

4 Автотранспортные процессы

Способы транспортирования грузов автомобильным транспортом представляют собой автотранспортные процессы осуществляющие перемещение грузов от поставщика (из одного места) к потребителю (в другое место) при этом (поочередно) выполняются все операции по приемке грузов, оформлению транспортной документации на прием грузов, погрузке, транспортированию, разгрузке грузов и оформлению до транспортной документации на сдачу грузов.

Часть этих операций совмещается, поэтому условно, автотранспортные процессы рассматриваются, как состоящие, из основных не совмещенных операций погрузки, транспортирования автомобильным транспортом и разгрузки.

В результате автотранспортного процесса Q тонн груза транспортируется на расстояние l километров, при этом совершается транспортная работа $P = Ql$ в тонно-километрах. При этом из работ, выполняемых в течение рабочего дня (смены), в автотранспортный процесс не входят следующие:

- ежедневное техническое обслуживание и ремонт АТС;
- заправка ГСМ;
- медосмотр водителя и оформление путевых листов и нарядов;
- движение АТС от транспортного предприятия до первого отправителя груза;
- движение АТС от последнего получателя груза до транспортного предприятия;
- сдача путевых листов и нарядов;
- мойка АТС, установка его на стоянку и хранение.

4.1 Основные элементы автотранспортного процесса

Единицей автотранспортного процесса является цикл (ездка). Продолжительность цикла автотранспортного процесса (в часах):

- за одну езду

$$T_{ц.тр} = t'_e = t'_{qг} + t'_{qх} + t'_n + t'_p, \quad (4.1)$$

где t'_e , $t'_{qг}$, $t'_{qх}$, t'_n , и t'_p – соответственно продолжительность ездки, движения с грузом, движения без груза (холостого), погрузки и разгрузки в часах;

- за z_e ездов

$$T_{ц.тр} = t'_e z_e = (t'_{qг} + t'_{qх} + t'_n + t'_p) z_e. \quad (4.2)$$

Продолжительность движения с грузом

$$t'_{qг} = \frac{l'_{ег}}{V_{qг}}, \quad (4.3)$$

где $l'_{\text{ер}}$ - длина ездки с грузом, км; V_{qr} - скорость движения с грузом, км/ч.

Продолжительность движения без груза

$$t'_{\text{qx}} = \frac{l'_{\text{ex}}}{V_{\text{qx}}}, \quad (4.4)$$

где l'_{ex} - длина ездки без груза, км; V_{qx} - скорость движения без груза, км/ч.

Продолжительности погрузки t'_n и разгрузки t'_p принимаем равными для погрузочно-разгрузочных машин прерывного действия:

$$t'_{n(p)} = t_3 + t_y + \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{2h}{V_3}, \quad (4.5)$$

где t_3 — продолжительность захвата, ч; t_y — продолжительность установки, ч; l_1 и l_2 — длина перемещения рабочего органа с грузом и без груза, м; V_1 и V_2 — скорость перемещения рабочего органа с грузом и без груза, м/ч; h — высота подъема груза, м; V_3 — скорость подъема груза, м/ч.

Условно принимается, что вспомогательные операции выполняются параллельно с погрузкой и разгрузкой грузов, т.е. совмещаются.

За одну ездку АТС перевозит на расстояние $l'_{\text{ер}}$ (длина ездки с грузом) груза, т

$$Q = q_{\text{ф}}, \quad (4.6)$$

где $q_{\text{ф}}$ - фактическая грузоподъемность транспортного средства.

При этом АТС выполняет работу, т·км

$$P = q_{\text{ф}} l'_{\text{ер}}, \quad (4.7)$$

За z_e ездок при $q_{\text{ф}} = \text{const}$ и $l'_{\text{ер}} = \text{const}$ АТС перевозит груза, т

$$Q = q_{\text{ф}} z_e \quad (4.8)$$

и выполняет работу (т·км)

$$P = q_{\text{ф}} l'_{\text{ер}} z_e. \quad (4.9)$$

За z_e ездок при $q_{\text{ф}} = \text{var}$ и $l'_{\text{ер}} = \text{var}$ АТС перевозит груз (т)

$$Q = \sum_{i=1}^{i=z_e} q_{\text{ф}_i} \quad (4.10)$$

и выполняет работу (т·км)

$$P = \sum_{i=1}^{i=z_e} (q_{\text{ф}} l'_{\text{ер}})_i. \quad (4.11)$$

Так как $l'_{ер}$, l'_{ex} , V_{qr} , V_{qx} , t'_{qr} , t'_{qx} , t'_{np} , z_e и другие показатели в автотранспортном процессе являются величинами переменными, то необходимо их измерение и суммирование для определения значений Q и P , что в условиях выполнения автотранспортного процесса невозможно. Поэтому для расчета автотранспортного процесса используются среднее значение длины ездки с грузом $l_{ер}$, коэффициенты использования пробега β_e , статического использования грузоподъемности γ_c , динамического использования грузоподъемности γ_d и среднее значение технической скорости V_t .

Средняя длина ездки с грузом $l_{ер}$ — среднеарифметическое значение всех длин ездов с грузом:

$$l_{ер} = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{ер_i}}{z_e}. \quad (4.12)$$

Коэффициент использования пробега β_e — отношение длины ездки с грузом к общей длине ездки, т.е. к сумме ездов с грузом и без груза:

- за одну ездку

$$\beta_e = \frac{l'_{ер}}{l'_{ер} + l'_{ex}}; \quad (4.13)$$

- за z_e ездов

$$\beta_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{ер_i}}{\sum_{i=1}^{i=z_e} (l'_{ер} + l'_{ex})_i}. \quad (4.14)$$

Если известна длина ездки с грузом $l'_{ер}$, то с помощью β_e можно определить общий пробег l_e транспортного средства:

- за одну ездку

$$l_e = l'_{ер} + l'_{ex} = \frac{l'_{ер}}{\beta_e}; \quad (4.15)$$

- за z_e ездов

$$l_e = \sum_{i=1}^{i=z_e} (l'_{ер} + l'_{ex})_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{ер_i}}{\beta_e}. \quad (4.16)$$

Из (2.8)

$$\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{ер_i} = l_{ер} z_e, \quad (4.17)$$

тогда

$$l_e = \frac{l_{er} z_e}{\beta_e}. \quad (4.18)$$

Коэффициент статического использования грузоподъемности АТС γ_c — отношение фактической грузоподъемности q_ϕ к номинальной q :

- за одну езду

$$\gamma_c' = \frac{q_\phi}{q}; \quad (4.19)$$

- за z_e ездов

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} q_{\phi_i}}{q z_e}. \quad (4.20)$$

Коэффициент динамического использования грузоподъемности АТС γ_d — отношение фактически выполненной работы P_ϕ к номинальной P за пробег с грузом:

- за одну езду

$$\gamma_d' = \frac{P_\phi}{P} = \frac{q_\phi l_{er}'}{q l_{er}} = \frac{q_\phi}{q} = \gamma_c; \quad (4.21)$$

- за z_e ездов

$$\gamma_d = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} (q_{\phi_i} l_{er_i}')}{q \sum_{i=1}^{i=z_e} l_{er_i}'} \quad (4.22)$$

Так как из (7.12) $\sum_{i=1}^{i=z_e} l_{er_i}' = l_{er} z_e$, то

$$\gamma_d = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} (q_{\phi_i} l_{er_i}')}{q l_{er} z_e}. \quad (4.23)$$

В автотранспортном процессе рассматриваются техническая V_T и эксплуатационная $V_э$ скорости.

Техническая скорость — это отношение длины езды l_e' ко времени движения за езду t_{qe}' с учетом остановок, связанных с движением (простои у перекрестков, в дорожных пробках и т.п.).

Эксплуатационная скорость — это отношение длины езды ко времени движения с учетом остановок, связанных с движением, и с погрузкой и разгрузкой грузов.

Техническая скорость

- за одну езду

$$V_T = \frac{l'_e}{t'_{qe}}; \quad (4.24)$$

- за z_e ездов

$$V_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{e_i}}{\sum_{i=1}^{i=z_e} t_{qe_i}}. \quad (4.25)$$

Так как $\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{e_i} = \sum_{i=1}^{i=z_e} (l'_{er} + l'_{ex})_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{er_i}}{\beta_e}$, а из

$$(4.12)$$

$$\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{er_i} = l_{er} z_e, \text{ то } \sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{e_i} = \frac{l_{er} z_e}{\beta_e}.$$

Поэтому

$$V_T = \frac{l_{er} z_e}{\beta_e \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{qe_i}}. \quad (4.26)$$

Эксплуатационная скорость

- за одну езду

$$V_{\text{э}} = \frac{l'_e}{t'_{qe} + t'_{np}}; \quad (4.27)$$

- за z_e ездов

$$V_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{e_i}}{\sum_{i=1}^{i=z_e} t'_{qe_i} + \sum_{i=1}^{i=z_e} t'_{np_i}}. \quad (4.28)$$

С учетом (4.12) и (4.14)

$$V_{\text{э}} = \frac{l_{er} z_e}{\beta_e \left(\sum_{i=1}^{i=z_e} t'_{qe_i} + \sum_{i=1}^{i=z_e} t'_{np_i} \right)}. \quad (7.29)$$

4.2 Производительность автотранспортного процесса

Производительность цикла (ездки) автотранспортного процесса - это масса перевезенного груза в тоннах или выполненная работа в тонно-километрах за единицу времени.

В автотранспортном процессе рассматриваются техническая и эксплуатационная часовая производительности.

Техническая производительность за езду:

- в т/ч

$$W_Q^T = \frac{Q}{t_{qe}} = \frac{q\gamma_c}{\frac{l'_{er}}{\beta_e V_T}}; \quad (4.30)$$

- в т·км/ч

$$W_P^T = \frac{P}{t_{qe}} = \frac{q\gamma_d l'_{er}}{\frac{l'_{er}}{\beta_e V_T}} = \frac{q\gamma_d}{\frac{1}{\beta_e V_T}}. \quad (4.31)$$

Эксплуатационная производительность за езду:

- в т/ч

$$W_Q = \frac{Q}{t_{qe} + t'_{np}} = \frac{q\gamma_c}{\frac{l'_{er}}{\beta_e V_T} + t'_{np}}; \quad (4.32)$$

- в т·км/ч

$$W_P = \frac{P}{t_{qe} + t'_{np}} = \frac{q\gamma_d l'_{er}}{\frac{l'_{er}}{\beta_e V_T} + t'_{np}} = \frac{q\gamma_d}{\frac{1}{\beta_e V_T} + \frac{t'_{np}}{l'_{er}}}. \quad (4.33)$$

Таким образом, техническая производительность позволяет определить количество перевезенного груза (в т/ч) и выполненную работу (в т·км /ч) с учетом времени затраченного только на движение с грузом и без него и остановок, связанных с движением, а эксплуатационная производительность — с учетом всего времени цикла транспортного процесса.

W_Q из (4.32) и W_P из (4.33) зависят от факторов q , γ_c , γ_d , β_e , V_T , t'_{np} и l'_{er} , определяющих транспортный процесс.

Для анализа влияния этих факторов на W_Q и W_P принимаем в правой части выражений (4.32) и (4.33) последовательно один фактор за переменную величину при прочих постоянных (однофакторный эксперимент).

4.2.1 Анализ влияния q

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(q) \rightarrow W_Q = C_1 q, \quad (4.34)$$

где $C_1 = \frac{\gamma_c}{\frac{I'_{ер}}{\beta_e V_T} + t'_{нр}}$, а уравнение (4.33) – в выражение

$$W_P = f(q) \rightarrow W_P = C_2 q, \quad (4.35)$$

где $C_2 = \frac{\gamma_d}{\frac{1}{\beta_e V_T} + \frac{t'_{нр}}{I'_{ер}}}$.

4.2.2 Анализ влияния γ_c и γ_d

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(\gamma_c) \rightarrow W_Q = C_3 \gamma_c, \quad (4.36)$$

где $C_3 = \frac{q}{\frac{I'_{ер}}{\beta_e V_T} + t'_{нр}}$, а уравнение (4.33) – в выражение

$$W_P = f(\gamma_d) \rightarrow W_P = C_4 \gamma_d, \quad (4.37)$$

где $C_4 = \frac{q}{\frac{1}{\beta_e V_T} + \frac{t'_{нр}}{I'_{ер}}}$.

4.2.3 Анализ влияния q и γ_c

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(q\gamma_c) \rightarrow W_Q = C_5 q \gamma_c, \quad (4.38)$$

где $C_5 = \frac{1}{\frac{I'_{ер}}{\beta_e V_T} + t'_{нр}}$.

4.2.4 Анализ влияния q и γ_d

Уравнение (4.33) преобразуем в выражение

$$W_P = f(q \gamma_d) \rightarrow W_P = C_6 q \gamma_d, \quad (4.39)$$

где $C_6 = \frac{1}{\frac{1}{\beta_e V_T} + \frac{t'_{нр}}{I'_{ер}}}$.

Уравнения (4.34) - (4.39) представляют собой линейную зависимость (рис. 4.1, прямая 1).

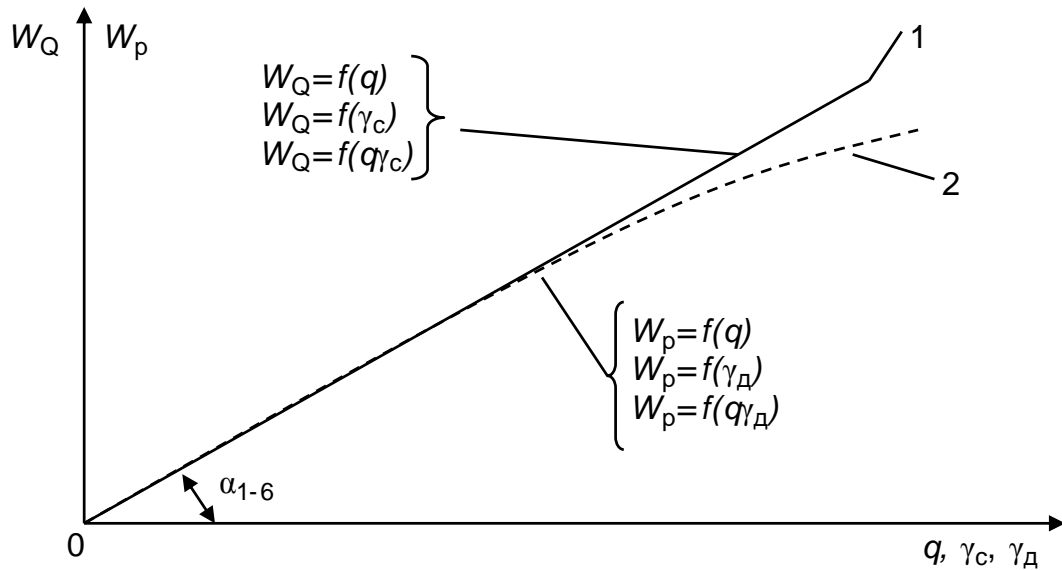


Рис. 4.1 - Влияние q, γ_c, γ_d на W_Q и W_P : 1 – расчетное; 2 – реальное

Тангенс угла наклона этих прямых

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-6} = C_{1-6}. \quad (4.40)$$

Из формул для $C_1 - C_6$ видно, что C_1, C_3, C_5 будут тем больше, чем больше q, γ_c, β_e и V_T и чем меньше l'_{er} и t'_{np} , а C_2, C_4, C_6 будут тем больше, чем больше $q, \gamma_d, \beta_e, V_T, l'_{er}$ и чем меньше t'_{np} .

При анализе влияния q, γ_c и γ_d на W_Q и W_P было принято, что остальные факторы β_e, V_T, t'_{np} и l'_{er} остаются постоянными. Это справедливо для небольшого диапазона изменения $q\gamma_c$ и $q\gamma_d$. При значительном их увеличении техническая скорость V_T уменьшается, а продолжительность погрузки и разгрузки t'_{np} увеличивается, поэтому наблюдается отклонение от линейной зависимости для W_Q и W_P (рис. 4.1, кривая 2).

4.2.5 Анализ влияния β_e

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(\beta_e) \rightarrow W_Q \beta_e - a_1 \beta_e + b_1 W_Q = 0, \quad (4.41)$$

где $a_1 = \frac{q\gamma_c}{t'_{np}}$ и $b_1 = \frac{l'_{er}}{V_T t'_{np}}$.

Уравнение (4.41) представляет собой равнобочную гиперболу, проходящую через начало координат $W_Q - \beta_e$ (рис. 4.2).

Центр асимптот O_1 находится на расстоянии a_1 по оси ординат и на расстоянии b_1 по оси абсцисс от начала координат O .

Действительное значение β_e меняется от 0,5 до 1,0, поэтому влияние β_e на W_Q будет примерно одинаково для всего диапазона изменений β_e . Крутизна гиперболы будет тем больше, чем больше a_1 и меньше b_1 , т.е. чем больше q, γ_c и

V_T и меньше $I'_{ер}$.

Уравнение (4.33) преобразуем в выражение

$$W_P = f(\beta_e) \rightarrow W_P \beta_e - a'_1 \beta_e + b'_1 W_P = 0, \quad (4.42)$$

где $a'_1 = \frac{q\gamma'_d I'_{ер}}{t'_{нр}}$ и $b'_1 = \frac{I'_{ер}}{V_T t'_{нр}}$.

Уравнение (4.42) аналогично (4.41).

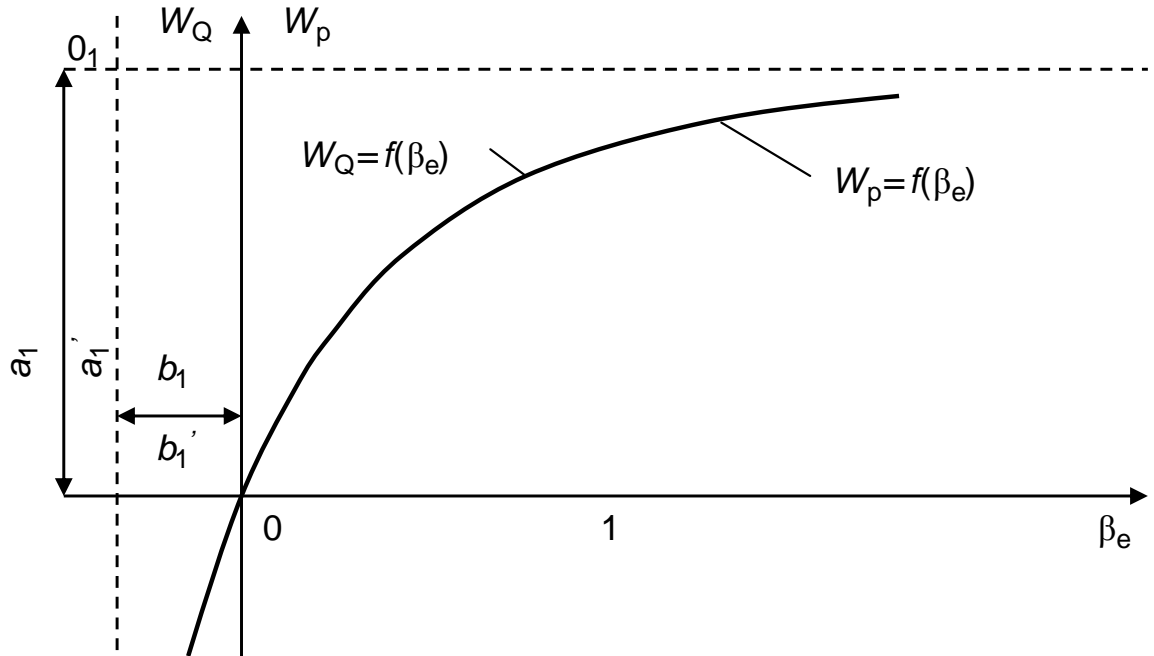


Рис. 4.2 - Влияние β_e на W_Q и W_P

4.2.6 Анализ влияния V_T

Уравнения (4.32) преобразуется

$$W_Q = f(V_T) \rightarrow W_Q V_T - a_2 V_T + b_2 W_Q = 0, \quad (4.43)$$

где $a_2 = \frac{q\gamma'_c}{t'_{нр}}$ и $b_2 = \frac{I'_{ер}}{\beta_e t'_{нр}}$.

Уравнение (4.43) представляет собой равнобочную гиперболу, проходящую через начало координат $W_Q - V_T$ (рис. 4.3).

Зависимость (4.43) аналогична зависимости (4.41). Однако действительные значения V_T , в отличие от β_e , меняются от нуля до значительной величины, поэтому влияние V_T при малых ее значениях будет сильнее, чем при больших. Крутизна кривой тем больше, чем больше a_2 и меньше b_2 , т.е. чем больше q , γ_c и β_e и меньше $I'_{ер}$.

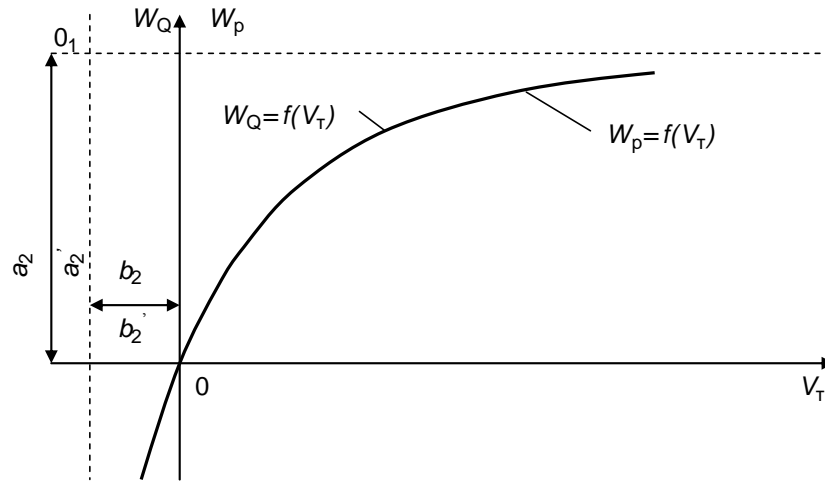


Рис. 4.3 - Влияние V_T на W_Q и W_P

Уравнение (4.33) преобразуем в выражение

$$W_P = f(V_T) \rightarrow W_P V_T - a_2' V_T + b_2' W_P = 0, \quad (4.44)$$

где $a_2' = \frac{q\gamma_D l_{er}'}{t_{np}'}$ и $b_2' = \frac{l_{er}'}{\beta_e t_{np}'}$

Уравнение (4.44) аналогично (4.43).

4.2.7 Анализ влияния t_{np}'

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(t_{np}') \rightarrow W_Q t_{np}' - a_3 + b_3 W_Q = 0, \quad (4.45)$$

где $a_3 = q\gamma_c$ и $b_3 = \frac{l_{er}'}{\beta_e V_T}$.

Уравнение (4.45) представляет собой равнобочную гиперболу с асимптотами параллельными оси координат $W_Q - t_{np}'$ (рис. 4.4).

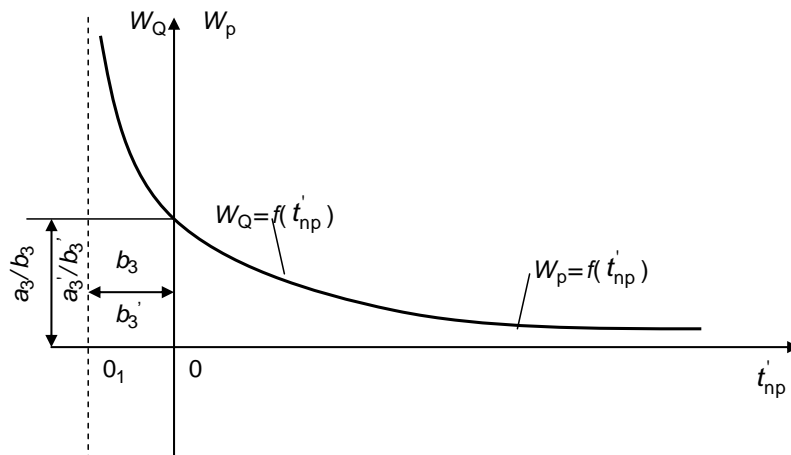


Рис. 4.4 - Влияние t_{np}' на W_Q и W_P

Центр асимптот 0_1 расположен на оси абсцисс на расстоянии b_3 от начала координат. При $t'_{np} = 0$ кривая пересекает ось ординат на высоте a_3/b_3 , что равно максимальному значению W_Q :

$$W_{Q_{\max}} = \frac{a_3}{b_3} = \frac{q\gamma_c \beta_e V_T}{I'_{er}}, \text{ Т/ч.} \quad (4.46)$$

Чем больше отношение a_3/b_3 и меньше значение b_3 , тем больше крутизна кривой. С увеличением t'_{np} W_Q уменьшается, приближаясь к нулю.

Уравнение (4.43) преобразуем в выражение

$$W_P = f(t_{np}) \rightarrow W_{Pt_{np}} - a'_3 + b'_3 W_P = 0, \quad (4.47)$$

где $a'_3 = q\gamma_d I'_{er}$ и $b'_3 = \frac{I'_{er}}{\beta_e V_T}$.

Уравнение (4.47) аналогично (4.45). Тогда

$$W_{P_{\max}} = \frac{a'_3}{b'_3} = q\gamma_d \beta_e V_T, \text{ Т·км/ч} \quad (4.48)$$

4.2.8 Анализ влияния I'_{er}

Уравнение (4.32) преобразуем в выражение

$$W_Q = f(I'_{er}) \rightarrow W_Q I'_{er} - a_4 + b_4 W_Q = 0, \quad (4.49)$$

где $a_4 = q\gamma_c \beta_e V_T$ и $b_4 = \beta_e V_T t'_{np}$.

Уравнение (4.47) представляет собой равнобочную гиперболу с асимптотами параллельными осям координат W_Q — I'_{er} (рис. 4.5а).

Центр асимптот 0_1 расположен на оси абсцисс на расстоянии b_4 от начала координат. При $I'_{er} = 0$ кривая пересекает ось ординат на высоте a_4/b_4 , что равно максимальному значению W_Q :

$$W_{Q_{\max}} = \frac{a_4}{b_4} = \frac{q\gamma_c}{t'_{np}}. \quad (4.50)$$

Чем больше отношение a_4/b_4 и меньше значение b_4 , тем больше крутизна кривой. С увеличением I'_{er} W_Q уменьшается, приближаясь к нулю. Большее влияние I'_{er} на W_Q сказывается при меньших значениях I'_{er} .

Уравнение (4.24) преобразуем в выражение

$$W_P = f(I'_{er}) \rightarrow W_P I'_{er} - a'_4 I'_{er} + b'_4 W_P = 0, \quad (4.51)$$

где $a'_4 = q\gamma_d \beta_e V_T$ и $b'_4 = \beta_e V_T t'_{np}$.

Уравнение (4.51) представляет собой равнобочную гиперболу с асимпто-

тами параллельными осям координат $W_P — I'_{er}$ (рис. 4.5 б). Центр асимптот O'_1 расположен на расстоянии a'_4 по оси ординат и на расстоянии b'_4 по оси абсцисс от начала координат 0. Центры асимптот кривых (4.49) и (4.51) O_1 и O'_1 находятся на одинаковом расстоянии от начала координат по оси абсцисс $b_4 = b'_4 = \beta_e V_T t'_{np}$, т.е. имеют одну общую асимптоту. Крутизна кривой (4.51) будет тем больше, чем больше a'_4 и меньше b'_4 , т.е. чем больше q , γ_d и чем меньше t'_{np} .

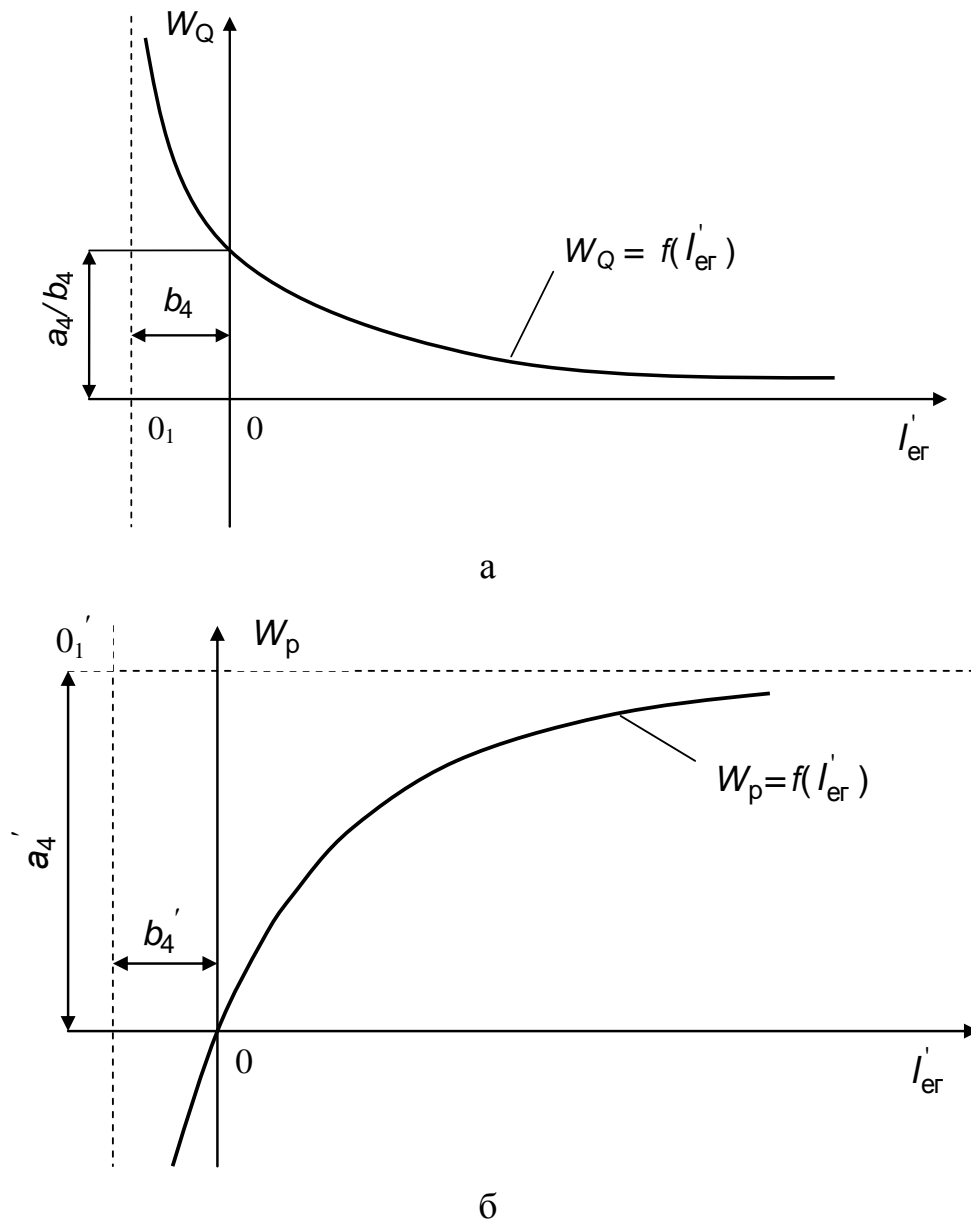


Рис. 4.5 - Влияние I'_{er} на W_Q (а) и на W_P (б)

Для количественной оценки производительности автотранспортного процесса при изменении факторов, определяющих автотранспортный процесс, строятся характеристические графики:

$$W_Q = f(q, \gamma_c, \beta_e, V_T, t'_{np} \text{ и } l'_{er}) \text{ и } W_P = f(q, \gamma_d, \beta_e, V_T, t'_{np} \text{ и } l'_{er}).$$

Эти графики дают возможность определить производительность в т/ч и т·км/ч при изменении показателей и выбрать наиболее целесообразный режим работы транспортного средства. На рис. 4.6 показан характеристический график $W_Q = f(q, \gamma_c, \beta_e, V_T, t'_{np} \text{ и } l'_{er})$, который построен для следующих показателей: $q = 6 \text{ т}$; $\gamma_c = 0,8$; $\gamma_d = 0,6$; $\beta_e = 0,5$; $V_T = 20 \text{ км/ч}$; $t'_{np} = 0,3 \text{ ч}$; $l'_{er} = 10 \text{ км}$.

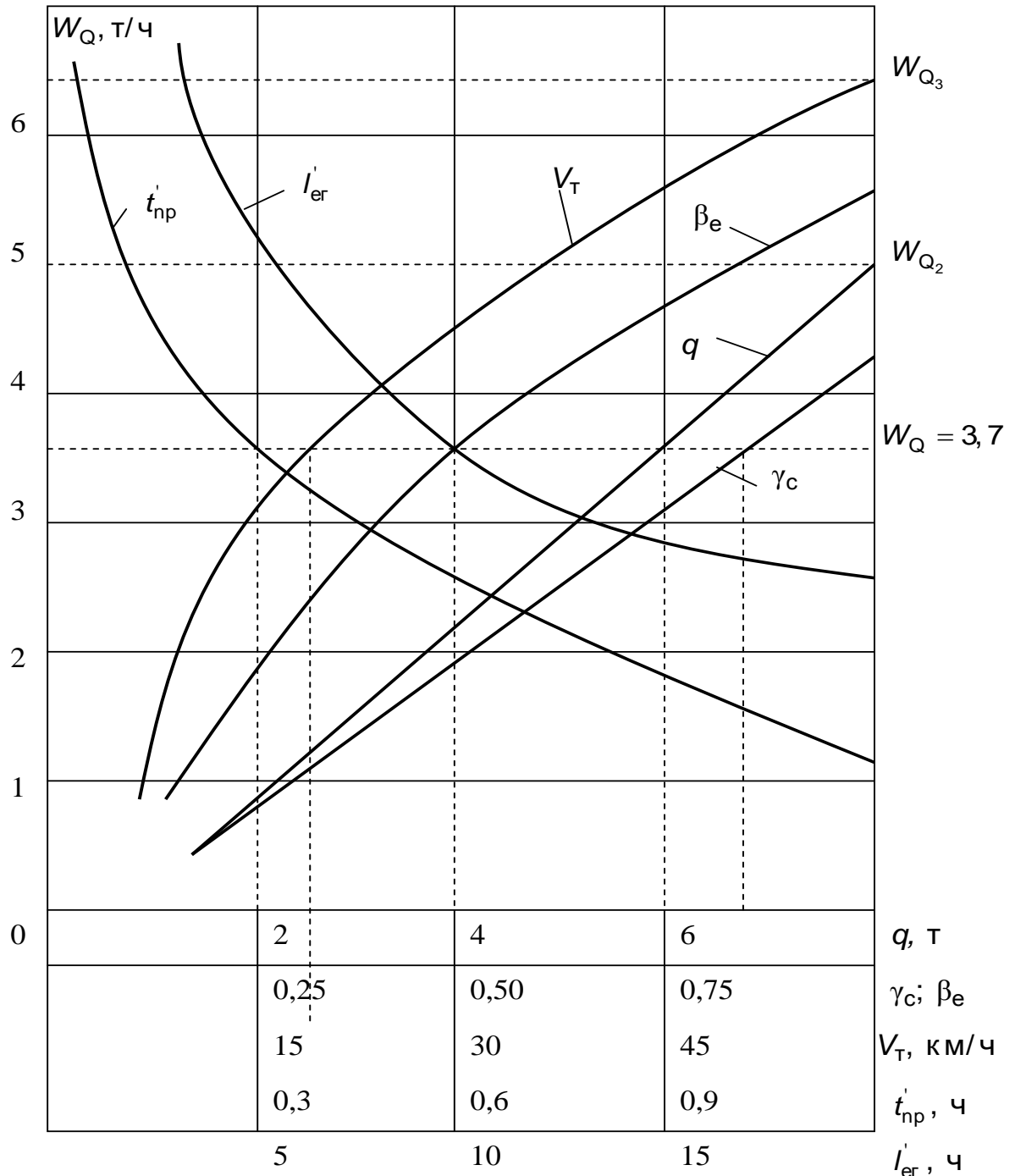


Рис. 4.6 - Влияние $q, \gamma_c, \beta_e, V_T, t'_{np}, l'_{er}$ на W_Q

Для этих показателей $W_Q = 3,7 \text{ т/ч}$ $W_P = 56 \text{ т·км/ч}$. Характеристический график $W_P = f(q, \gamma_d, \beta_e, V_T, t'_{np}, l'_{er})$ строится аналогично.

4.3 Себестоимость автотранспортного процесса

Себестоимость — важнейший обобщающий показатель автотранспортного процесса.

Себестоимость автотранспортного процесса есть сумма расходов $\sum C_{\text{расх}}$ на выполнение процесса, отнесенная к сумме транспортной продукции $\sum P^1$, полученной при выполнении автотранспортного процесса и рассчитанная для грузовых АТП в рублях на тонно-километр (р./т·км), а для пассажирских АТП в рублях на пассажиро-километр (р./п·км)

$$S = \frac{\sum C_{\text{расх}}}{\sum P}. \quad (4.52)$$

Расходы, связанные с выполнением автотранспортного процесса, условно можно разделить на следующие виды:

- $C_{\text{пер}}$ — переменные, связанные с эксплуатацией автотранспортного средства и начисленные на 1 км пробега (расходы на топливо, смазочные материалы, технические жидкости, шины, техническое обслуживание, ремонт, амортизацию и др.);
- $C_{\text{пос}}$ — постоянные, связанные с эксплуатацией сооружений, административно-хозяйственной деятельностью и начисленные на 1 час нахождения автотранспортного средства в АТП (расходы на содержание зданий и сооружений, налоги, хозяйственные расходы, заработная плата административно-хозяйственного персонала и условно водителей);
- $C_{\text{пр}}$ — погрузочно-разгрузочные, связанные с выполнением этих работ, содержанием и эксплуатацией погрузочно-разгрузочных машин и начисленные на 1 т перевезенного груза;
- $C_{\text{д}}$ — дорожные, связанные со строительством и эксплуатацией дорог, содержанием и эксплуатацией дорожных машин и начисленные на 1 км используемой дороги (на 1 км пробега).

Полная себестоимость может быть представлена суммой каждого вида расходов отнесенной к единице автотранспортной продукции, (р./т·км):

$$S = S_{\text{пер}} + S_{\text{пос}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}, \quad (4.53)$$

$$\text{где } S_{\text{пер}} = \frac{C_{\text{пер}} V_{\text{э}}}{W_{\text{р}}}; \quad S_{\text{пос}} = \frac{C_{\text{пос}}}{W_{\text{р}}}; \quad S_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} W_{\text{Q}}}{W_{\text{р}}}; \quad S_{\text{д}} = \frac{C_{\text{д}} V_{\text{э}}}{W_{\text{р}}}.$$

Тогда

$$S = \frac{C_{\text{пер}} V_{\text{э}} + C_{\text{пос}} + C_{\text{пр}} W_{\text{Q}} + C_{\text{д}} V_{\text{э}}}{W_{\text{р}}}, \quad (4.54)$$

* За сумму транспортной продукции в АТП принимаются следующие показатели: масса перевезенного груза; количество перевезенных пассажиров; километраж пробега автомобиля.

В большинстве автотранспортных предприятий при определении себестоимости автотранспортного процесса погрузочно-разгрузочные и дорожные расходы не учитываются, потому что, как правило, погрузочно-разгрузочные расходы несет отправитель и получатель груза, а дорожные расходы несет государство. Дорожный налог относят к постоянным расходам. Таким образом, если из формулы (4.54) исключить $C_{пр}$ и $C_{д}$, то $S = \frac{C_{пер}V_{э} + C_{пос}}{W_p}$. Подставив

значения W_p (4.33) и $V_{э} = \frac{V_T}{1 + \frac{\beta_e V_T t'_{пр}}{I'_{ег}}}$ в это уравнение, получим

$$S = \frac{1}{q\gamma_d} \left(\frac{C_{пер}}{\beta_e} + \frac{C_{пос}}{\beta_e V_T} + \frac{C_{пос} t'_{пр}}{I'_{ег}} \right). \quad (4.55)$$

Себестоимость из (4.55) зависит от факторов q , γ_d , β_e , V_T , $t'_{пр}$, $I'_{ег}$, характеризующих автотранспортный процесс.

Для анализа влияния этих факторов на S принимаем в правой части выражения (4.55) поочередно один фактор за переменную величину при прочих постоянных (однофакторный эксперимент).

4.3.1 Анализ влияния q , γ_d

Уравнение (4.55) преобразуем в выражение

$$S = f(q, \gamma_d) \rightarrow S = \frac{a_1}{q\gamma_d}, \quad (4.56)$$

где $a_1 = \frac{C_{пер}}{\beta_e} + \frac{C_{пос}}{\beta_e V_T} + \frac{C_{пос} t'_{пр}}{I'_{ег}}$.

Уравнение (4.56) представляет собой равнобочную гиперболу асимптотами которой являются оси координат S — q, γ_d (рис. 4.7).

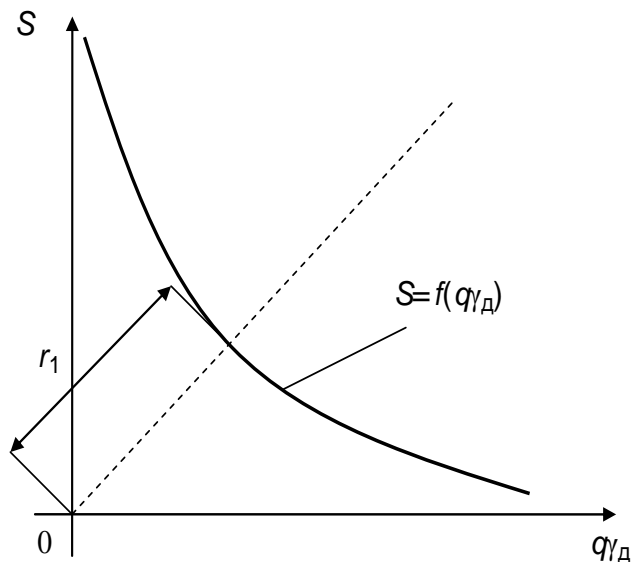


Рис. 4.7 - Влияние q , γ_d на S

Расстояние от вершины гиперболы до начала координат 0 (центра асимптот) равно $r_1 = \sqrt{2a_1}$.

Чем больше a_1 , тем дальше расположена вершина гиперболы и тем меньше кривизна ветвей гиперболы. С увеличением $q\gamma_d$ себестоимость автотранспортного процесса уменьшается.

4.3.2 Анализ влияния β_e, V_T, I'_{er}

Уравнение (4.55) принимает вид

$$S = f(\beta_e) \rightarrow S = \frac{a_2}{\beta_e} + b_2, \quad (4.57)$$

$$\text{где } a_2 = \frac{1}{q\gamma_d} \left(\frac{C_{\text{пос}}}{V_T} + C_{\text{пер}} \right) \text{ и } b_2 = \frac{C_{\text{пос}} t'_{\text{нр}}}{q\gamma_d I'_{er}}.$$

$$S = f(V_T) \rightarrow S = \frac{a_3}{V_T} + b_3, \quad (4.58)$$

$$\text{где } a_3 = \frac{C_{\text{пос}}}{q\gamma_d \beta_e} \text{ и } b_3 = \frac{1}{q\gamma_d} \left(\frac{C_{\text{пер}}}{\beta_e} + \frac{C_{\text{пос}} t'_{\text{нр}}}{I'_{er}} \right).$$

$$S = f(I'_{er}) \rightarrow S = \frac{a_4}{I'_{er}} + b_4, \quad (4.59)$$

$$\text{где } a_4 = \frac{C_{\text{пос}} t'_{\text{нр}}}{q\gamma_d} \text{ и } b_4 = \frac{1}{q\gamma_d \beta_e} \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пос}}}{V_T} \right).$$

Уравнения (4.57), (4.58) и (4.59) представляют собой равнобочные гиперболы с центрами асимптот $O_{2,3,4}$, расположенными на оси ординат на расстоянии $b_{2,3,4}$ от начала координат (рис. 4.8).

Расстояние от вершины гиперболы до центра асимптот $O_{2,3,4}$ равно $r_2 = \sqrt{2a_2}$, $r_3 = \sqrt{2a_3}$, $r_4 = \sqrt{2a_4}$. Чем больше a_2 , a_3 и a_4 , тем дальше будут расположены вершины гипербол и тем меньше кривизна ветвей гиперболы. Чем больше b_2 , b_3 , b_4 , тем больше абсолютные значения S . С увеличением β_e , V_T , I'_{er} себестоимость автотранспортного процесса уменьшается.

4.3.3 Анализ влияния $t'_{\text{нр}}$

Уравнение (4.55) преобразуется в выражение

$$S = f(t'_{\text{нр}}) \rightarrow S = a_5 t'_{\text{нр}} + b_5, \quad (4.60)$$

где $a_5 = \frac{C_{\text{пос}}}{q\gamma_d l'_{\text{ег}}}$ и $b_5 = \frac{1}{q\gamma_d \beta_e} \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_{\text{пос}}}{V_T} \right)$.

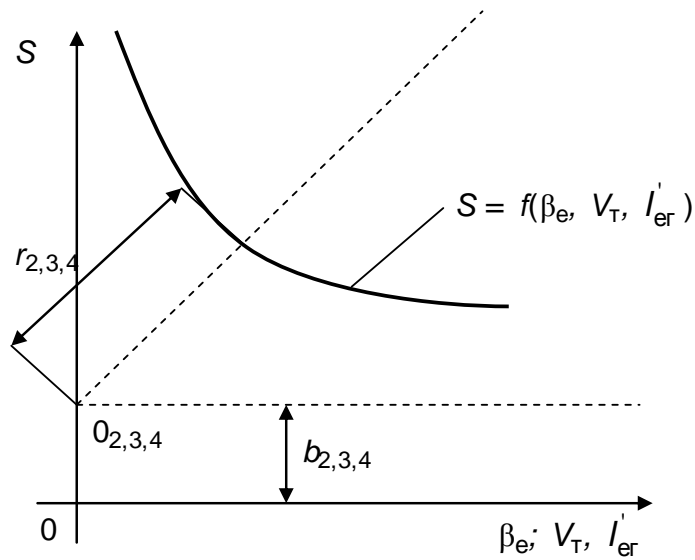


Рис. 4.8 - Влияние β_e , V_T и $l'_{\text{ег}}$ на S

Уравнение (4.60) представляет собой прямую линию в координатах S — $t'_{\text{нр}}$, которая пересекает ось ординат на расстоянии b_5 от начала координат (рис. 4.9).

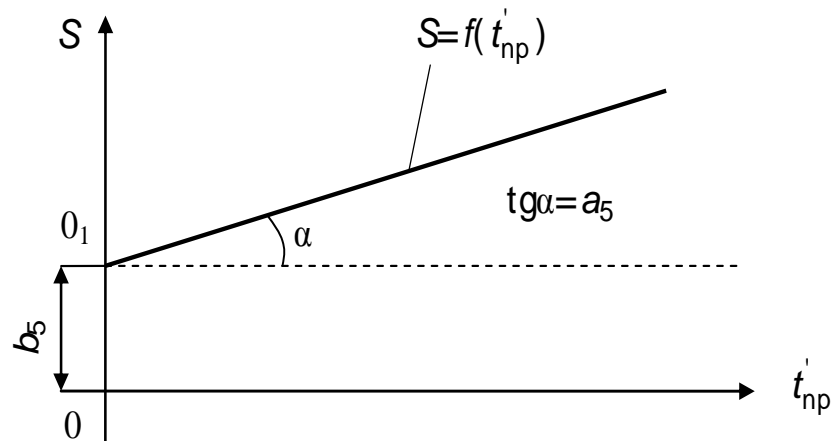


Рис. 4.9 - Влияние $t'_{\text{нр}}$ на S

Тангенс угла наклона этой прямой $\text{tg} \alpha = a_5$. Чем больше a_5 , тем больше влияние $t'_{\text{нр}}$ на S , а чем больше b_5 , тем больше абсолютная величина S . При $t'_{\text{нр}} = 0$ имеет место минимальная себестоимость транспортного процесса:

$$S_{\text{min}} = b_5 = \frac{C_{\text{пос}}}{q\gamma_d l'_{\text{ег}}}. \quad (4.61)$$

Для количественной оценки себестоимости автотранспортного процесса при одновременном изменении факторов, определяющих автотранспортный процесс, строится характеристический график $S = f(q, \gamma_d, \beta_e, V_T, l'_{er}, t'_{np})$. Этот график дает возможность определить себестоимость в р./т·км при изменении показателей и выбрать наиболее целесообразный режим работы автотранспортного средства. На рис. 4.10. показан характеристический график $S = f(q, \gamma_d, \beta_e, V_T, l'_{er}, t'_{np})$, который построен для следующих показателей: $q = 4$ т; $\gamma_d = 0,5$; $\beta_e = 0,5$; $V_T = 20$ км/ч; $t'_{np} = 0,4$ ч; $l'_{er} = 10$ км; $C_{пос} = 4$ р./ч; $C_{пер} = 0,4$ р./км. Для этих значений $S = 0,68$ р./т·км.

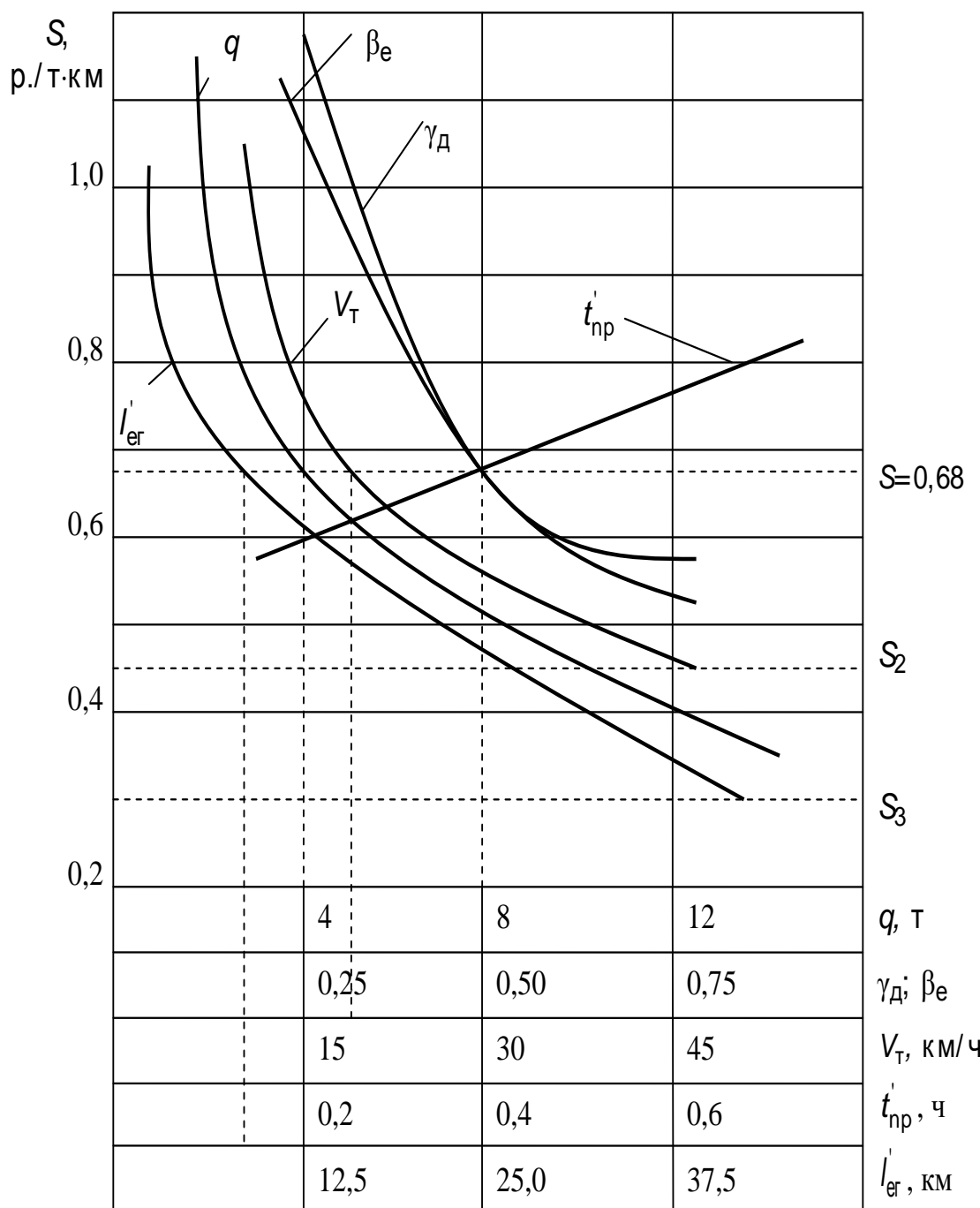


Рис. 4.10. Влияние $q, \gamma_d, V_T, t'_{np}, l'_{er}$ на S

4.4 Транспортно-эксплуатационные показатели автотранспортных систем

4.4.1 Показатели готовности и использования

Парк подвижного состава — это все автотранспортные средства (автомобили, автомобили-тягачи, прицепы и полуприцепы) АТП.

Списочным (инвентарным) парком подвижного состава называется подвижной состав, числящийся по инвентарным книгам ($A_{\text{И}}$).

Этот парк по своему техническому состоянию подразделяется на парк, готовый к эксплуатации ($A_{\text{ГЭ}}$) и на парк, требующий ремонта или находящийся в ремонте ($A_{\text{Р}}$).

Под ремонтом подразумевается все виды технического обслуживания и ремонта. Таким образом,

$$A_{\text{И}} = A_{\text{ГЭ}} + A_{\text{Р}}. \quad (4.62)$$

Часть парка готового к эксплуатации ($A_{\text{ГЭ}}$), может находиться в эксплуатации - выполнять перевозки ($A_{\text{Э}}$), а другая часть готового к эксплуатации парка может не работать, находясь в простое, например, по причинам отсутствия заказов, болезни водителей и др. ($A_{\text{П}}$).

Таким образом,

$$A_{\text{ГЭ}} = A_{\text{Э}} + A_{\text{П}}; \quad (4.63)$$

$$A_{\text{И}} = A_{\text{Э}} + A_{\text{П}} + A_{\text{Р}}. \quad (4.64)$$

Каждая единица парка подвижного состава находясь в АТП $D_{\text{И}}$ календарных дней может из них находиться $D_{\text{Э}}$ дней в эксплуатации, $D_{\text{Р}}$ дней в ремонте или его ожидании и $D_{\text{П}}$ дней в простое в готовом к эксплуатации состоянии:

$$D_{\text{И}} = D_{\text{Э}} + D_{\text{Р}} + D_{\text{П}}. \quad (4.65)$$

Если необходимо определить для всего парка подвижного состава за $D_{\text{И}}$ дней дни эксплуатации, ремонта и простоя, то пользуются показателем АД — автомобиле-дни.

Инвентарные автомобиле-дни

$$АД_{\text{И}} = АД_{\text{Э}} + АД_{\text{П}} + АД_{\text{Р}}. \quad (4.66)$$

Для определения автомобиле-дней в эксплуатации для парка за $D_{\text{И}}$ дней нужно просуммировать количество дней каждого автомобиля, находящегося в эксплуатации за период $D_{\text{И}}$:

$$АД_{\text{Э}} = D_{\text{Э}_1} + D_{\text{Э}_2} + \dots + D_{\text{Э}_n} = \sum_{i=1}^{i=A_{\text{И}}} D_{\text{Э}_i} \quad (4.67)$$

где $D_{\text{Э}_1}, D_{\text{Э}_2}, \dots, D_{\text{Э}_n}$ — количество дней эксплуатации первого, второго и n -го автомобилей; $A_{\text{И}}$ — инвентарное количество автомобилей.

Аналогично определяются $АД_{\text{П}}$ и $АД_{\text{Р}}$:

$$AD_{\Pi} = D_{\Pi_1} + D_{\Pi_1} + \dots + D_{\Pi_n} = \sum_{i=1}^{i=A_{\Pi}} D_{\Pi_i}; \quad (4.68)$$

$$AD_P = D_{P_1} + D_{P_2} + \dots + D_{P_n} = \sum_{i=1}^{i=A_{\Pi}} D_{P_i}. \quad (4.69)$$

Готовность парка подвижного состава и его использование оценивается коэффициентами α_T , α_B и α_{II} .

4.4.1.1 Коэффициент технической готовности подвижного состава

Показателем, характеризующим готовность подвижного состава выполнять автотранспортный процесс (работу), является коэффициент технической готовности подвижного состава α_T :

- для одного автомобиля (тягача, прицепа) за D_{II} календарных дней

$$\alpha_T = \frac{D_{ГЭ}}{D_{II}} = \frac{D_{ГЭ}}{D_{ГЭ} + D_P} = \frac{D_{Э} + D_{\Pi}}{D_{Э} + D_{\Pi} + D_P}; \quad (4.70)$$

- для парка A_{II} автомобилей (тягачей, прицепов) за D_{II} календарных дней

$$\alpha_T = \frac{AD_{ГЭ}}{AD_{II}} = \frac{AD_{ГЭ}}{AD_{ГЭ} + AD_P} = \frac{AD_{Э} + AD_{\Pi}}{AD_{Э} + AD_{\Pi} + AD_P}, \quad (4.71)$$

где $D_{ГЭ}$ и $AD_{ГЭ}$ — дни одного автомобиля и автомобиле-дни парка подвижного состава в готовом к эксплуатации состоянии; D_{II} и AD_{II} — дни одного автомобиля и автомобиле-дни парка подвижного состава календарные; D_{Π} и AD_{Π} — дни одного автомобиля и автомобиле-дни парка подвижного состава в простое; D_P и AD_P — дни одного автомобиля и автомобиле-дни парка подвижного состава в ремонте.

4.4.1.2 Коэффициент выпуска подвижного состава

Показателем, характеризующим использование фактического рабочего времени — выпуск подвижного состава на линию (на работу), служит коэффициент выпуска подвижного состава α_B :

- для одного автомобиля (тягача, прицепа) за D_{II} календарных дней

$$\alpha_B = \frac{D_{Э}}{D_{II} - D_H} = \frac{D_{Э}}{D_{\Phi}} = \frac{D_{Э}}{D_{Э} + D_{\Pi} + D_P - D_H}; \quad (4.72)$$

- для парка A_{II} автомобилей (тягачей, прицепов) за D_{II} календарных дней

$$\alpha_B = \frac{AD_{Э}}{AD_{II} - AD_H} = \frac{AD_{Э}}{AD_{\Phi}} = \frac{AD_{Э}}{AD_{Э} + AD_{\Pi} + AD_P - AD_H}, \quad (4.73)$$

где $D_{Э}$ и $AD_{Э}$ — дни одного и автомобиле-дни парка подвижного состава, находящихся в эксплуатации; D_H и AD_H — дни одного автомобиля и автомобиле-дни

парка подвижного состава, находящихся в нормированном простое (чисто выходных и праздничных дней, в которые парк не работает); D_{Φ} - дни фактической работы предприятия в соответствии с принятым режимом работы; AD_{Φ} - автомобиле-дни фактической работы парка подвижного состава.

4.4.1.3 Коэффициент использования подвижного состава

Показателем, характеризующим использование календарного времени для выполнения автотранспортного процесса (работы), служит коэффициент использования подвижного состава $\alpha_{\text{и}}$:

- для одного автомобиля за $D_{\text{и}}$ календарных дней

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{и}}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{п}} + D_{\text{р}}}, \quad (4.74)$$

- для парка $A_{\text{и}}$ автомобилей (тягачей, прицепов) за $D_{\text{и}}$ календарных дней

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{AD_{\text{э}}}{AD_{\text{и}}} = \frac{AD_{\text{э}}}{AD_{\text{э}} + AD_{\text{п}} + AD_{\text{р}}}, \quad (4.75)$$

где $D_{\text{п}}$ и $AD_{\text{п}}$ — дни одного автомобиля и автомобиле-дни парка подвижного состава в простое, не нормированном по организационным и техническим причинам.

Таким образом, для одного автомобиля:

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{D_{\text{гэ}}}{D_{\text{и}}} = \frac{D_{\text{э}} + D_{\text{п}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{п}} + D_{\text{р}}}; \quad (4.76)$$

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{ф}}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{и}} - D_{\text{н}}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{п}} + D_{\text{р}} - D_{\text{н}}}; \quad (4.77)$$

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{и}}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{п}} + D_{\text{р}}}. \quad (4.78)$$

Так как $D_{\text{п}} > D_{\text{н}}$, то $\alpha_{\text{т}} > \alpha_{\text{в}} > \alpha_{\text{и}}$.

Если $D_{\text{н}} = 0$, т.е. если режим работы АТП без выходных и праздничных дней, то $\alpha_{\text{в}} = \alpha_{\text{и}}$.

4.4.1.4 Анализ коэффициентов технической готовности, выпуска и использования подвижного состава

Все эти коэффициенты могут быть представлены в виде обобщенного коэффициента α' :

$$\alpha' = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{п}}'} = \frac{1}{1 + \frac{D_{\text{п}}'}{D_{\text{э}}}}, \quad (4.79)$$

где $D_{\text{п}}'$ — дни всех простоев автомобиля:

$$D_{\Pi}' = D_{\Sigma} l_{cc} d_{\Pi}; \quad (4.80)$$

где D_{Σ} - дни эксплуатации автомобиля; l_{cc} - среднесуточный пробег за D_{Σ} дней эксплуатации автомобиля (средний пробег автомобиля за сутки), км; d_{Π} - удельный простой автомобиля, определяющий уменьшение его пробега.

Тогда

$$\alpha' = \frac{1}{1 + l_{cc} d_{\Pi}}. \quad (4.81)$$

Среднесуточный пробег автомобиля, или средний пробег автомобиля за день работы, км:

$$l_{cc} = \frac{l_{ег}}{\beta_e} z_e, \quad (4.82)$$

где $l_{ег}$ - средняя длина ездки с грузом, км.

Число ездок

$$z_e = \frac{T_{об}}{t_e}, \quad (4.83)$$

где $T_{об}$ - общая продолжительность работы за день (в наряде); t_e - средняя продолжительность ездки за день (в наряде):

$$t_e = \frac{l_{ег}}{\beta_e V_T} + t_{пр}. \quad (4.84)$$

Тогда

$$l_{cc} = \frac{T_{об} l_{ег} V_T}{l_{ег} + t_{пр} V_T \beta_e}; \quad (4.85)$$

$$\alpha' = \frac{1}{1 + \frac{T_{об} l_{ег} V_T d_{\Pi}}{l_{ег} + t_{пр} V_T \beta_e}}. \quad (4.86)$$

Полученное выражение для α' показывает, что все три коэффициента зависят от показателей, характеризующих автотранспортный процесс ($l_{ег}$, V_T , β_e , $t_{пр}$), а также от принятого режима работы парка подвижного состава и организации ремонтно-профилактических мероприятий на АТП.

Чем больше $l_{ег}$ и V_T , тем меньше коэффициент α' .

С увеличением значений β_e и $t_{пр}$ коэффициента α' увеличивается. Это происходит потому, что при увеличении $l_{ег}$ и V_T , а также при уменьшении β_e и

$t_{пр}$ пробег автомобиля за рабочий день возрастает, а вместе с тем возрастает и простой автомобиля в ремонте D_p , приходящийся на каждый день работы при неизменной величине d_n .

Таким образом, коэффициенты технической готовности, выпуска и использования подвижного состава для различных условий работы будут различными.

На рис. 4.11. показан характер изменения α' (коэффициентов α_T , α_B , $\alpha_{И}$) от различных факторов.

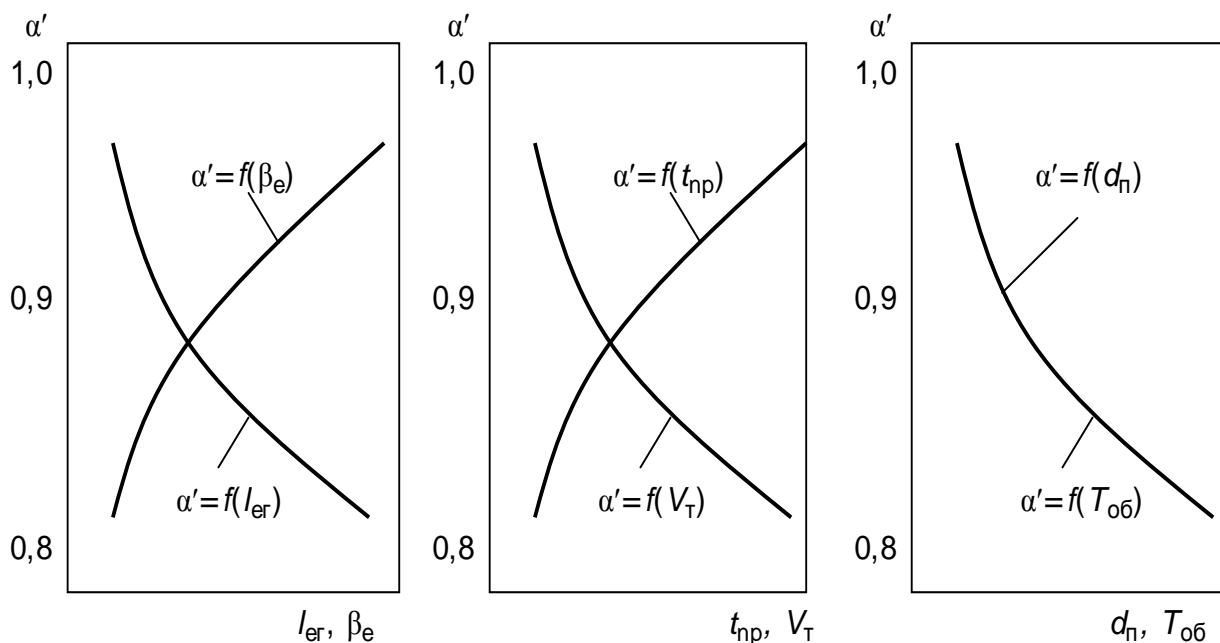


Рис. 4.11 - Влияние $l_{ег}$, β_e , $t_{пр}$, V_T , $T_{об}$ и d_n на α'

На величину коэффициентов готовности, выпуска и использования подвижного состава большое влияние оказывают дорожные условия, использование грузоподъемности, работа с прицепами, организация ремонта и обслуживание автомобилей, а также другие факторы, влияющие на техническое состояние автомобилей.

Чем быстрее происходит износ деталей автомобиля, тем через меньший пробег он становится в ремонт и тем больше величина удельного простоя d_n , а значит, и меньше значения этих коэффициентов.

Огромную роль в повышении коэффициентов α_T , α_B , $\alpha_{И}$ играет регулярно и качественно проводимое техническое обслуживание автомобилей. Только в этом случае можно добиться больших межремонтных пробегов, а значит, и реже ставить автомобиль в ремонт, т.е. сократить простой автомобилей в ремонте.

Простои в ремонте сокращаются также применением агрегатного метода ремонта. В этом случае простой автомобиля уменьшается в 2...3 раза, так как все ремонтные операции сводятся к замене неисправного агрегата заранее отремонтированным.

Коэффициенты α_T , α_B и $\alpha_{И}$ отличаются между собой только значением d_n и обычно по своей величине располагаются в такой последовательности:

$$\alpha_T > \alpha_B > \alpha_{И}. \quad (4.87)$$

При расчете коэффициента технической готовности α_T в удельный простой d_n включаются только простои в ремонте и в техническом обслуживании, проводимом в рабочее время парка.

При расчете коэффициента выпуска α_B включаются и простои готовых к эксплуатации автомобилей в дни нормированного простоя парка по установленному для него режиму (в дни фактической эксплуатации).

При расчете коэффициента использования подвижного состава α_H включаются и простои готовых к эксплуатации автомобилей в календарные дни.

При работе подвижного состава на непрерывной неделе коэффициенты α_B и α_H могут быть равны между собой (в этом случае $AD_H = AD_\Phi$).

Для количественной оценки использования парка подвижного состава при одновременном изменении факторов определяющих автотранспортный процесс строится характеристический график. Этот график дает возможность определить α' при изменении показателей и выбирать рациональные режимы работы транспортных средств.

Построение кривых проводят по следующим зависимостям:

$$\alpha' = f(l_{er}) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_1}{1 + b_1 / l_{er}}}, \quad (4.88)$$

где $a_1 = T_{об} V_T d_n$; $b_1 = t_{пр} V_T \beta_e$.

$$\alpha' = f(V_T) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_2}{b_2 + C_2 / V_T}}, \quad (4.89)$$

где $a_2 = T_{об} l_{er} d_n$; $b_2 = t_{пр} \beta_e$; $C_2 = l_{er}$.

$$\alpha' = f(t_{пр}) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_1}{1 + b_3 t_{пр}}}, \quad (4.90)$$

где $b_3 = V_T \beta_e / l_{er}$.

$$\alpha' = f(T_{об}) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_4}{b_4} T_{об}}, \quad (4.91)$$

где $a_4 = l_{er} V_T d_n$; $b_4 = l_{er} + t_{пр} V_T \beta_e$.

$$\alpha' = f(\beta_e) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_2}{1 + b_5 \beta_e}}, \quad (4.92)$$

где $b_5 = t_{пр} V_T / l_{er}$.

$$\alpha' = f(d_{\Pi}) \rightarrow \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{a_6}{b_6} d_{\Pi}}, \quad (4.93)$$

где $a_6 = T_{об} V_T$; $b_6 = 1 + t_{пр} V_T \beta_e / l_{ег}$.

Характеристический график (рис. 4.12)

$$\alpha' = f(l_{ег}, \beta_e, t_{пр}, V_T, T_{об}, d_{\Pi}), \quad (4.94)$$

для условий $T_{об} = 10$ ч; $l_{ег} = 20$ км; $V_T = 20$ км/ч; $t_{пр} = 0,5$ ч; $\beta_e = 0,5$; $d_{\Pi} = 0,001$ 1/км; ($D_{э} = 25$ дней, $D_{\Pi} = 5$ дней, $l_{ег} = 200$ км); $l_{сс} = 200$ км.

Для этих условий $\alpha' = 0,86$.

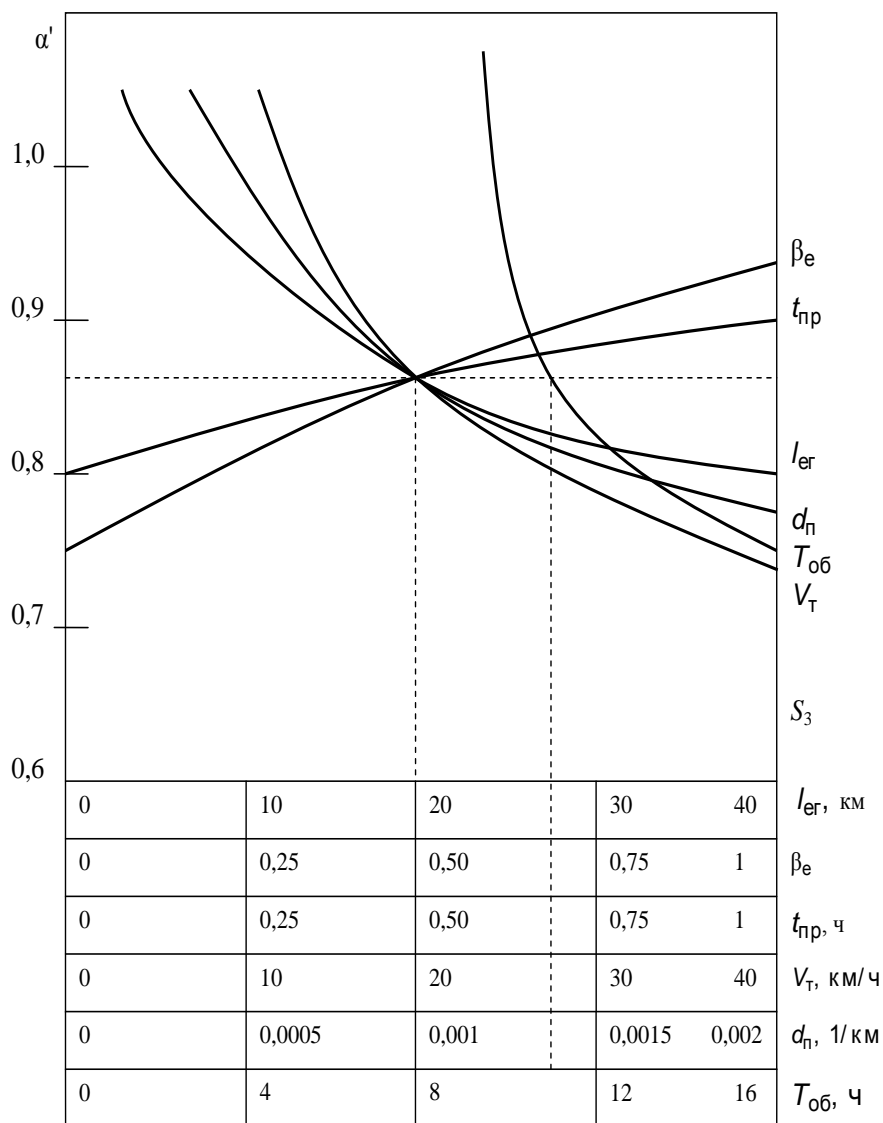


Рис. 4.12 - Влияние $l_{ег}$, β_e , $t_{пр}$, V_T , d_{Π} , $T_{об}$ на α'

4.4.2 Показатели грузоподъемности, пробега, продолжительности, скорости и производительности

4.4.2.1 Использование грузоподъемности подвижного состава

Грузовые автомобили и прицепы отличаются по грузоподъемности.

Номинальную грузоподъемность автомобиля назначает завод-изготовитель. Она определяется максимально возможной полезной нагрузкой при работе автомобиля в различных дорожных условиях.

Номинальная грузоподъемность автомобиля (прицепа) соответствует определенному типу кузова и определенному размеру шин. При установке другого типа кузова грузоподъемность изменяется соответственно его массе. Иногда разность между массами устанавливаемого и стандартного кузова настолько велика, что номинальная грузоподъемность может изменяться на 25...30 %.

Наиболее распространены грузовые автомобили, имеющие следующий предпочтительный ряд грузоподъемностей: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 27,0; 40,0 т.

Использование грузоподъемности подвижного состава в автотранспортных процессах оценивается коэффициентами статического и динамического использования грузоподъемности.

Коэффициент статического использования грузоподъемности γ_c определяется отношением массы фактически перевезенного груза к массе груза, которое могло быть перевезено при полном использовании грузоподъемности, т.е. к номинальной грузоподъемности автомобиля или автопоезда.

За одну езду

$$\gamma_c = \frac{q_{\phi}}{q}. \quad (4.95)$$

За рабочий день (смену) при $q_{\phi} = \text{const}$

$$\gamma_c = \frac{q_{\phi} z_e}{q z_e} = \frac{q_{\phi}}{q}. \quad (4.96)$$

при $q_{\phi} = \text{var}$

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} q_{\phi_i}}{q z_e}, \quad (4.97)$$

где q_{ϕ} — фактически перевезенная масса груза за езду (фактическая грузоподъемность), т; q — номинальная грузоподъемность, т; z_e — число ездов за рабочий день (смену).

Коэффициент динамического использования грузоподъемности γ_d определяется отношением количества фактически выполненной транспортной работы в тонно-километрах к возможной транспортной работе (при условии полного использования грузоподъемности на протяжении всего пробега с грузом). Таким образом, в отличие от коэффициента статического использования грузоподъемности он учитывает не только количество перевезенного груза, но и расстояния, на которые перевозится груз.

За одну езду

$$\gamma_d = \frac{P_{\phi}}{P} = \frac{q_{\phi} l'_{\text{ер}}}{q l'_{\text{ер}}} = \frac{q_{\phi}}{q} = \gamma_c. \quad (4.98)$$

За рабочий день (смену) при $q_{\phi} = \text{var}$, $l'_{\text{ер}} = \text{const}$

$$\gamma_D = \frac{l'_{er} \sum_{i=1}^{i=Z_e} q_{\phi_i}}{l'_{er} q z_e} = \frac{\sum_{i=1}^{i=Z_e} q_{\phi_i}}{q z_e} = \frac{Q_{\phi}}{Q} = \frac{q_{\phi}}{q} = \gamma_c. \quad (4.99)$$

при $q_{\phi} = \text{const}$, $l'_{er} = \text{var}$

$$\gamma_D = \frac{q_{\phi} \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i}}{q \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i}} = \frac{Q_{\phi}}{Q} = \frac{q_{\phi}}{q} = \gamma_c. \quad (4.100)$$

при $q_{\phi} = \text{var}$, $l'_{er} = \text{var}$

$$\gamma_D = \frac{\sum_{i=1}^{i=Z_e} (q_{\phi} l'_{er})_i}{q z_e \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i}}, \quad (4.101)$$

где P_{ϕ} — фактически выполненная транспортная работа, т·км; P — номинальная транспортная работа, т·км; l'_{er} — длина ездки с грузом, км.

Коэффициенты использования грузоподъемности зависят от объемной массы и габаритных размеров перевозимого груза, размера отдельных партий груза, отправляемых в один адрес (наличие мелких партий), соответствия типов подвижного состава, используемого для перевозки данного груза, и условий перевозки.

Улучшение использования грузоподъемности подвижного состава достигается максимально возможным подбором типа подвижного состава, соответствующего условиям перевозки, применением подвижного состава с увеличенным объемом кузова при перевозках легковесных грузов, тщательной укладкой и увязкой груза в кузове, предварительной сортировкой и подгруппировкой груза и укрупнением мелких партий.

4.4.2.2 Использование пробега подвижного состава

Пробегом называется расстояние, проходимое подвижным составом за определенную продолжительность времени. Общий пробег, совершаемый автомобилем, подразделяется на производительный и непроизводительный. Производительный пробег грузовых автомобилей называется груженым пробегом. Непроизводительный пробег — пробег без груза (нулевой или порожний). Нулевым называется пробег автомобиля от АТП (или другого места постоянной стоянки) до первого пункта погрузки и от последнего пункта разгрузки до АТП. Порожним называется пробег автомобиля от пункта разгрузки до следующего пункта погрузки.

Непроизводительный пробег является обязательным составным элементом общего пробега.

Общий пробег автомобиля за одну езду (длина ездки) в километрах

$$l'_e = l'_{er} + l'_{ex}. \quad (4.102)$$

Общий пробег за рабочий день (смену)

$$L_{рд} = \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i} + \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{ex_i}, \quad (4.103)$$

где l'_{er} – пробег с грузом за езду, км; l'_{ex} – пробег порожний за езду, км.

Нулевой пробег за рабочий день (смену)

$$L_n = l_{n1} + l_{n2}, \quad (4.104)$$

где l_{n1} – нулевой пробег подвижного состава от АТП до первого пункта погрузки, км; l_{n2} – нулевой пробег подвижного состава от последнего пункта разгрузки до АТП, км.

Общий пробег подвижного состава в километрах за рабочий день (смену)

$$L_{об} = L_{рд} + L_n. \text{ Так как } L_{рд} = L_r + L_x = \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i} + \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{ex_i}, \text{ то}$$

$$L_{об} = L_r + L_x + L_n = \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{er_i} + \sum_{i=1}^{i=Z_e} l'_{ex_i} + l_{n1} + l_{n2}. \quad (4.105)$$

Использование пробега подвижного состава характеризуется отношением груженого пробега к общему. Эта величина называется коэффициентом использования пробега и показывает удельный вес груженого пробега в общем пробеге подвижного состава.

Коэффициент использования пробега за одну езду

$$\beta_e = \frac{l'_{er}}{l'_e} = \frac{l'_{er}}{l'_{er} + l'_{ex}}. \quad (4.106)$$

Коэффициент использования пробега за рабочий день (смену)

$$\beta = \frac{L_r}{L_{об}} = \frac{L_r}{L_{рд} + L_n} = \frac{L_r}{L_r + L_x + L_n}. \quad (4.107)$$

Этот коэффициент зависит от следующих факторов: взаиморасположения автотранспортных предприятий, грузообразующих и грузопоглощающих пунктов; направления грузопотоков (наличия грузопотоков, позволяющих использовать порожние пробеги подвижного состава); структуры грузопотоков (несмотря на наличие встречных грузопотоков, порожний пробег подвижного состава не может быть использован из-за несовместимости грузов, так как нельзя перевозить, например, на одном и том же подвижном составе в одну сторону нефтепродукты в бочках, а в другую — пищевые продукты); состава автомобильного парка (например, пробег подвижного состава со специализированными кузова-

ми может быть, как правило, использован только в одном направлении); качества оперативного суточного планирования работы подвижного состава.

Тщательная разработка маршрутов движения подвижного состава способствует повышению коэффициента использования пробега.

Длина ездки с грузом $l'_{\text{ер}}$ — это пробег автомобиля, совершаемый с грузом за одну ездку от пункта погрузки до пункта разгрузки.

Средняя длина ездки с грузом за рабочий день (смену) $l_{\text{ер}}$ определяется делением общего пробега с грузом $L_{\text{г}}$ на количество ездок $z_{\text{е}}$:

$$l_{\text{ер}} = \frac{L_{\text{г}}}{z_{\text{е}}}. \quad (4.108)$$

Средняя расстояние перевозки $l_{\text{гр}}$ — это средняя дальность перевозки 1 т груза, определяемая делением выполненной транспортной работы P в тонно-километрах на массу перевезенных грузов Q в тоннах:

$$l_{\text{гр}} = \frac{P}{Q}. \quad (4.109)$$

За одну ездку

$$l_{\text{гр}} = \frac{P_{\text{е}}}{Q_{\text{е}}} = \frac{q_{\phi} l'_{\text{ер}}}{q_{\phi}} = l'_{\text{ер}}. \quad (4.110)$$

За рабочий день (смену) при $q_{\phi} = \text{var}$, $l'_{\text{ер}} = \text{const}$

$$l_{\text{гр}} = \frac{P}{Q} = \frac{l'_{\text{ер}} \sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} q_{\phi_i}}{\sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} q_{\phi_i}} = l'_{\text{ер}}; \quad (4.111)$$

при $q_{\phi} = \text{const}$, $l'_{\text{ер}} = \text{var}$

$$l_{\text{гр}} = \frac{P}{Q} = \frac{q_{\phi} \sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} l'_{\text{ер}_i}}{q_{\phi} z_{\text{е}}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} l'_{\text{ер}}}{z_{\text{е}}} = \frac{L_{\text{г}}}{z_{\text{е}}} = l_{\text{ер}}; \quad (4.112)$$

при $q_{\phi} = \text{var}$, $l'_{\text{ер}} = \text{var}$

$$l_{\text{гр}} = \frac{P}{Q} = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} (q_{\phi} l'_{\text{ер}})_i}{\sum_{i=1}^{i=z_{\text{е}}} q_{\phi_i}}. \quad (4.113)$$

Средняя длина ездки и среднее расстояние перевозки не совпадают, когда, например, автомобили и автопоезда разной грузоподъемности перевозят груз на разные расстояния или же автомобили и автопоезда одинаковой грузоподъемности перевозят грузы на разные расстояния с различной степенью использования грузоподъемности. Таким образом, среднее расстояние перевозки — показатель, учитывающий не только пробег автомобиля, но и количество груза за каждую ездку, т.е. степень использования грузоподъемности.

Средняя длина ездки $l_{\text{ср}}$ зависит от размещения грузообразующих и грузопоглощающих точек, структуры грузопотоков и грузооборота. На среднее расстояние перевозки, кроме того, влияют коэффициент использования грузоподъемности и тип подвижного состава. Средняя длина ездки и среднее расстояние перевозки могут быть снижены за счет рационального закрепления потребителей массовых однородных грузов за поставщиками.

4.4.2.3 Продолжительность операций автотранспортного процесса. Продолжительность погрузочно-разгрузочных операций

Погрузочно-разгрузочными работами называется комплекс операций, связанных с погрузкой груза на подвижной состав в пунктах отправления груза и выгрузки его в пунктах получения.

Общая продолжительность простоя $t_{\text{пр}}$ подвижного состава под погрузкой и разгрузкой за одну ездку включает время ожидания погрузки-разгрузки, маневрирования подвижного состава в пунктах погрузки-выгрузки, выполнения погрузки-разгрузки и оформления документов.

Продолжительность ожидания погрузки-разгрузки хотя не является обязательным элементом, но часто составляет значительную часть общего времени простоя под погрузкой-разгрузкой. При четкой организации работы погрузочно-разгрузочных пунктов оно может быть сведено до минимума или даже полностью исключено.

Продолжительность маневрирования зависит от типа подвижного состава, принятой схемы расстановки погрузочно-разгрузочных механизмов и подвижного состава, размеров площадок для маневрирования на погрузочно-разгрузочных пунктах и благоустройства подъездных путей.

Продолжительность выполнения погрузки-разгрузки является основным элементом общего времени простоя. В него включено также время, затрачиваемое на открытие и закрытие бортов и дверей кузова, увязку груза, укрепление брезента, взвешивание или пересчет груза (за исключением случаев, особо оговоренных в «Единых тарифах на перевозку грузов автомобильным транспортом» или договорах на перевозку), навешивание пломбы и т.д. Продолжительность времени выполнения погрузки-разгрузки зависит от способа выполнения погрузочно-разгрузочных работ, грузоподъемности и типа подвижного состава, рода груза, количества и квалификации грузчиков при ручном способе или от типа и производительности механизма при механизированном способе погрузки-разгрузки.

Продолжительность оформления документов зависит от сложности применяемой документации. Для сокращения общего времени простоя необходимо совмещать процесс оформления документов с процессом выполнения погрузки-разгрузки.

Общее время определяется предельными нормами простоя подвижного состава под погрузкой и разгрузкой, которые устанавливаются «Правилами применения единых тарифов на перевозку груза автомобильным транспортом».

Сокращение времени простоя подвижного состава под погрузкой-разгрузкой достигается повышением уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ, применением высокопроизводительных машин и механизмов для погрузки-разгрузки, применением автомобилей-самосвалов и самопогрузчиков, равномерным поступлением подвижного состава на пункты погрузки-разгрузки, организацией работы автомобилей-тягачей со сменными (оборотными) прицепами и полуприцепами.

4.4.2.4 Продолжительность перевозочных операций

В течение рабочего дня каждый автомобиль (автопоезд) определенный период времени находится в наряде, т.е. работая на линии, перевозит груз.

Общая продолжительность $T_{об}$ пребывания в наряде измеряется количеством часов, прошедших с момента выезда подвижного состава из АТП до момента возвращения его на АТП за вычетом времени, отводимого водителю на прием пищи и отдых в соответствии с трудовым законодательством.

Общая продолжительность $T_{об}$ пребывания в наряде складывается из продолжительности $T_{м}$ пребывания на маршруте и продолжительности $T_{н}$, затрачиваемой на нулевые пробеги:

$$T_{об} = T_{м} + T_{н}. \quad (4.114)$$

Продолжительность $T_{м}$ пребывания на маршруте складывается из продолжительности движения $T_{дв}$ и продолжительности простоя под погрузкой-разгрузкой $T_{пр}$:

$$T_{м} = T_{дв} + T_{пр}. \quad (4.115)$$

Продолжительность $T_{н}$ на нулевые пробеги

$$T_{н} = t_{н1} + t_{н2}, \quad (4.116)$$

где $t_{н1}$, $t_{н2}$ — соответственно продолжительности пробега от АТП до первого пункта погрузки и от последнего пункта разгрузки до АТП, ч.

Общая продолжительность пребывания в наряде зависит от продолжительности рабочего дня водителя, режима работы АТП (количества смен), режима работы обслуживаемых грузоотправителей и грузополучателей. Увеличение продолжительности этого времени достигается организацией работы в несколько смен, т.е. закреплением за одним автомобилем нескольких водителей.

4.4.2.5 Скоростные показатели автотранспортного процесса

Техническая скорость $V_{т}$ — это средняя скорость движения подвижного состава за определенный период продолжительности движения, определяемая отношением пройденного расстояния L к продолжительности движения $T_{дв}$:

$$V_{т} = \frac{L}{T_{дв}}.$$

При ее расчете в продолжительность движения включаются все кратковременные остановки, связанные с регулированием движения (остановки у светофоров, переездов и т.д.).

Техническая скорость зависит от динамических качеств подвижного со-

става и его технического состояния, степени использования грузоподъемности подвижного состава, дорожных условий, интенсивности движения транспортного потока, частоты остановок, связанных с регулированием движения, квалификации водителя, особенностей перевозимого груза, например негабаритного.

Повышение технической скорости движения (в пределах, обеспечивающих безопасность движения) может быть достигнуто применением передовых методов вождения (использованием разгона и наката, правильным выбором режима движения и т.д.).

Эксплуатационная скорость $V_э$ — это условная скорость движения подвижного состава за общую продолжительность его нахождения в наряде, определяемая отношением пройденного расстояния L к общей продолжительности нахождения в наряде $T_{об}$:

$$V_э = \frac{L}{T_{об}} = \frac{L}{T_{дв} + T_{пр} + T_{н}}. \quad (4.117)$$

Эксплуатационная скорость всегда меньше технической, так как она учитывает дополнительно продолжительность простоя под погрузкой и разгрузкой, продолжительность нулевых пробегов и зависит от технической скорости, способа выполнения погрузки-разгрузки, расстояний перевозки груза и нулевых пробегов.

4.4.2.6 Производительность автотранспортных процессов и систем

Производительность измеряется количеством перевезенных тонн груза или выполненной работой в тонно-километрах в единицу времени.

Производительность подвижного состава за езду. За каждую езду один автомобиль (автопоезд) перевозит груз $Q_e = q\gamma_c$, т.

Количество тонно-километров, выполняемое за каждую езду,

$$W_e = Q_e l'_{ег} = q\gamma_c l'_{ег}. \quad (4.118)$$

Продолжительность одной езды $t'_e = t'_{дв} + t'_{пр}$.

Продолжительность движения за одну езду $t'_{дв} = \frac{l'_{ег}}{\beta_e V_T}$.

Следовательно, продолжительность езды

$$t'_e = \frac{l'_{ег}}{\beta_e V_T} + t'_{пр}. \quad (4.119)$$

Продолжительность работы подвижного состава на маршруте

$$T_m = T_{об} - T_{н}. \quad (4.120)$$

$$\text{Количество ездов } z_e = \frac{(T_{\text{об}} - T_{\text{н}})}{t_e'} = \frac{T_{\text{м}}}{t_e'}.$$

Если вместо t_e' поставить его значение, то

$$z_e = \frac{T_{\text{м}} \beta_e V_{\text{т}}}{l_{\text{ег}}' + t_{\text{пр}}' \beta_e V_{\text{т}}}. \quad (4.121)$$

Количество ездов может быть определено и из расчета общего времени нахождения подвижного состава в наряде:

$$z_e = \frac{T_{\text{об}} \beta V_{\text{т}}}{l_{\text{ег}}'}. \quad (4.122)$$

где β — коэффициент использования пробега за рабочий день (смену).

Производительность за рабочий день (смену). Количество (масса) груза, перевезенного одним автомобилем (автопоездом) за рабочий день, определяется произведением количества ездов на количество груза, перевозимого за одну езду:

$$W_{\text{Q}}^{\text{д}} = q \gamma_{\text{с}} z_e = \frac{T_{\text{м}} q \gamma_{\text{с}} \beta_e V_{\text{т}}}{l_{\text{ег}}' + t_{\text{пр}}' \beta_e V_{\text{т}}}. \quad (4.123)$$

Транспортная работа в тонно-километрах, приходящаяся на 1 км пробега с грузом: $P_{\text{т·км/км}} = q \gamma_{\text{д}}$.

Общий пробег с грузом $L_{\text{г}}$ за рабочий день (смену):

$$L_{\text{г}} = z_e l_{\text{ег}}' = \frac{T_{\text{м}} \beta_e V_{\text{т}} l_{\text{ег}}'}{l_{\text{ег}}' + t_{\text{пр}}' \beta_e V_{\text{т}}}. \quad (4.124)$$

Следовательно,

$$W_{\text{Р}}^{\text{д}} = q \gamma_{\text{д}} z_e l_{\text{ег}}' = \frac{T_{\text{м}} \beta_e V_{\text{т}} l_{\text{ег}}' q \gamma_{\text{д}}}{l_{\text{ег}}' + t_{\text{пр}}' \beta_e V_{\text{т}}}. \quad (4.125)$$

Установлено, что коэффициент динамического использования грузоподъемности во столько раз больше (или меньше) коэффициента статического использования во сколько раз среднее расстояние перевозки 1 т груза больше (или меньше) средней длины ездки, т.е.

$$\gamma_{\text{д}}/\gamma_{\text{с}} = l_{\text{гр}}'/l_{\text{ег}}' \quad \text{или} \quad \gamma_{\text{д}} l_{\text{ег}}' = \gamma_{\text{с}} l_{\text{гр}}.$$

Поэтому формула подсчета транспортной работы в тонно-километрах за рабочий день может быть записана следующим образом:

$$W_P^D = \frac{T_m \beta_e V_T q \gamma_c I_{гр}}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T} = \frac{T_m \beta_e V_T q \gamma_d I'_{ер}}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}. \quad (4.126)$$

Часовая производительность. Часовую производительность подвижного состава в тоннах и тонно-километрах за езду рассчитывают по формулам:

$$W_Q = \frac{q \gamma_c \beta_e V_T}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}; \quad (4.127)$$

$$W_P = \frac{\beta_e V_T q \gamma_d I'_{ер}}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}. \quad (4.128)$$

Производительность подвижного состава на 1 авто-тонну. Для планирования, учета и анализа работы АТП часто используют показатель — выработку в тоннах и тонно-километрах на 1 авто-тонну грузоподъемности:

$$W_{QT} = \frac{W_Q^D}{q}, \quad (4.129)$$

$$W_{PT} = \frac{W_P^D}{q}, \quad (4.130)$$

отсюда

$$W_{QT} = \frac{T_m V_T \beta_e \gamma_c}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}, \quad (4.131)$$

$$W_{PT} = \frac{T_m V_T \beta_e \gamma_d I'_{ер}}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}. \quad (4.132)$$

Производительность парка подвижного состава. Эта производительность парка в тоннах и тонно-километрах за определенных период времени:

$$Q_p = A D_{Э} W_Q^D = A D_{И} \alpha_{И} W_Q^D = A D_{И} \alpha_{И} \frac{T_m \beta_e V_T q \gamma_c}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}; \quad (4.133)$$

$$P_p = A D_{Э} W_P^D = A D_{И} \alpha_{И} W_P^D = A D_{И} \alpha_{И} \frac{T_m \beta_e V_T q \gamma_d I'_{ер}}{I'_{ер} + t'_{нр} \beta_e V_T}. \quad (4.134)$$

Суммарная производительность, рассчитанная для конкретного АТП и для конкретных условий перевозок по отдельным видам грузов, типам и моделям ав-

томобилей, представляет собой провозные способности (существующие или требуемые) автомобильного парка.

4.5 Движение АТС

Организация движения АТС при перевозках должна обеспечивать наибольшую производительность и наименьшую себестоимость автотранспортного процесса. Движение АТС происходит по маршрутам. Маршрут движения — это путь следования подвижного состава при выполнении автотранспортного процесса. Маршруты бывают маятниковые, кольцевые и сборочно-развозочные (рис. 4.13).

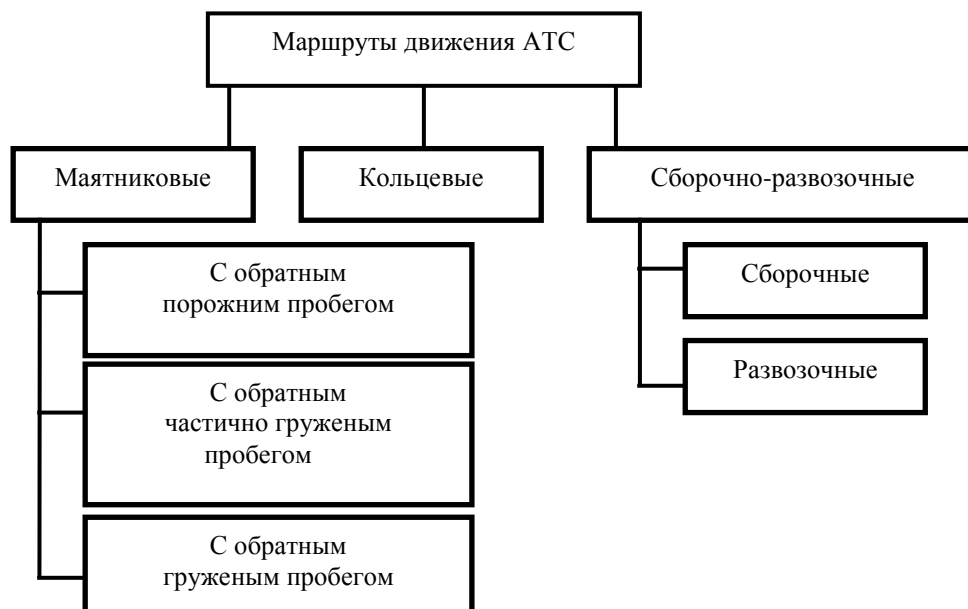


Рис. 4.13 - Классификация маршрутов движения АТС

Длина маршрута - это путь, проходимый АТС от начального до конечного пункта маршрута.

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

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

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

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

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

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

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

Правильное составление маршрутов обеспечивает достижение наивысшего коэффициента использования пробега, следовательно, обеспечивает повышение производительности подвижного состава и снижение себестоимости перевозок.

Маятниковым маршрутом называется такой, при котором движение между двумя пунктами повторяется многократно. Маятниковые маршруты бывают трех видов: с обратным не груженым пробегом, с обратным не полностью груженым пробегом, с груженым пробегом в обоих направлениях (рис. 4.14; 4.15; 4.16).

Маршрут с обратным не груженым пробегом носит название простого маятникового. Такой маршрут является малоцелесообразным, так как при работе на нем $l'_{\text{ер}} = l'_{\text{ex}}$. Коэффициент использования пробега на маршруте равен 50 %.

Продолжительность ездки подвижного состава на простом маятниковом маршруте

$$t'_e = t'_{\text{ер}} + t'_{\text{ex}} + t'_{\text{нр}}. \quad (4.135)$$

Если условно принять, что $t'_{\text{ер}} = t'_{\text{ex}}$ (это возможно при равенстве V_T при груженом и порожнем пробеге), тогда

$$t'_e = \frac{2l'_{\text{ер}}}{V_T} + t'_{\text{нр}}. \quad (4.136)$$

За время работы на маршруте T_M количество ездок z_e будет равно

$$z_e = \frac{T_M}{t'_e} = \frac{T_M}{\frac{2l'_{\text{ер}}}{V_T} + t'_{\text{нр}}} = \frac{T_M V_T}{2l'_{\text{ер}} + t'_{\text{нр}} V_T}. \quad (4.137)$$

Масса привезенного груза на простом маятниковом маршруте, т:

- за одну ездку

$$Q_e = q\gamma_c; \quad (4.138)$$

- за рабочий день

$$Q_{рд} = Q_e z_e = q \gamma_c z_e. \quad (7.139)$$

Выполненная транспортная работа в тонно-километрах на простом маятниковом маршруте (где $\gamma_c = \gamma_d$):

- за одну езду

$$P_e = Q_e l'_{ег} = q \gamma_c l'_{ег}; \quad (4.140)$$

- за рабочий день

$$P_{рд} = P_e z_e = q \gamma_d l'_{ег} z_e = \frac{T_m V_T q \gamma_d l'_{ег}}{2 l'_{ег} + t_{np} V_T} \quad (4.141)$$

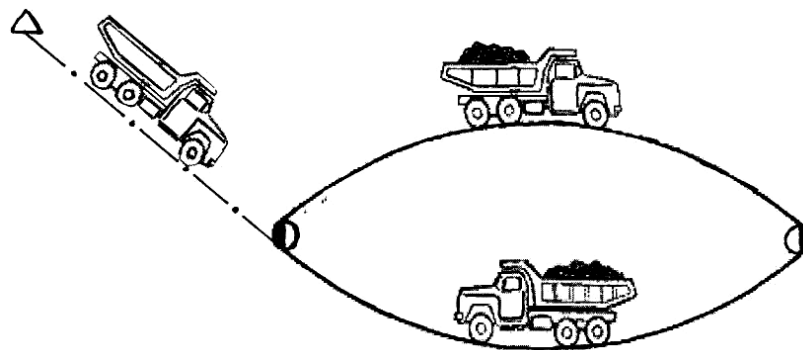


Рис. 4.14 - Маятниковый маршрут – перевозка грузов в обоих направлениях:
— . — . — нулевой пробег; ● - пункт погрузки и выгрузки

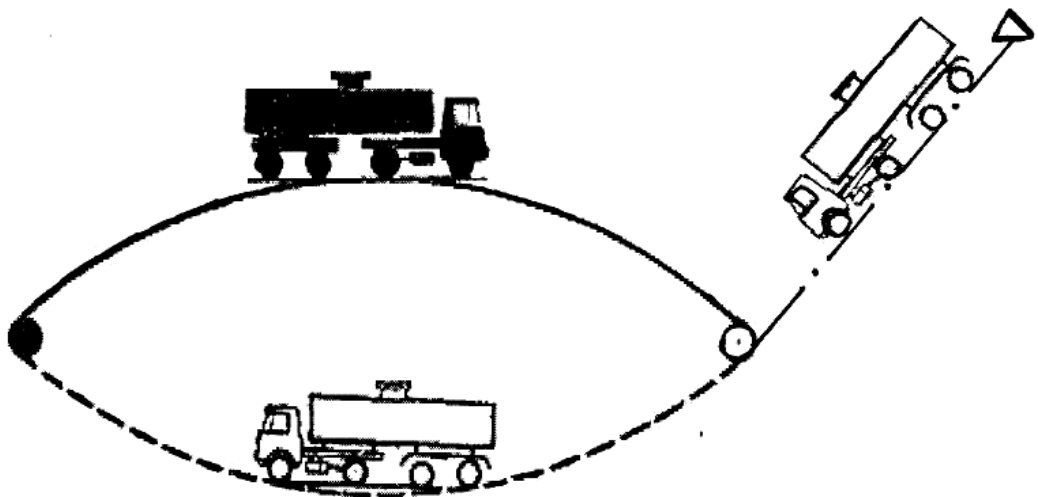


Рис. 4.15 - Маятниковый маршрут – перевозка грузов в одном направлении:
— — — — — холостой пробег; — . — . — нулевой пробег; ● - пункт погрузки;
○ - пункт выгрузки

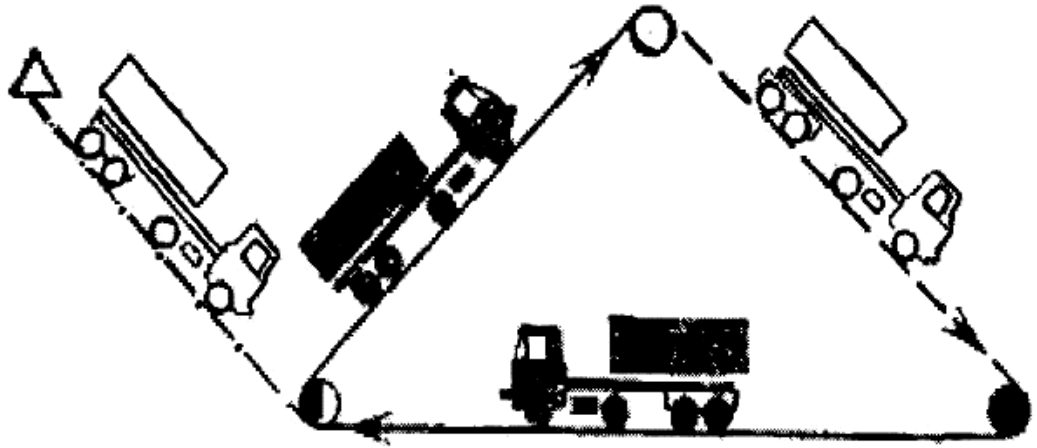


Рис. 4.16 - Маятниковый маршрут – перевозка грузов в одном направлении и на неполное расстояние в другом направлении: — — — — — - холостой пробег; — · — · — - нулевой пробег; ● - пункт погрузки; ○ - пункт выгрузки; ◐ - пункт погрузки и выгрузки

Маршрут с обратным не полностью груженым пробегом может выполняться по следующим вариантам:

- загрузка на обратном пробеге производится в конечном пункте, а разгрузка в промежуточном;
- загрузка на обратном пробеге производится в промежуточном пункте, а разгрузка в начальном;
- загрузка на обратном пробеге производится один или несколько раз в конечном или промежуточных пунктах, разгрузка производится а промежуточных и начальном пунктах.

При работе на маршрутах с не полностью груженым обратным пробегом совершаются две или несколько ездов. Коэффициент использования пробега на таком маршруте больше 50 %, но меньше 100 %, т.е. $0,5 < \beta_0 < 1,0$.

Продолжительность оборота подвижного состава на таком маршруте

$$t_0 = \sum_i^{i=z_e} t'_{er_i} + \sum_i^{i=z_e} t'_{ex_i} + \sum_i^{i=z_e} t'_{np_i}, \quad (4.142)$$

где z_e - количество ездов за оборот.

За время работы на маршруте T_m количество оборотов z_0 будет равно

$$z_0 = \frac{T_m}{t_0}. \quad (4.143)$$

Масса перевезенного груза за оборот на маршрутах с не полностью груженым обратным пробегом, т:

- за один оборот

$$Q_o = q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i}; \quad (4.144)$$

- за рабочий день

$$Q_{pd} = Q_o z_o = q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i} \frac{T_m}{t_o}. \quad (4.145)$$

Выполненная транспортная работа на маршрутах с не полностью груженным обратным пробегом, т·км:

- за один оборот

$$P_o = Q_o \sum_i^{i=z_e} l'_{er_i} = q \sum_i^{i=z_e} (\gamma_d l'_{er})_i; \quad (4.146)$$

- за рабочий день

$$P_{pd} = P_o z_o = q z_o \sum_{i=1}^{i=z_e} (\gamma_d l'_{er})_i = \frac{q T_m}{t_o} \sum_{i=1}^{i=z_e} (\gamma_d l'_{er})_i. \quad (4.147)$$

Маршрут с груженным пробегом в обоих направлениях обеспечивает полное использование пробега подвижного состава, т.е. $\beta_o = 1$. За один оборот на этом маршруте совершаются две ездки.

Время оборота подвижного состава

$$t_o = t_{дв} + \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{np_i} = \frac{2l'_{er}}{V_T} + t_{np_A} + t_{np_B}. \quad (4.148)$$

Количество оборотов z_o , которое может быть выполнено за время T_m работы на маршруте,

$$z_o = \frac{T_m}{t_o} = \frac{T_m}{\frac{2l'_{er}}{V_T} + t_{np_A} + t_{np_B}} = \frac{T_m V_T}{2l'_{er} + (t_{np_A} + t_{np_B}) V_T}. \quad (4.149)$$

Количество ездов за рабочий день $z_e = 2z_o$.

Количество тонн, перевезенных:

- за один оборот

$$Q_o = q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B}); \quad (4.150)$$

- за рабочий день

$$Q_{рд} = Q_o z_o = z_o q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B}) = \frac{T_M V_T q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B})}{2l'_{ег} + (t_{пр_A} + t_{пр_B}) V_T}. \quad (4.151)$$

Количество тонно-километров, выполненных:

- за один оборот

$$P_o = Q_o 2l'_{ег} = q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B}) 2l'_{ег}; \quad (4.152)$$

- за рабочий день

$$P_{рд} = P_o z_o = q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B}) 2l'_{ег} z_o = \frac{T_M V_T q(\gamma_{c_A} + \gamma_{c_B}) 2l'_{ег}}{2l'_{ег} + (t_{пр_A} + t_{пр_B}) V_T}. \quad (4.153)$$

Среднее расстояние перевозки за рабочий день $l_{гр} = \frac{P_{рд}}{Q_{рд}}$, км.

Кольцевым маршрутом называется такой, при котором путь следования АТС проходит по замкнутому контуру, соединяющему несколько пунктов погрузки-разгрузки (рис. 4.17 и 4.18).

Время оборота подвижного состава на кольцевом маршруте

$$t_o = \frac{l_M}{V_T} + \sum_{i=1}^{i=Z_e} t_{пр_i}, \quad (4.154)$$

где l_M - общая длина кольцевого маршрута, км; $t_{пр_i}$ - время простоя под погрузкой-разгрузкой за каждую езду, ч.

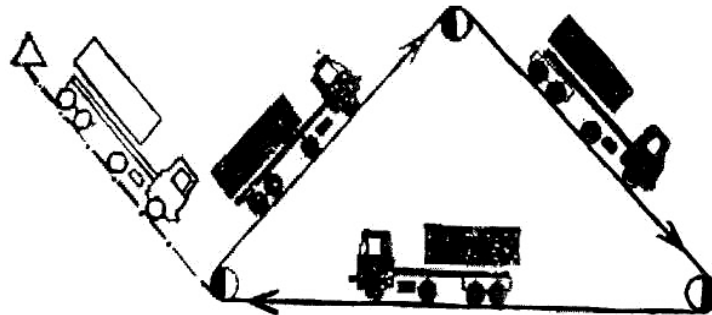


Рис. 4.17 – Кольцевой маршрут

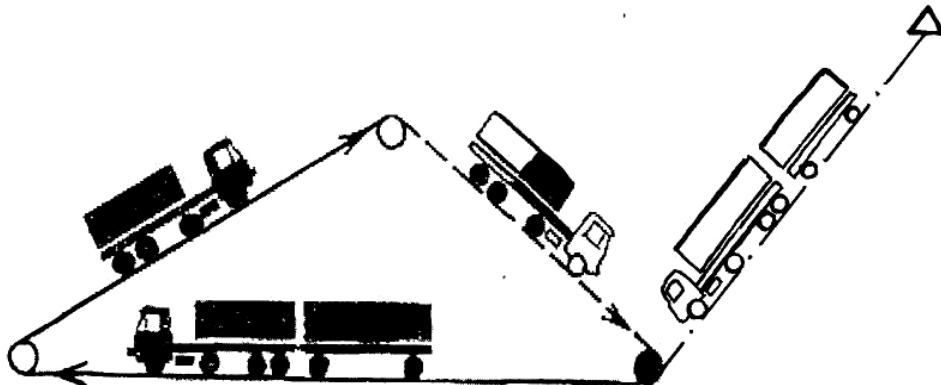


Рис. 4.18 – Развозочный маршрут

Количество оборотов z_o подвижного состава за день

$$z_o = \frac{T_M}{t_o} = \frac{T_M}{\frac{l_M}{V_T} + \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{np_i}} = \frac{T_M V_T}{l_M + V_T \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{np_i}}. \quad (4.155)$$

Количество ездов за день $z_e = m z_o$, где m — число ездов за оборот.

Количество перевезенного груза, т:

- за один оборот

$$Q_o = q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i}, \quad (4.156)$$

где γ_{c_i} - коэффициент статического использования грузоподъемности при перевозке груза из каждого пункта отправления кольцевого маршрута;

- за рабочий день

$$Q_{рд} = Q_o z_o = z_o q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i} = \frac{T_M V_T q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i}}{l_M + V_T \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{np_i}}. \quad (4.157)$$

Количество выполненных тонно-километров:

- за один оборот

$$P_o = q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i} l'_{ер_i}, \quad (4.158)$$

где $l'_{ер_i}$ - длина каждой ездки;

- за рабочий день

$$P_{рд} = P_o z_o = z_o q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i} l'_{ер_i} = \frac{T_M V_T q \sum_{i=1}^{i=z_e} \gamma_{c_i} l'_{ер_i}}{l_M + V_T \sum_{i=1}^{i=z_e} t_{np_i}}. \quad (4.159)$$

Средняя длина ездки за оборот, км:

$$l_{ер} = \frac{\sum_{i=1}^{i=z_e} l'_{ер_i}}{m} = \frac{l'_{ер_1} + l'_{ер_2} + \dots + l'_{ер_n}}{m}, \quad (4.160)$$

где m — количество ездов за оборот на кольцевом маршруте.

Среднее расстояние перевозки за оборот, км:

$$I_{\text{гр}} = \frac{P_o}{Q_o} = \frac{q \sum_{i=1}^{i=m} \gamma_{c_i} l'_{\text{ер}_i}}{q \sum_{i=1}^{i=m} \gamma_{c_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \gamma_{c_i} l'_{\text{ер}_i}}{\sum_{i=1}^{i=m} \gamma_{c_i}} = \frac{\gamma_{c_1} l'_{\text{ер}_1} + \gamma_{c_2} l'_{\text{ер}_2} + \dots + \gamma_{c_m} l'_{\text{ер}_m}}{\gamma_{c_1} + \gamma_{c_2} + \dots + \gamma_{c_m}}, \quad (4.161)$$

Коэффициент использования пробега за оборот:

$$\beta_o = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} l'_{\text{ер}_i}}{l_M} = \frac{l'_{\text{ер}_1} + l'_{\text{ер}_2} + \dots + l'_{\text{ер}_m}}{l_M}. \quad (4.162)$$

Среднее время простоя под погрузкой-разгрузкой за каждую езду за оборот, ч:

$$t_{\text{нр}_\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} t_{\text{нр}_i}}{m} = \frac{t_{\text{нр}_1} + t_{\text{нр}_2} + \dots + t_{\text{нр}_m}}{m}. \quad (4.163)$$

Средний коэффициент статического использования грузоподъемности за оборот:

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \gamma_{c_i}}{m} = \frac{\gamma_{c_1} + \gamma_{c_2} + \dots + \gamma_{c_m}}{m}, \quad (4.164)$$

или

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} q_{\phi_i}}{qm} = \frac{q_{\phi_1} + q_{\phi_2} + \dots + q_{\phi_m}}{qm}, \quad (4.165)$$

где q_{ϕ_i} - количество погруженного в каждом пункте груза, т.

Развозочные (сборные) маршруты являются разновидностью кольцевых. Развозочным называется такой маршрут, при движении по которому осуществляется постепенная выгрузка (погрузка) груза. На маршруте происходит либо постепенное уменьшение количество перевозимого груза, т.е. развозка груза, либо постепенное увеличение количество перевозимого груза, т.е. сбор груза в каждом последующем пункте маршрута. За один оборот на развозочном маршруте совершается m ездов.

При работе на развозочных маршрутах на каждый заезд в последующие пункты маршрута дается добавочное время на маневрирование, оформление документов, прием (сдачу) груза.

Время работы на маршруте, ч:

$$t_o = \frac{l_m}{V_T} + t_{np} + t_3 (n_3 - 1), \quad (4.166)$$

где t_3 — время на заезд, ч; n_3 — количество заездов.

Число оборотов z_o за время T_m работы на маршруте:

$$z_o = \frac{T_m}{t_o} = \frac{T_m}{\frac{l_m}{V_T} + t_{np} + t_3 (n_3 - 1)} = \frac{T_m V_T}{l_m + V_T [t_{np} + t_3 (n_3 - 1)]}. \quad (4.167)$$

Коэффициент статического использования грузоподъемности за оборот:

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} q_{\phi_i}}{qm} = \frac{q_{\phi_1} + q_{\phi_2} + \dots + q_{\phi_m}}{qm}. \quad (4.168)$$

где q_{ϕ_i} - количество погруженного или выгруженного в каждом пункте груза.

Количество перевезенного груза, т:

- за один оборот

$$Q_o = \sum_{i=1}^{i=m} q_{\phi_i}; \quad (4.169)$$

- за рабочий день

$$Q_{рд} = Q_o z_o = \frac{T_m V_T \sum_{i=1}^{i=m} q_{\phi_i}}{l_m + V_T [t_{np} + t_3 (n_3 - 1)]}. \quad (4.170)$$

Количество выполненных тонно-километров:

- за один оборот

$$P_o = q \sum_{i=1}^{i=m} (\gamma_{c_{yч}} l_{ер_{yч}})_i = q (\gamma_{c1_{yч}} l_{ер1_{yч}} + \gamma_{c2_{yч}} l_{ер2_{yч}} + \dots + \gamma_{cm_{yч}} l_{ерm_{yч}}), \quad (4.171)$$

где $\gamma_{c_{yч}}$ - коэффициент статического использования грузоподъемности на каждом участке перевозки груза; $l_{ер_{yч}}$ - длина каждого участка перевозки груза, км;

- за рабочий день

$$P_{рд} = P_o z_o = z_o q \sum_{i=1}^{i=m} (\gamma_{c_{yч}} l_{ер_{yч}})_i = \frac{T_m V_T q \sum_{i=1}^{i=m} (\gamma_{c_{yч}} l_{ер_{yч}})_i}{l_m + V_T [t_{np} + t_3 (n_3 - 1)]}. \quad (4.172)$$

Коэффициент использования пробега за один оборот:

$$\beta_o = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} l'_{er i_{yч}}}{l_m} = \frac{l'_{er 1_{yч}} + l'_{er 2_{yч}} + \dots + l'_{er m_{yч}}}{l_m}. \quad (4.173)$$

Для сборно-развозочных маршрутов, где в каждом промежуточном пункте осуществляется обмен груза, т.е. и погрузка, и выгрузка, коэффициент статического использования грузоподъемности

$$\gamma_c = \gamma_{c_1} + \gamma_{c_2}, \quad (4.174)$$

где γ_{c_1} , γ_{c_2} - коэффициенты статического использования грузоподъемности соответственно для собираемого и развозимого грузов.

4.6 Количество АТС на кольцевых маршрутах

Количество АТС на кольцевых маршрутах определяется из выражения

$$A = \frac{Q_{\text{общ}}}{U_0} = \frac{Q_{\text{общ}}}{n_c n_o q \gamma_c}, \quad (4.175)$$

$$\text{или } A = \frac{Q_i}{U_{oi}} = \frac{Q_i}{n_o q \gamma_c}, \quad (4.176)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общее количество груза, которое необходимо перевести по кольцевому маршруту за определенный период времени, т; U_0 – общая производительность единицы подвижного состава за определенный период времени, т; U_{oi} – производительность единицы подвижного состава за определенный период времени при перевозке груза из данного пункта кольцевого маршрута, т; n_e , n_o – соответственно число ездов и число оборотов за определенный период времени; γ_c – среднее значение коэффициента статического использования грузоподъемности при перевозке на заданном кольцевом маршруте; Q_i – количество груза, которое необходимо перевезти из данного пункта кольцевого маршрута за определенный период времени, т; γ_{ci} – коэффициент статического использования грузоподъемности при перевозках из данного пункта.

4.6.1 Движение АТС по часовому графику

Движение АТС по часовому графику позволяет повысить эффективность автотранспортного процесса. Часовой график разрабатывают и согласовывают все три стороны, принимающие участие в перевозке груза: АТП, грузоотправитель и грузополучатель. При составлении графика учитывают все условия движения и выполнения погрузочно-разгрузочных работ, т.е. тщательно обосновывают скорости движения и время простоя подвижного состава под погрузкой-разгрузкой. Основными преимуществами организации работы по часовому графику являются: разработка «уплотненного» по времени процесса перевозки груза; организация ритмичной работы погрузочно-разгрузочных пунктов; возможность заблаговременной подготовки грузоотправителей и грузополучателей

к погрузке, выгрузке груза, что особенно важно для грузополучателей, имеющих ограниченное число грузчиков; повышение производительности подвижного состава за счет уплотнения рабочего дня и сокращения простоев в ожидании погрузки-разгрузки.

Работу по часовому графику организуют либо на постоянных маршрутах (перевозка хлеба и хлебобулочных изделий, развозка и сбор почты, доставка продуктов в столовые и буфеты, некоторые виды перевозок грузов коммунального хозяйства и т.д.), либо в тех случаях, когда автомобильный транспорт становится непосредственным участником технологического процесса производства (доставка строительных деталей и конструкций при монтаже зданий «с колес», доставка асфальтобетонной смеси при дорожном строительстве и т.д.).

4.6.2 Движение автомобилей-тягачей с сменными прицепами и полуприцепами

Для увеличения производительности АТС при работе на постоянных маршрутах целесообразно использовать автопоезда со сменными прицепами и полуприцепами, прицепляя их в пунктах погрузки-разгрузки. Число прицепов и полуприцепов должны быть для одного автомобиля-тягача не менее трех: один под погрузкой, второй под разгрузкой и третий в пути вместе с автомобилем-тягачом.

Продолжительность первого оборота автомобиля-тягача (в ч.)

$$t_{01} = t_{отцIII} + t_{прицI} + t_{ДВ_{грузI}} + t_{отцI} + t_{прицII} + t_{ДВ_{порII}}, \quad (4.177)$$

где $t_{отц}$ – время отцепки полуприцепа, ч; $t_{приц}$ – время прицепки полуприцепа, ч; $t_{ДВ}$ – время движения автомобиля-тягача с полуприцепом, ч.

Продолжительность второго и третьего оборотов соответственно:

$$t_{02} = t_{отцII} + t_{прицIII} + t_{ДВ_{грузIII}} + t_{отцIII} + t_{прицI} + t_{ДВ_{порI}}; \quad (4.178)$$

$$t_{03} = t_{отцI} + t_{прицII} + t_{ДВ_{грузII}} + t_{отцII} + t_{прицIII} + t_{ДВ_{порIII}}. \quad (4.179)$$

Таким образом, за три оборота автомобиля-тягача будет совершен полный цикл, т.е. все три полуприцепа вновь займут исходное положение.

При работе автомобилей-тягачей со сменными прицепами и полуприцепами потребное число P , сменных процессов или полуприцепов для перецепки в пунктах погрузки и разгрузки складывается из числа P_d прицепов и полуприцепов, находящихся в движении, числа P_{II} прицепов или полуприцепов, находящихся под погрузкой, и числа P_r прицепов или полуприцепов, находящихся под разгрузкой, т.е. $P = P_d + P_{II} + P_r$.

Число полуприцепов (прицепов), находящихся в движении, равно числу автомобилей-тягачей, т.е. $P_d = A_T$. Число полуприцепов, находящихся под погрузкой и разгрузкой, определяется из равенства интервала I_T движения автомобилей-тягачей и ритма $R_{II(r)}$ погрузки или разгрузки полуприцепов.

Интервал движения автомобилей-тягачей равен интервалу времени между прибытием их на пункты погрузки или разгрузки:

$$I_T = t_{OT} / A_T, \quad (4.180)$$

где t_{OT} – время оборота автомобиля-тягача, ч; A_T – число автомобилей-тягачей, работающих на данном маршруте.

Ритм погрузки или разгрузки равен времени между отправлением из пункта загруженных или разгруженных полуприцепов:

$$R_{\Pi(P)} = (t_{\Pi(P)} + t_{\Pi O}) / \Pi_{\Pi(P)}, \quad (4.181)$$

где $t_{\Pi(P)}$ – время погрузки или разгрузки полуприцепа, ч; $t_{\Pi O}$ – время прицепки и отцепки полуприцепа, ч; $\Pi_{\Pi(P)}$ – число полуприцепов, находящихся под погрузкой или разгрузкой.

Для бесперебойной работы подвижного состава и пунктов погрузки-разгрузки, т.е. для такой работы, при которой подвижной состав не простаивает в ожидании погрузки-разгрузки и погрузочно-разгрузочные пункты равномерно загружены работой, необходимо $I_T = R_{T(P)}$.

При работе на простых маятниковых маршрутах время оборота автомобиля-тягача:

$$t_{от} = \frac{2l_{er}}{v_T} + 2t_{по} = \frac{2(l_{er} + t_{по} v_T)}{v_T}; \quad (4.182)$$

$$I_T = \frac{t_{от}}{A_T} = \frac{2(l_{er} + t_{по} v_T)}{v_T A_T}. \quad (4.183)$$

Если $I_T = R_{\Pi(P)}$,

$$\text{то } \frac{2l_{er} + t_{по} v_T}{v_T A_T} = \frac{t_{\Pi(P)} + t_{по}}{\Pi_{\Pi(P)}}. \quad (4.184)$$

Отсюда число полуприцепов, находящихся под погрузкой или разгрузкой: $\Pi_{\Pi(P)} = \frac{v_T A_T (t_{\Pi(P)} + t_{по})}{2(l_{er} + t_{по} v_T)}$.

Общее число полуприцепов

$$\begin{aligned} \Pi &= \Pi_d + \Pi_{\Pi} + \Pi_p = A_T + \frac{v_T A_T (t_{\Pi} + t_{по})}{2(l_{er} + t_{по} v_T)} + \\ &\quad + \frac{v_T A_T (t_p + t_{по})}{2(l_{er} + t_{по} v_T)} = \\ &= A_T + \frac{v_T A_T (t_{\Pi-p} + 2t_{по})}{2(l_{er} + t_{по} v_T)} = \\ &= A_T \left[1 + \frac{v_T (t_{\Pi-p} + 2t_{по})}{2(l_{er} + t_{по} v_T)} \right], \end{aligned}$$

где $t_{\Pi-p}$ – среднее время простоя полуприцепа под погрузкой-разгрузкой за езду, ч.

При работе на других маятниковых и кольцевых маршрутах потребное число сменных полуприцепов

$$\Pi = A_T X_{\Pi} \left[1 + \frac{v_T (t_{\Pi-p} + 2t_{по})}{2(l_{er} + t_{\Pi} v_T)} \right]; \quad (4.185)$$

где β_0 – коэффициент использования пробега за оборот; $t_{п-рсп}$ – среднее время простоя под погрузкой-разгрузкой, ч; $l_{ер}$ – средняя длина ездки, км.

Если в составе автопоезда несколько прицепов (полуприцепов), то

$$\Pi = A_T X_{\Pi} \left[1 + \frac{v_T (t_{n-p_{cp}} + 2t_{no})}{l_{ер} + 2t_{no} \beta_0 v_T} \right], \quad (4.186)$$

$$\Pi = A_T X_{\Pi} = \left[1 + \frac{\beta_0 v_T (t_{n-p_{cp}} + t_{no})}{l_{ер} + 2t_{no} \beta_0 v_T} \right], \quad (4.187)$$

где X_{Π} – количество прицепов (полуприцепов) в автопоезде.

4.7 Моделирование транспортных сетей

Для осуществления транспортных процессов необходимо знать кратчайшие расстояния между транспортным предприятием, пунктами отправления и получения. Кратчайшее расстояние является основанием при оплате клиентами транспортных работ. Они необходимы также для определения грузооборота транспортного предприятия, учета расхода эксплуатационных материалов, заработной платы водителей и т.п.

На транспортных предприятиях применяются два способа определения кратчайших расстояний:

- непосредственный замер на местности;
- замер по карте (плану) района (города).

Для нахождения оптимального маршрута используются математические методы, при использовании которых необходима транспортная сеть района (города), по которой осуществляются перевозки.

Транспортная сеть включает только те дороги (улицы), которые пригодны для движения по ширине проезжей части и качеству дорожного покрытия. Модель транспортной сети представляется в виде графа (рис. 4.19).

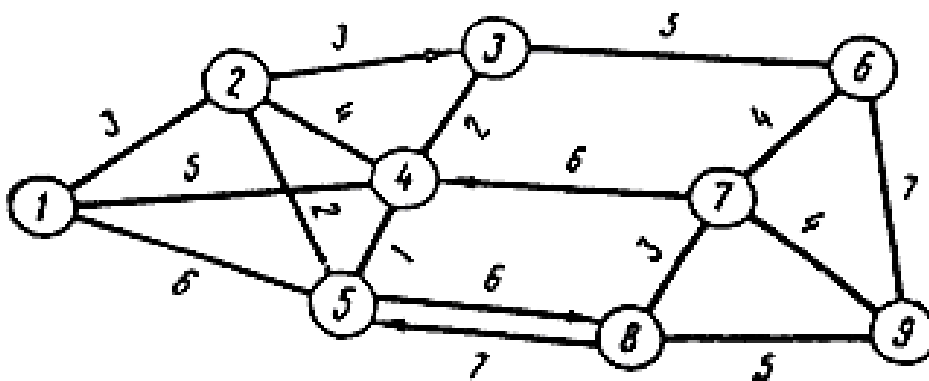


Рис. 4.19 - Модель транспортной сети

Граф - это фигура, состоящая из точек (вершин) и отрезков (ребер), их соединяющих.

Точками обозначаются АТП, отправители, получатели, перекрестки, мосты и другие объекты. Точкам присваиваются номера. Отрезки (рёбра) – это участки дорог (улиц), они характеризуются цифрами, могут иметь различный физический смысл (протяженность пути, время, стоимость проезда). Часть ребер ориентирована по направлению. Такие ребра называют дугами. Неориентированное ребро включает в себя две равноценные, но противоположно направленные дуги. В зависимости от наличия рёбер и дуг, граф может быть ориентированным или смешанным.

Граф, вершины которого с помощью ребер соединены между собой, называется связанным графом. Граф, моделирующий транспортную систему, должен быть связанным.

Для моделирования транспортной сети необходим картографический материал (карты крупного масштаба), сведения об организации дорожного движения, состояния дорог и размещения отправителей и получателей грузов.

Моделирование транспортной сети начинают с размещения вершин. Вершины присваиваются:

- автотранспортным предприятиям;
- отправителям и получателям грузов;
- центрам крупных жилых кварталов;
- центрам небольших обособленных населенных пунктов, входящих в границы города;
- площадям и пересечениям улиц.

Затем вершины связываются рёбрами и дугами. При этом учитываются дороги, улицы и проезды, имеющие усовершенствованные покрытия. Если вершины связаны несколькими параллельными проездами, то на модели транспортной сети их заменяют одним ребром. На рис. 4.20а ребро (1, 3) не сокращает расстояние от вершины 1 до вершины 3 и 4, а ребро (3, 4) дублирует связь, отраженную ребрами (3, 2) и (2, 4). На рис. 4.14б дано правильное изображение элемента сети.

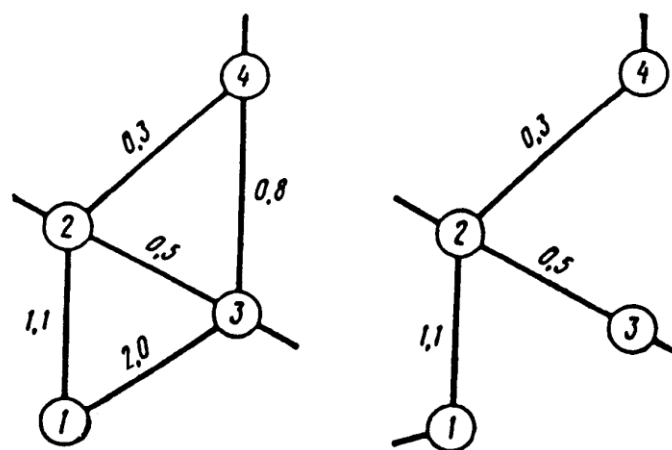


Рис. 4.20 - Фрагмент сети:

а — с дублирующими связями; б — правильное изображение

На модели транспортной сети необходимо отразить особенности организации дорожного движения. На рис. 4.21а дана схема перекрестка, на котором

от вершины 3 запрещено движение направо. Чтобы от нее попасть в вершину 2 нужно, двигаясь прямо до вершины 1, совершить разворот и у вершины 4 повернуть налево.

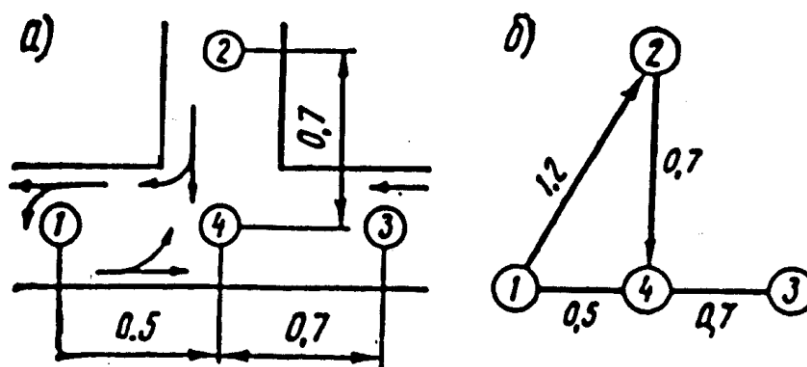


Рис. 4.21 - Схема перекрестка:

а — от вершины 3 запрещено движение направо; б — модель перекрестка

Заменяв двухстороннюю связь между вершинами 2 и 4 на одностороннюю, мы тем самым разрываем связь вершины 3 с вершиной 2 через вершину 4, где необходимый для этой связи поворот направо запрещен (рис. 4.21б). Но при этом мы одновременно разорвали фактически возможную связь вершины 1 с вершиной 2 через вершину 4. Компенсируем эту потерю введением фиктивной дуги (1, 2). Фиктивной она называется потому, что отображает не реально существующий проезд, связывающий вершины, а возможность связи этих вершин через другие вершины, не отображенную в модели из-за изложенных ранее преобразований. На рис. 4.22 дана схема перекрестка, у которого запрещены повороты налево, а места для разворотов вынесены за его пределы.

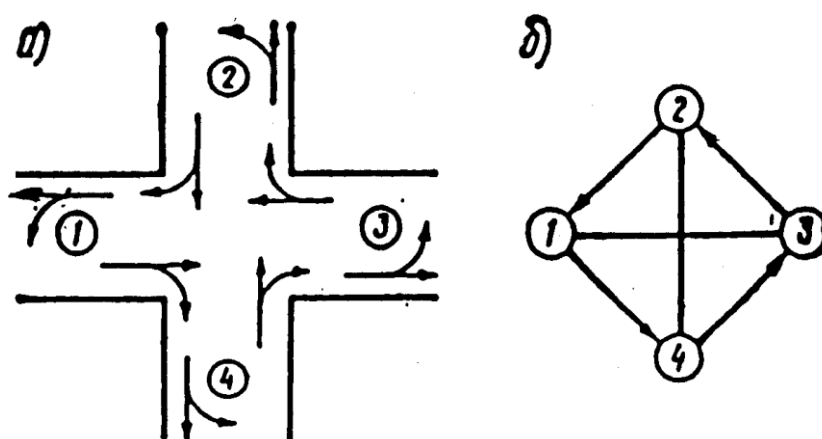


Рис. 4.22 - Схема перекрестка:

а — запрещен поворот налево; б — модель перекрестка

При моделировании транспортной сети для грузовых автомобилей ребра, на которых запрещено движение грузовых автомобилей, из сети исключаются, при этом нужно следить за сохранением связности графа.

В условиях крупного города для сокращения размеров таблиц с расстояниями между точками карту города разбивают на микрорайоны.

При определении микрорайонов необходимо придерживаться следующих правил:

- по улицам микрорайона транспорт должен иметь беспрепятственный проезд;
- естественные преграды в микрорайоне (овраги, реки, озера и др.) должны приниматься за границы микрорайонов;
- площадь микрорайона должны иметь более 1–4 км².

За центр микрорайона принимается место расположения поставщика или получателя, либо географический центр микрорайона.

Составив для микрорайона таблицу кратчайших расстояний, легко определим расстояние между точками города. Приложением к модели транспортной сети является справочник улиц города, в котором в алфавитном порядке перечисляются названия улиц, перекрестков, площадей, проездов, а также новые районы жилищной застройки. Каждому наименованию присваивается номер вершины. Для улиц большого протяжения в справочнике делается несколько записей, в которых указывается номер дома и соответствующий номер вершины.

В табл. 4.1 дан пример записи справочника улиц.

Таблица 4.1 - Пример записи справочника улиц

№ п/п	Наименование	Номера домов	Номер вершины
128	ул. Прянишникова	Все	510
129	ул. Тимирязевская	1–20	491
130	ул. Тимирязевская	20–40	492
131	ул. Тимирязевская	40–58	493