автомобиль должен быть оснащен тремя типами тормозных устройств, которые выполняют следующие функции:

1 - рабочий тормоз – для замедления движения ТС и остановки его надежно, быстро, эффективно независимо от условий его загрузки и от того движется он на подъем или уклон;

2 - стояночный тормоз – для удержания ТС в неподвижном состоянии независимо от условий загрузки на подъеме или уклоне до 16 %;

3 - аварийный тормоз – замедление скорости ТС и остановки его на коротком расстоянии в случае выхода из строя рабочего тормоза.

Различают служебное и экстренное торможение.

Служебное – торможение для снижения скорости или остановки в заранее выбранном водителем месте.

Экстренное торможение – производится с целью остановки автомобиля на минимальном расстоянии для предотвращения наезда. Это торможение характеризуется остановочным путем и путем торможения

Величина пути торможения определяется из равенства кинетической энергии движущегося автомобиля и работой торможения. При торможении кинетическая энергия вращающихся масс ТС и его поступательно движущихся масс преобразовываются в работу торможения, переходящую в тепловую энергию.

$$E = A_T; A_T = m_T \cdot S_T; m_T = G_a \cdot \varphi; E = \frac{G \cdot V_a^2}{2 \cdot g}$$

где  $E$  - кинетическая энергия ТС,  $A_m$  - работа торможения,  $P_m$  - тормозная сила,  $S_m$  - путь торможения, м,  $G_a$  – сила веса автомобиля, кг,  $\varphi$  - коэффициент сцепления шин с дорогой,  $V_a^2$  - скорость автомобиля, м/с. Значения  $\varphi$  для

сухой дороги – 0,6 - 0,7; мокрой – 0,4 - 0,5; за снеженной – 0,2 - 0,3; гололед – 0,1 - 0,2.

Заменив  $E$  и  $A_m$  их эквивалентами получим:

$$\frac{G_a \cdot V_a^2}{2 \cdot g} = G_a \cdot \varphi \cdot S_T. \text{ Отсюда } S_T = \frac{V_a^2}{2 \cdot g \cdot \varphi} \text{ Данная формула применима для}$$

горизонтального участка дороги. При уклоне имеем:

$$S_T = \frac{V_a^2}{2 \cdot g \cdot (\varphi \pm i)},$$

где  $i$  - уклон дороги.

Однако, полученные формулы не точны, так как не учитывают массу транспортного средства и конструктивные свойства тормозов.

Поэтому вводят коэффициент  $K_э$  – коэффициент эффективности торможения, который зависит от массы автомобиля и конструкции тормозов табл.1.

$$\text{Окончательно величина тормозного пути: } S_T = \frac{V_a^2 \cdot K_э}{2 \cdot g \cdot (\varphi \pm i)}.$$

Т а б л и ц а 1

Значения коэффициентов эффективности торможения.

Автомобили	Без нагрузки	С нагрузкой
легковые	1 – 1,12	1,1 – 1,15
грузовые $G_a$ до 10 т и автобусы $L$ до 7 м.	1,1 – 1,3	1,2 – 1,5
грузовые $G_a > 10$ т. и автобусы, $L > 7$ м.	1,2 – 1,4	1,4 – 1,6

Для практической оценки возможности остановки автомобиля, например, с целью предотвращения ДТП более приемлема величина остановочного пути – пути который проходит автомобиль с начала обнаружения препятствия до остановки ТС.

Величина остановочного пути, кроме пути торможения, включает пути за время реакции водителя  $t_p$ , срабатывания тормозного привода  $t_{cp}$ , нарастания давления в тормозной системе  $t_n$  (рис. 4). Приняв, что за время  $t_p$ ,  $t_{cp}$ ,  $0,5 t_n$ , автомобиль продолжает двигаться со скоростью  $V_a^2$ , получаем величину  $S_o$ .

$$S_o = (t_p + t_{cp} + 0,5 \cdot t_n) V_a + \frac{V_a^2 \cdot k_э}{2 \cdot g \cdot \varphi}. \quad (2)$$

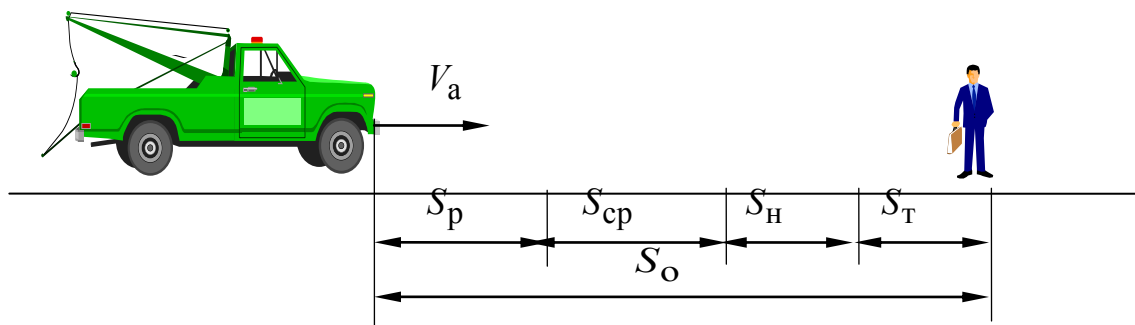


Рис. 4. Схема для определения остановочного пути

Время реакции водителя  $t_p$  отсчитывается от обнаружения препятствия до начала нажатия на тормозную педаль, зависит от его физиологических качеств, меняется в широких пределах от 0,3 до 1,5 с. и в расчетах обычно принимается **0,7 - 0,8 с.**

Время срабатывания тормозов  $t_{cp}$  отсчитывается с начала нажатия на тормозную педаль до возникновения тормозного момента на колесах, зависит от технического состояния тормозной системы, типа привода и колеблется от **0,05** до 0,15 с. для гидравлического привода и от **0,2** до **0,4** для пневматического.

Время нарастания давления в тормозной системе  $t_H$  отсчитывается от начала его увеличения до достижения максимального значения, зависит от типа транспортного средства, типа и состояния тормозной системы, усилия на тормозную педаль и в расчетах принимается **0,1 с.**

## 2. Устойчивость автомобиля.

Устойчивость автомобиля характеризует его способность противостоять произвольным изменениям направления движения, опрокидыванию или скольжению на дороге. Различают поперечную и продольную устойчивость автомобиля.

Продольная устойчивость транспортного средства заключается в сохранении ориентации вертикальной оси в продольной плоскости в заданных пределах, т.е. перемещении на продольном уклоне без опрокидывания или скольжения. Вероятность опрокидывания современных автомобилей в продольной плоскости невелика ввиду низкого расположения центра тяжести современных автомобилей.

Поперечная устойчивость характеризует свойство транспортного средства сохранять ориентацию вертикальной оси в поперечной плоскости в заданных пределах.

Потеря поперечной устойчивости вызывает боковое скольжение с возможным переходом его в опрокидывание, что может быть вызвано следующими причинами:

- действие центробежной силы;
  - действие боковых сил (ветра, поперечной составляющей массы и др.);
- При повороте автомобиля на кривой радиусом  $R_{п}$  (рис. 5) в центре масс

$O_{\text{ц}}$  возникает центробежная сила  $P_{\text{ц}}$ , стремящаяся сместить автомобиль в боковом направлении

$$P_{\text{ц}} = \frac{G_{\text{а}} \cdot V_{\text{а}}^2}{g \cdot R_{\text{п}}}$$

$P_{\text{ц}}$  раскладывается на две составляющие: продольную  $P_x$  и поперечную  $P_y$ . Для безопасного движения основное значение имеет сила  $P_y$ , вызывающая скольжение и опрокидывание автомобиля.

Величину  $P_{\text{ц}}$  можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{ц}} = \frac{G_{\text{а}} \cdot V_{\text{а}}^2}{g \cdot R} \cos \gamma,$$

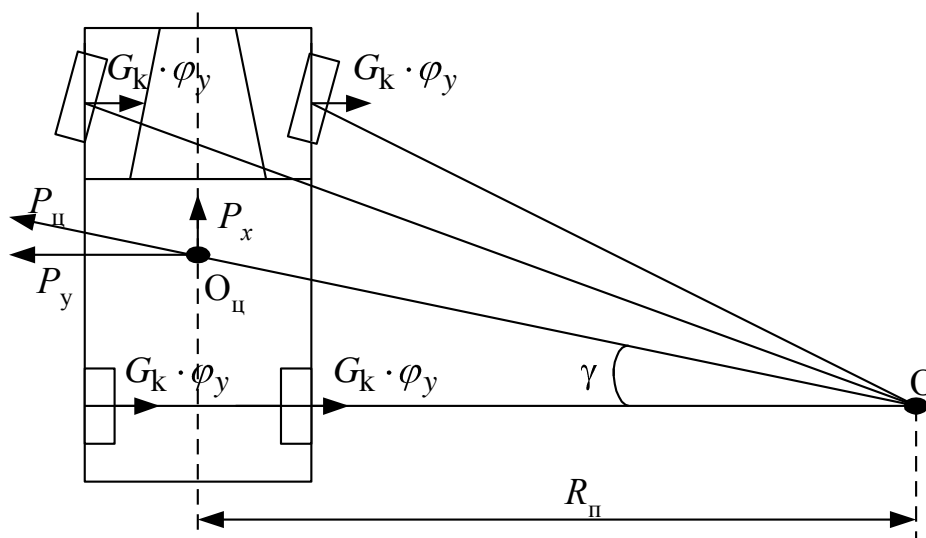
где  $\gamma$  – угол между радиусом траектории центра масс автомобиля и продолжением оси задних колес.

При поворотах угол  $\gamma$  имеет небольшое значение и поэтому в расчетах на устойчивость автомобиля используют не составляющую силы  $P_y$  от  $P_{\text{ц}}$ , а полное значение сил  $P_{\text{ц}}$ .

Противодействует смещению автомобиля сила сцепления колес с дорогой  $P_{\text{сц}}$

$$P_{\text{сц}} = \sum_{k=1}^n G_k \cdot \phi_y = G_{\text{а}} \cdot \phi_y,$$

где  $G_k$  - сила тяжести, приходящаяся на колесо, кг;  $\phi_y$  - коэффициент сцепления шин с дорогой в поперечном направлении.



**Рис. 5. Схема сил, действующих при криволинейном движении**

Условие неустойчивого равновесия

$$\frac{G_a \cdot V_a^2}{g \cdot R_{\Pi}} = G_a \cdot \varphi_y.$$

Отсюда легко рассчитать скорость (критическую), с которой можно вести автомобиль без опасности заноса по горизонтальному участку, м/с:

$$V_{\text{кр.к}} \leq \sqrt{g \cdot \varphi_y \cdot R}.$$

Согласно формуле движение автомобиля будет устойчивее на дорогах с пологими поворотами, хорошим качеством и состоянием покрытия, а также при ограниченных скоростях движения.

Условие устойчивости автомобиля в случае возможного опрокидывания получаем, составляя уравнение моментов относительно центра опрокидывания – точки О (рис. 6), в котором опрокидывающему действию поперечной силы  $P_{\Pi}$  на плече  $h_{\Pi}$ , возникающей при движении автомобиля на повороте, характеризующемся радиусом  $R_{\Pi}$ , противодействует сила  $G_a$  на плече  $B/2$ .

$$P_{\Pi} \cdot h_{\Pi} = G_a \frac{B}{2} \cdot \frac{G_a \cdot V_a^2 \cdot h_{\Pi}}{g \cdot R_{\Pi}} = \frac{e}{2},$$

где  $h_{\Pi}$  - высота центра масс, м;  $B$  - колея, м.

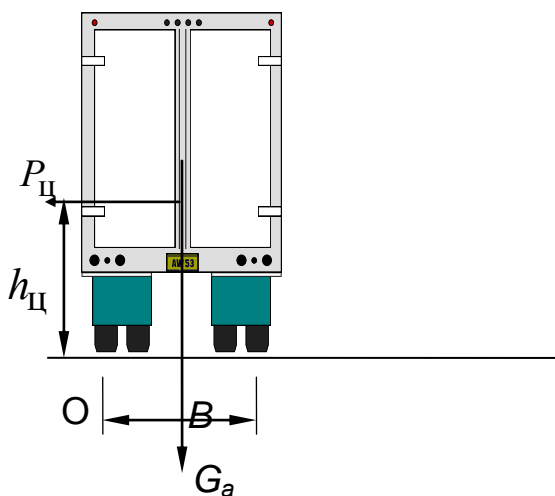


Рис.6. Действие в поперечной плоскости моментов от сил  $P_{\Pi}$  и  $G_a$  на повороте радиусом  $R_{\Pi}$

Плечо действия силы  $G_a$  будет несколько меньше  $B/2$  вследствие деформации упругих элементов подвески под действием центробежной силы и крена поддресоренных масс. Это учитывается введением коэффициента  $\eta_{\text{кр}}$ . После преобразования максимально возможная скорость (критическая), с которой можно вести автомобиль без опасности опрокидывания по горизонтальному участку, м/с:

$$V_{\text{кр.опр.}} \leq \eta_{\text{кр}} \sqrt{\frac{g \cdot B \cdot R_{\Pi}}{2 \cdot h_{\Pi}}},$$

где  $\eta_{\text{кр}}$  - коэффициент, учитывающий де

формацию упругих элементов подвески

(рессор, шин)  $\eta_{\text{кр}} = 0,85 - 0,95$

Согласно формуле устойчивость автомобиля в случае возможного опрокидывания выше на дорогах с пологими поворотами у автомобилей с широкой колеей и низкой высотой центра масс. Опрокидывание автомобиля может также произойти в результате непогашенного заноса, в случаях наезда на препятствие или съезда его с полотна дороги.

Возможность заноса или опрокидывания автомобиля зависит от

величины и направления поперечного уклона дороги. Если уклон совпадает с направлением центробежной силы, условия заноса и опрокидывания усугубляются и наоборот. Движение автомобиля по криволинейной траектории может возникнуть не по воле водителя, а как следствие нарушения курсовой устойчивости с последующими нежелательными последствиями. Возможность заноса или опрокидывания автомобиля требует от водителя умения выбора безопасной скорости и траектории движения на криволинейных участках дороги, а также при маневрировании.

#### **Динамические качества автомобиля.**

Динамические или тяговые качества автомобиля являются одним из измерителей скоростных свойств автомобиля, которые определяют:

- предельную величину продольных уклонов дороги, преодолеваемых автомобилем на каждой из передач;
- возможную величину ускорения автомобиля на каждую из передач при разных дорожных сопротивлениях;
- максимальную скорость автомобиля в различных условиях.

Динамические качества особенно важны в дорожно-транспортных ситуациях, требующих резкого увеличения скорости автомобиля (обгон, объезд препятствия, проезд пересечения) т.е. в таких ситуациях в которых необходимо сократить время нахождения автомобиля в сложной или опасной зоне.

Однако чрезмерная уверенность водителя в динамических качествах автомобиля может привести к очень серьезным последствиям и уже сейчас имеется аппаратура информирующая водителя о превышении скорости в той или иной ситуации