

## АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМОБИЛЯ (МИКРО И ОСОБО МАЛЫХ СИСТЕМ)

### Анализ производительности автомобиля (микро система). Методика проведения анализа

Анализ предусматривает выявление закономерностей влияния ТЭП на уровень выработки подвижного состава. В настоящей работе для этой цели используется метод цепных подстановок, который дает возможность проследить изменение, как функции, одного из произвольно взятых показателей, входящих в аналитическую модель описания работы автомобиля. Сущность метода цепных подстановок заключается в последовательной замене исходной величины отдельных показателей. Полученное отклонение от первоначальной величины фактора рассматривается как результат влияния изменяемого показателя, так как все остальные показатели, в исходном и в полученном значении функции, остались неизменными. Однако в практических условиях изменяется не один показатель, а одновременно несколько или вся совокупность. Например, если изменяется расстояние перевозки грузов, то это вызывает одновременно изменение суммарной величины времени простоя под погрузкой-выгрузкой и среднетехнической скорости. Если изменяется грузоподъемность, то это также влечет за собой изменение скорости и  $t_{пв}$  и т.п. Наличие таких взаимозависимостей не учитывается методом цепных подстановок. Несмотря на указанные недостатки, для того, чтобы выдержать условия сопоставимости выявляемых закономерностей, с ранее полученными, вынужденно используется указанный метод.

При расчете выработки автомобилей, согласно изложенным теоретическим положениям в третьей главе, учитывалось, что за плановое время пребывания на маршруте каждое транспортное средство может выполнить только целое число ездов. Тогда количество ездов, при работе автомобиля в микросистеме,

$$Z_e = \left[ \frac{l_{ze}}{\beta V_T} \right] \quad (4.1)$$

где  $[X]$  - целая часть числа  $X$ .

$$\frac{T_m}{t_e}$$

Для определения других величин:  $Q$ ,  $P$  и  $t_o$  использованы известные зависимости:

За оборот  $Q=q\gamma, P=q\gamma \cdot l_{ге}$ ;

За время  $T_n Q=Z_o \cdot q\gamma, P=Z_o \cdot q\gamma \cdot l_{ге}$ ;

$$t_o = \quad + t_{пв}.$$

После вычисления целой части может образоваться остаток времени  $\Delta T_m$ .

$$\Delta T_m = T_m - \left[ \frac{T_m}{te} \right] \cdot te \quad (4.2)$$

Если времени  $\Delta T_m$  достаточно для выполнения на последней езде трех операций: погрузки, движения с грузом и разгрузки, то тогда полученный результат по формуле (4.1) округляется в сторону увеличения до целого числа, в противном случае – в меньшую сторону и  $\Delta T_m$  будет представлять при этом потери рабочего времени в результате не кратности  $\Delta T_m$  и  $te$ .

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Для выявления этой закономерности, проявляющейся в микросистеме, возьмем для рассмотрения следующие условия:

$$T_m = 10 \text{ ч}; t_{пв} = 0,5; q = 5 \text{ т}; \gamma = 1; \beta = 0,5; V_T = 20 \text{ км/ч.}$$

Учитывая такую особенность, рекомендуется на больших расстояниях перевозки использовать транспортные средства повышенной грузоподъемности и автопоезда. Это связано с тем, что согласно системе оплаты труда работников автомобильного транспорта, тарифная ставка за каждый выполненный тонно-километр на автомобиле малой грузоподъемности значительно больше, чем на автомобиле повышенной грузоподъемности, а предприятие получает доход только за количество перевезенного груза, независимо от того, на каком автомобиле выполнялись перевозки.

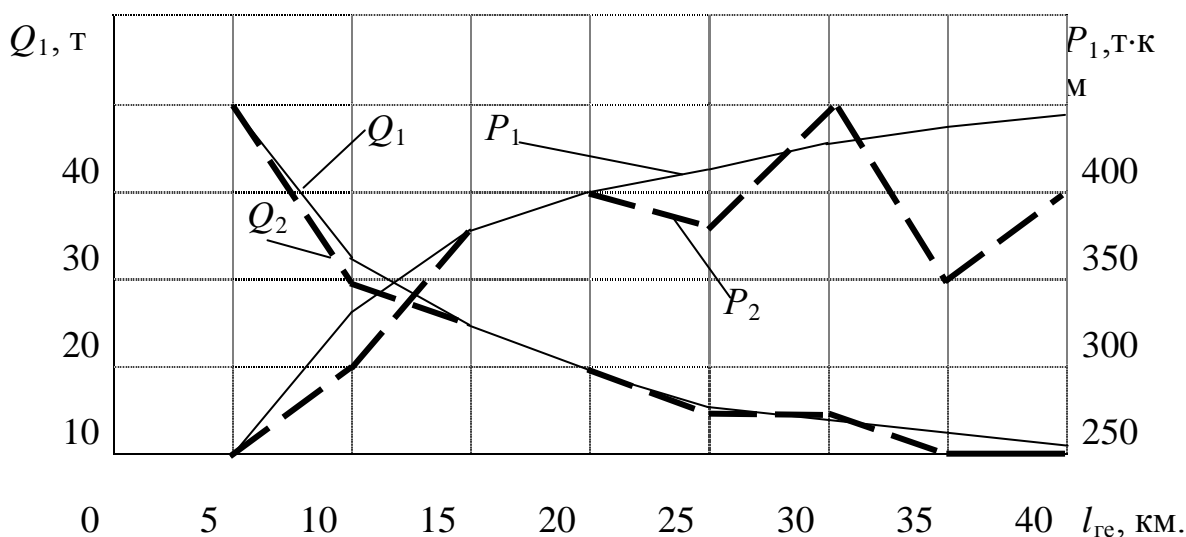


Рис. 4.1. Закономерности изменения  $Q$  и  $P$  при росте  $l_{ге}$

Теперь рассмотрим, как будут выглядеть функции  $Q$  и  $P$ , для тех же условий, если учитывать дискретный характер транспортного процесса. Результаты расчетов представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Изменения  $Q$  и  $P$ , полученные с учетом дискретности транспортного процесса

$l_{ге}, км.$	Расчетное число ездов	Округленное число ездов	$Q_2, т/смену$	$P_2, т·км/смену$
5	10,0	10	50	250
10	6,67	6	30	300
15	5,0	5	25	375
20	4,0	4	20	400
25	3,3	3	15	375
30	2,87	3	15	450
35	2,5	2	10	350
40	2,2	2	10	400

По данным табл. 4.2 построены графические зависимости, описывающие закономерность  $Q_2$  и  $P_2$  как функции расстояния перевозки грузов. Как видно (рис. 4.1) обе функции описываются ломанными прямыми линиями и не носят монотонного характера.

Для расстояния 30 км  $Q_2$  и  $P_2$  получились большими чем теоретические значения. Это следствие того, что фактически автомобиль находился на линии не 10 часов, а несколько больше.

На графике видно, что с ростом расстояния от 20 до 40 км  $Q_2$  уменьшилось в 2 раза, но это не компенсировалось увеличением  $P_2$ , величина которой в обоих случаях составляет 400 т·км. Пробег автомобиля также одинаков. Следовательно, эксплуатационные расходы равны, но доходы  $D$  разные.

$$D_i = T_i \cdot Q, \quad (4.3)$$

где  $T_i$  – тариф при перевозке груза на расстояние  $l_i$ , руб./т.

Однако известно, что каждое предприятие должно быть рентабельным и за стоимость своей продукции получать соответствующую стоимость. Это возмещение должно быть относительно эквивалентным, ибо в обратном случае одни предприятия получают стоимость сверх созданной ими (и тогда у них не будет необходимости и стремления повышать эффективность производства), а другие при всем старании не смогут возместить затрат. В обоих случаях общество в целом проигрывает.

Согласно зависимостям (рис 4.1) может наблюдаться одновременное падение выработки  $Q$  и  $P$ , например, при расстояниях 25 и 35 км, а также, что с ростом  $l_{ге}$ ,  $Q$  может не уменьшаться и  $P$  не возрастать.

Полученные результаты показывают одну из причин несоответствия расчетного плана с фактической работой подвижного состава.

Если применительно к рассмотренному примеру рассчитать предельную ошибку  $\Delta$ , которая может иметь место при практическом планировании перевозки грузов, то для расстояния 35 километров ошибка по тоннам

$$\Delta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \cdot 100 = \quad \cdot 100 = 25\%,$$

по тонно-километрам

$$\Delta = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \cdot 100 = \frac{437,5 - 350}{350} \cdot 100 = 25\% .$$

При сопоставлении результатов, полученных традиционным методом и с учетом дискретности (рис. 4.1) видно, что в диапазоне малых значений аргумента, функции достаточно хорошо согласуются между собой. Другими словами, в период разработки теоретического аппарата, когда было мало транспортных средств и интенсивность эксплуатации не велика, выведенные теоретические зависимости профессором Лейдерманом С.Р., достаточно хорошо описывали работу одного автомобиля.

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И КОЭФФИЦИЕНТА ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Как следует из математических формулировок (3.1) и (3.2) с увеличением  $q$  и  $\gamma$  выработка всегда возрастает, причем в прямой пропорции, так как указанные формулы могут быть представлены в следующем виде:

$$\frac{12,5-10}{10} Q = Af(q\gamma) \quad (4.4)$$

$$P = Bf(q\gamma) \quad (4.5)$$

В действительности при увеличении грузоподъемности и ее использования изменяются такие показатели как скорость движения и время погрузки-выгрузки. При этом скорость уменьшается, а время  $t_{пв}$  увеличивается. Это совокупное явление может вызвать снижение выработки (рис. 4.2.)

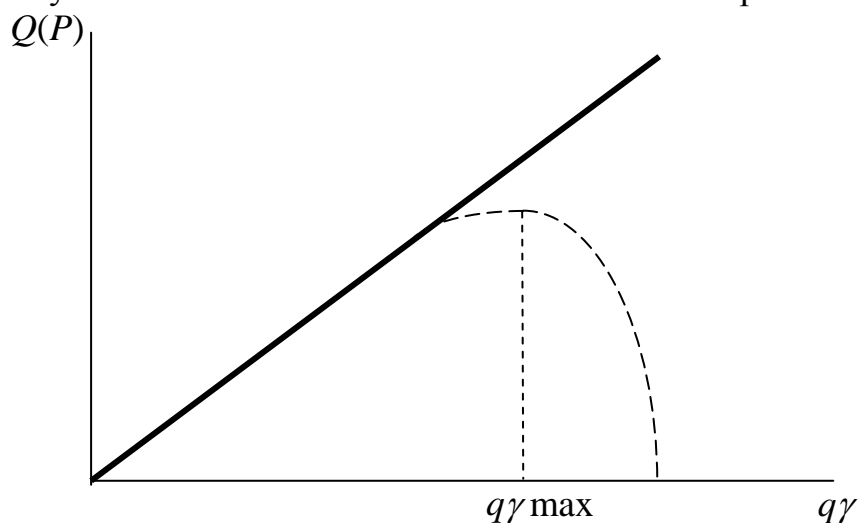


Рис. 4.2. Теоретическая закономерность изменения  $Q(P)$  в результате роста  $q\gamma$

Повышение грузоподъемности транспортных средств в АТП достигается путем переоборудования автомобилей в седельные или буксирные автопоезда. По исследованиям НИИАТа такой способ повышения грузоподъемности способствует росту выработки до тех пор, пока сохраняется следующее неравенство

$$\frac{q_2 \gamma_2}{q_1 \gamma_1} > \frac{V_{T1}}{V_{T2}} \quad (4.6)$$

где  $q_2 ; \gamma_2 ; V_{T2}$  – показатели, соответствующие увеличенной грузоподъемности.

Изменение времени оборота, в результате роста  $q\gamma$ , можно проследить, если воспользоваться следующим выражением

$$t_o = t_3 + \tau_{пв} \cdot q\gamma, \quad (4.7)$$

где  $t_3$  – время, затрачиваемое на заезды в погрузочно-разгрузочные пункты, маневрирование, оформление документов и др. операции, ч;

$\tau_{пв}$  – время, затрачиваемое на погрузку-выгрузку одной тонны груза, ч.

Действительное влияние  $q\gamma$  на выработку транспортного средства проиллюстрируем на следующем примере:

$$T_m = 9,2 \text{ ч}; \tau_{пв} = 0,083 \text{ ч}; q = 5 \text{ т}; \beta = 0,5; V_T = 23 \text{ км/ч.}$$

$$l_{ze1} = 10 \text{ км}; l_{ze2} = 20 \text{ км}; l_{ze3} = 30 \text{ км.}$$

При расчетах учтена дискретность транспортного процесса и изменение  $t_o$ . Величина  $\gamma$  во всех случаях принималась равной единице.

Таблица 4.3 - Изменение  $Q$  и  $P$  в результате роста  $q\gamma$

$q\gamma, \text{ т}$	$l_{ze1} = 10 \text{ км}$			$l_{ze2} = 20 \text{ км}$			$l_{ze3} = 30 \text{ км}$		
	$Ze, \text{ ед.}$	$Q, \text{ т}$	$P, \text{ т·км}$	$Ze, \text{ ед.}$	$Q, \text{ т}$	$P, \text{ т·км}$	$Ze, \text{ ед.}$	$Q, \text{ т}$	$P, \text{ т·км}$
1	7	7	70	4	4	80	3	3	90
2	7	14	140	4	8	160	3	6	180
3	6	18	180	4	12	240	3	9	270
4	6	24	240	4	16	320	3	12	360
5	6	30	300	4	20	400	3	15	450
6	5	30	300	3	18	360	2	12	360
7	5	35	350	3	21	420	2	14	420
8	5	40	400	3	24	480	2	16	480
9	5	45	450	3	27	540	2	18	540
10	4	40	400	3	30	600	2	20	600

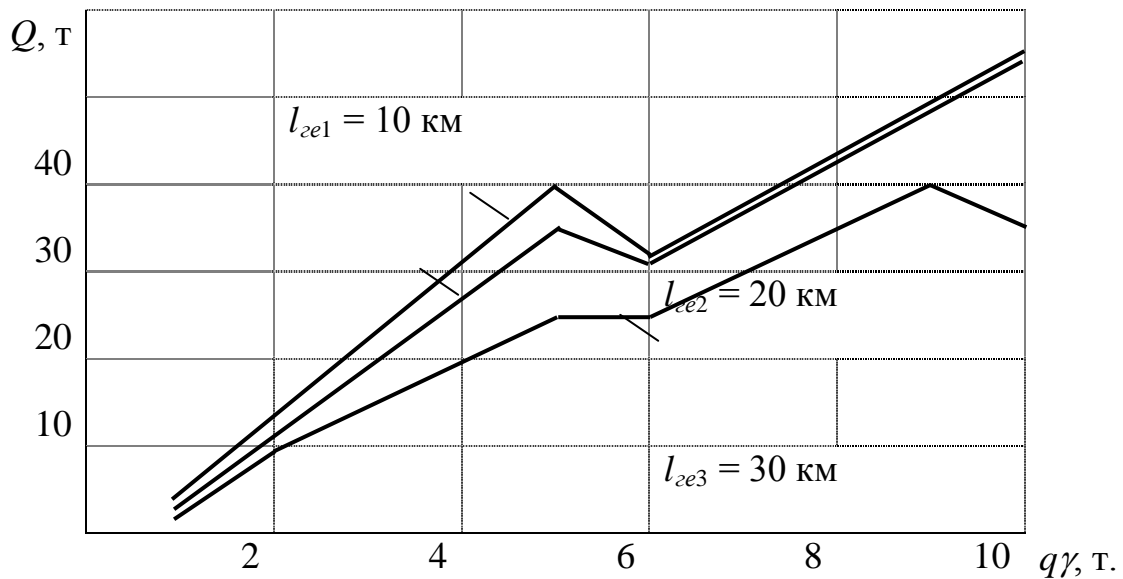


Рис. 4.3. Закономерности изменения  $Q$  в зависимости от  $q\gamma$ .

Выполненные расчеты (табл. 4.3) и построенные графики (рис. 4.3 и 4.4) позволяют сделать следующие выводы:

- в практической деятельности при выполнении перевозок на конкретном маршруте (в данном случае в микросистемах) может не наблюдаться последовательного приращения выработки при росте  $q\gamma$ ,

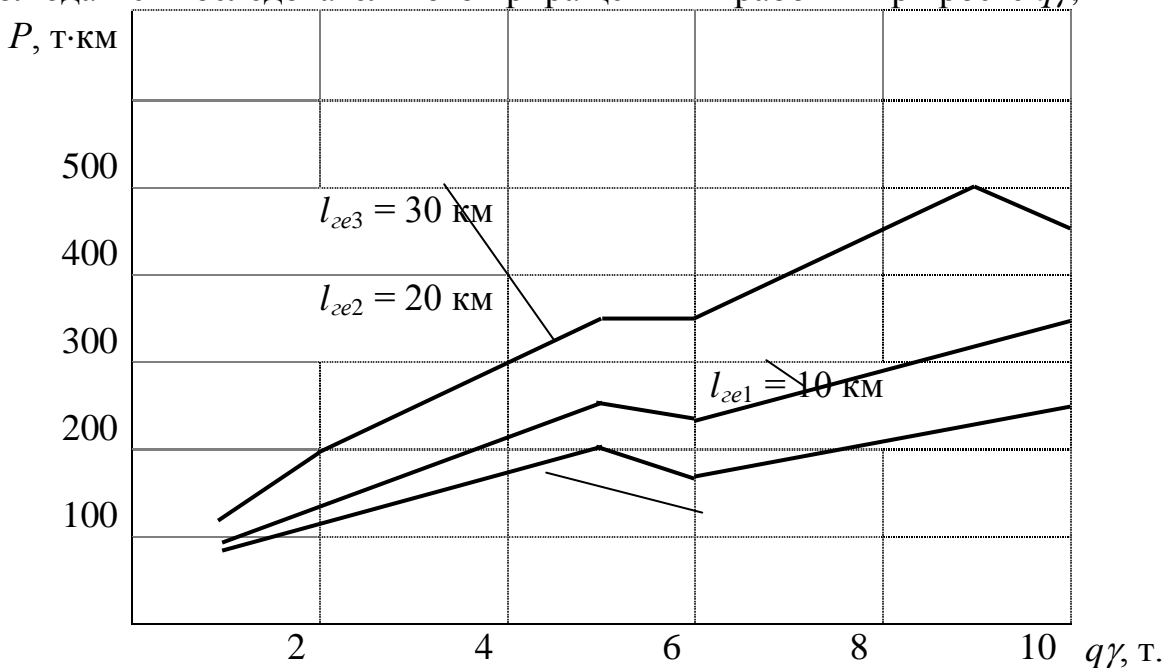


Рис. 4.4. Закономерности изменения  $P$  в зависимости от  $q\gamma$ .

- функции  $Q = f(q\gamma)$  и  $P = f(q\gamma)$  представляют собой прямые ломаные линии;

- с увеличением  $q\gamma$  возрастает  $t_{пв}$ , что вызывает падение числа ездов за плановое время пребывания в наряде. В результате может оказаться,

что автомобиль меньшей грузоподъемности, в одних и тех же условиях эксплуатации, будет иметь большую выработку. Но автомобиль меньшей грузоподъемности, имея большую выработку, может иметь худшие экономические показатели.

Выявленные закономерности объясняют, почему от роста грузоподъемности транспортных средств часто не получают ожидаемого эффекта.

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ

На основании формулировок (3.1 и 3.2) утверждается, что с ростом скорости выработка транспортных средств всегда возрастает по закону гиперболы (см. рис. 4.5). Не прямо пропорциональное изменение объясняется тем, что в результате увеличения  $V_T$ , сокращается время движения за езду или оборот. Тогда за одно и то же время работы на линии появляется возможность выполнить больше ездов, но вместе с тем транспортное средство чаще попадает в погрузочно-разгрузочные пункты, что вызывает рост затрат времени на грузовые работы, а это отрицательно влияет на уровень выработки.

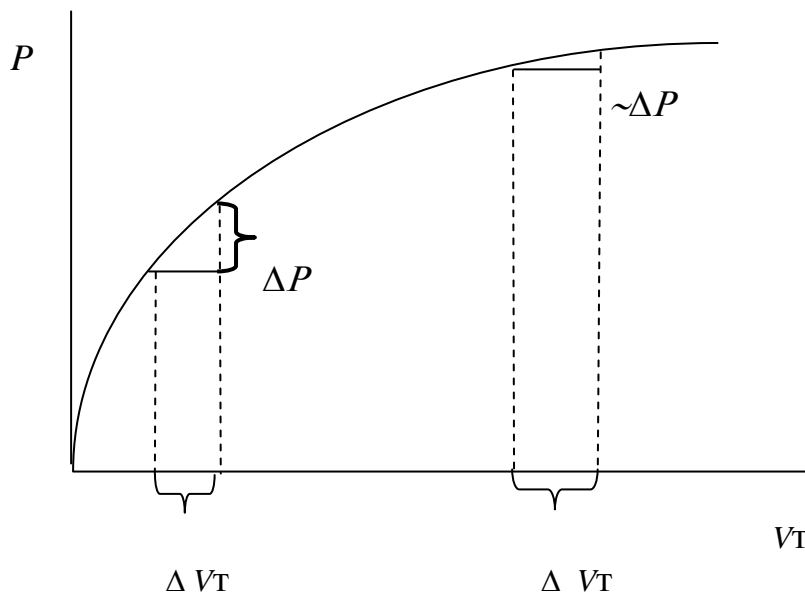


Рис. 4.5. Условный график влияния  $V_T$  на производительность автомобиля

В связи с этим прирост скорости в малых значениях может дать больший эффект, чем в интервале больших значений скоростей. Это положение не всегда учитывается при использовании результатов анализа для разработки программы по перевозкам и в экономических расчетах.

С повышением скорости может увеличиться пробег, что вызовет рост затрат и даже если пробег не будет увеличиваться, то затраты возрастают всегда. Причем, чем выше скорость, тем удельный прирост выработки меньше, а удельные затраты все больше и больше. Поэтому далеко не всегда приращение скорости вызовет такой прирост выработки, за счет которого

можно было бы окупить расходы, связанные с увеличением скорости движения подвижного состава.

Исходя из принципа, что за плановое время пребывания на линии автомобиль может выполнить только целое число ездов, можно утверждать, что приращение среднетехнической скорости только тогда сопровождается ростом выработки, когда, за счет сокращения затрат времени на движение, время ездки уменьшается на столько, что дает возможность выполнить за плановое время дополнительно хотя бы одну ездку. В противном случае эффект только кажущийся и в действительности прироста выработки не будет, а только возрастут затраты на эксплуатацию.

Для выявления действительной закономерности изменения выработки автомобиля при различных скоростях движения в г. Омске в течение ряда лет (1978-1981 гг.), проводились натурные исследования затрат времени на движение. Статистический материал был получен на основе фотографий рабочего дня, который в дальнейшем использовался для расчета теоретической выработки.

Рассмотрим пример изменения выработки автомобиля при следующих условиях:

$$T_m = 10 \text{ ч}; t_{пв} = 0,5 \text{ ч}; q = 5 \text{ т}; \gamma = 1; \beta = 0,5; l_{ze} = 20 \text{ км.}$$

Таблица 4.6 - Результаты расчета  $Q$  и  $P$  при росте  $V_T$

$V_T$ , км/ч	Расчетное число ездов	Округленное число ездов	$Q_2$ , т	$P_2$ , т·км	Теоретические	
					$Q_1$ , т	$P_1$ , т·км
20	4	4	20	400	20,0	400,0
22	4,3	4	20	400	21,6	432,0
24	4,6	4	20	400	23,0	460,0
26	4,9	5	25	500	24,5	490,0
28	5,18	5	25	500	25,92	518,4
30	5,46	5	25	500	27,27	545,4
32	5,71	5	25	500	28,57	571,4
34	5,95	6	30	600	29,82	596,4
36	6,21	6	30	600	31,03	620,68

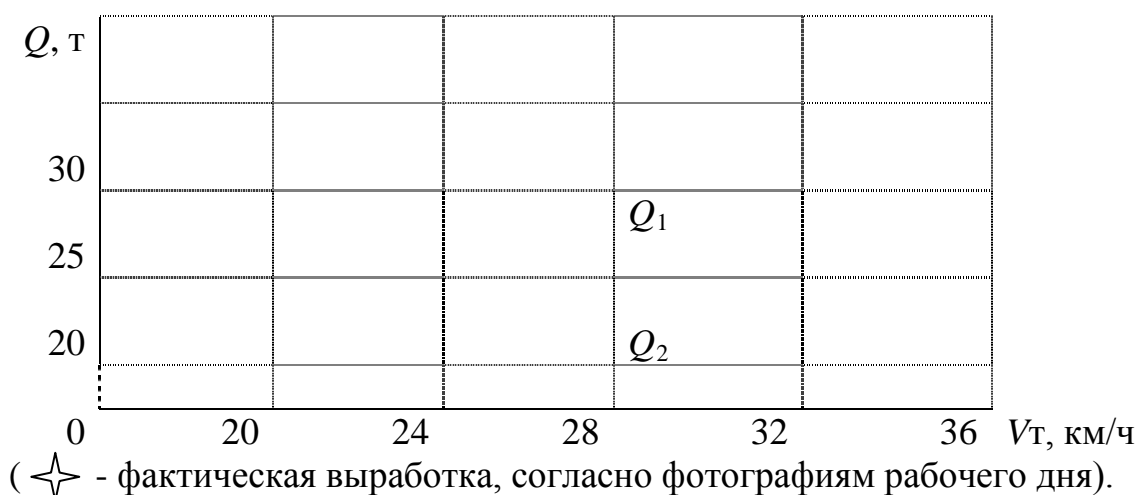




Рис. 4.6. Закономерность изменения  $Q = f(V_T)$

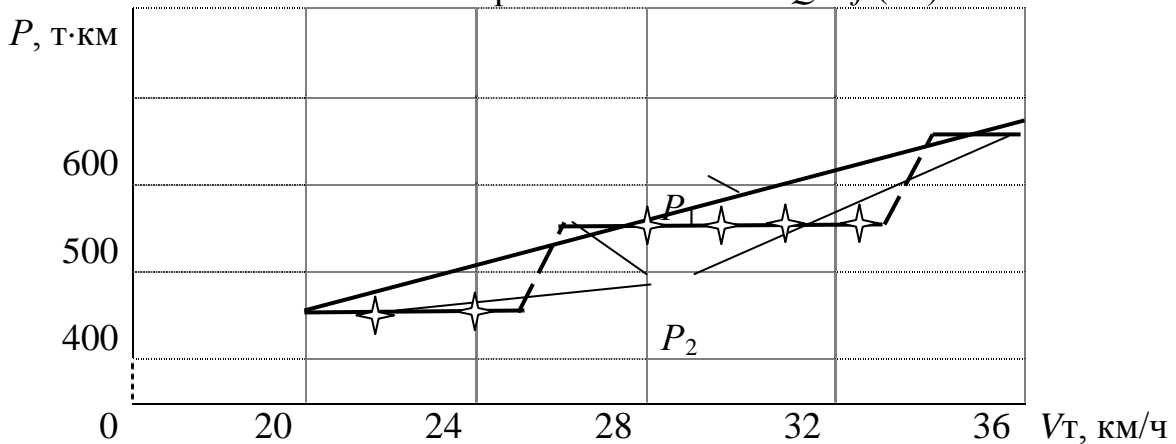


Рис. 4.7. Закономерность изменения  $P = f(V_T)$

Результаты расчетов (табл. 4.6) и построенных графиков (рис. 4.6 и 4.7) указывают:

- функции  $Q = f(V_T)$  и  $P = f(V_T)$  являются разрывными линейными, а не гиперболическими, как утверждается в действующей теории;
- имеются достаточно большие промежутки изменения среднетехнической скорости движения автомобиля, не сопровождающиеся приращением выработки. Не учет этого явления может приводить к ошибкам в анализе и планировании работы транспортных средств;

- если на маршруте автомобиль не может реализовать более высокую скорость, которой соответствует целое число ездов, (в рассматриваемом примере скорость 34 км/ч), то он должен двигаться с меньшей, которой также соответствует целое число ездов (например 26 км/ч). Эта скорость будет экономически целесообразной, так как все промежуточные между  $V_T = 26$  км/ч и  $V_T = 34$  км/ч не дают приращения выработки (см. рис. 4.6 и рис. 4.7), а только будут сопровождаться необоснованными затратами.

Сравнение данных фотографий рабочего дня с расчетными показало полное совпадение с расчетами, полученными с учетом дискретности транспортного процесса, что и показано на графиках (рис. 4.6 и 4.7). Величина ошибки, которая может иметь место при планировании или прогнозировании выработки, может быть довольно значительной.

Например, для скорости 24 км/ч

$$\Delta_{24} = Q_1 - Q_2 = 23 - 20 = 3 \text{ т,}$$

$$\Delta_{24} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \cdot 100 = \left(\frac{3}{20}\right) \cdot 100 = 15 \text{ \%}.$$

для скорости 32 км/ч

$$\Delta_{32} = Q_1 - Q_2 = 28,57 - 25 = 3,57 \text{ т,}$$

$$\Delta_{32} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \cdot 100 = \left(\frac{3,57}{25}\right) \cdot 100 = 14,28 \text{ \%}.$$

То же по тонно-километрам.

Следует обратить внимание, что в процентном значении величина отклонения может быть меньше, а в абсолютном – больше.

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

Согласно существующему положению считается, что в результате сокращения  $t_{пв}$  возрастает выработка подвижного состава. Ранее установлено, что эта зависимость может быть описана с помощью уравнения равнобочной гиперболы.

Исследования, проведенные в объединении «Уралавтотранс» показали, что если на перевозках торговых грузов  $t_{пв}$  сокращается на 10 %, то это способствует сокращению издержек на 150-200 руб. на каждый автомобиль. Казалось бы, что получение таких результатов подтверждает изложенное положение о влиянии  $t_{пв}$  на выработку транспортных средств.

Однако результаты изложенных теоретических положений и проведенные исследования позволяют утверждать, что не всегда в результате сокращения затрат времени на погрузочно-разгрузочные работы возрастает выработка автомобилей. Эффект от уменьшения  $t_{пв}$  получается только тогда, когда за плановое время нахождения в наряде, в результате снижения  $t_{пв}$ , можно выполнить дополнительно хоть одну езду. Если этого не происходит, то не вырабатывается дополнительной продукции, за счет которой можно было бы окупить средства, вносимые на организацию и механизацию погрузочно-разгрузочных работ непосредственно на автомобильном транспорте .

Закономерность изменения выработки транспортного средства можно проследить на следующем примере:

$$T_m = 10 \text{ ч}; q = 5 \text{ т}; \gamma = 1; \beta = 0,5; l_{ze} = 15 \text{ км}; V_T = 23 \text{ км/ч.}$$

Теоретические значения определялись по формулам (3.1 и 3.2).

Представленный пример расчета (табл. 4.7) и построенные графики (рис. 4.9. и 4.10) показывают, что фактическая закономерность изменения выработки автомобиля в микросистеме описывается разрывной линейной функцией. Гиперболическая зависимость не проявляется. Натурные исследования работы автомобилей, на основании которых построены графики, показали, что автомобили, работая на одном и том же маршруте при разном времени  $t_{пв}$ , имеют одинаковую выработку (рис 4.9 и 4.10). Совпадение действительных значений выработки подтверждает выдвинутые теоретические положения.

Таблица 4.7 - Влияние  $t_{пв}$  на величину выработки

$t_{пв}$ , ч	Расчетное число ездов	Округленное число ездов	$Q_2$ , т	$P_2$ , т·км	Теоретические	
					$Q_1$ , т	$P_1$ , т·км
0,3	6,25	6	30	450	31,16	467,5
0,4	5,88	6	30	450	29,33	440,0
0,5	5,55	5	25	375	27,71	415,7
0,6	5,26	5	25	375	26,26	393,8
0,7	5,0	5	25	375	24,94	374,2
0,8	4,76	5	25	375	23,76	356,4

0,9	4,54	4	20	300	22,68	340,2
1,0	4,34	4	20	300	21,69	325,5

Максимальная величина ошибки, которая может проявиться при планировании, в данном примере приходится на значение  $t_{пв}$ , равное 0,5 и составляет:

по тоннам

$$\Delta = \frac{27,71 - 25}{25} \cdot 100 = 10,85 \%$$

по тонно-километрам

$$\Delta_{24} = \frac{415,7 - 375}{375} \cdot 100 = 10,85 \%$$

Установленные зависимости влияния  $t_{пв}$  на выработку подвижного состава показывают, что отклонение теоретических величин может быть как в большую, так и в меньшую стороны, по сравнению с фактическими значениями  $Q$  и  $P$ . поэтому при использовании теоретических формул (3.1 и 3.2) для расчета потребности в транспортных средствах может быть запланировано избыточное или недостаточное их количество.

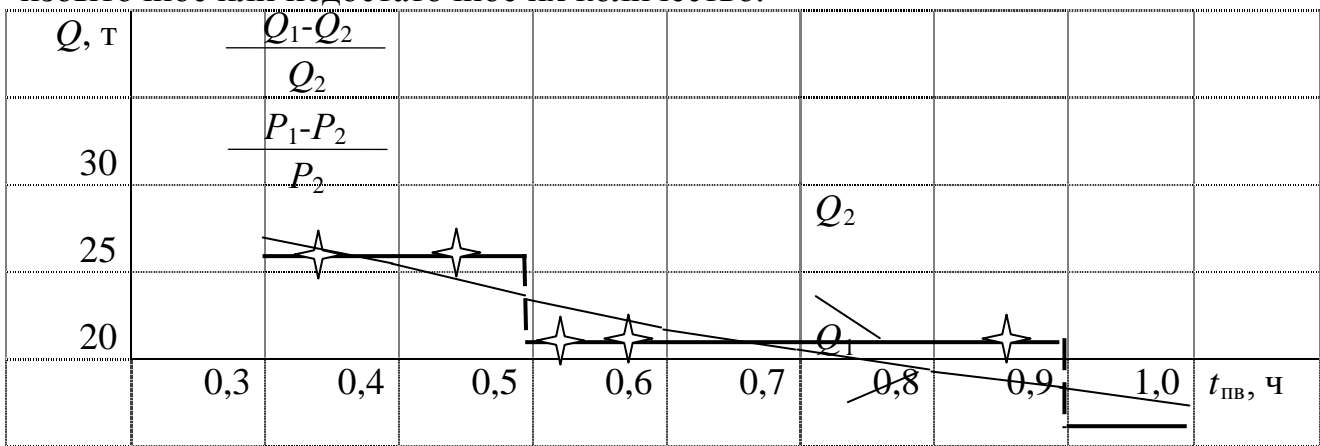


Рис. 4.9. Закономерность изменения  $Q = f(t_{пв})$

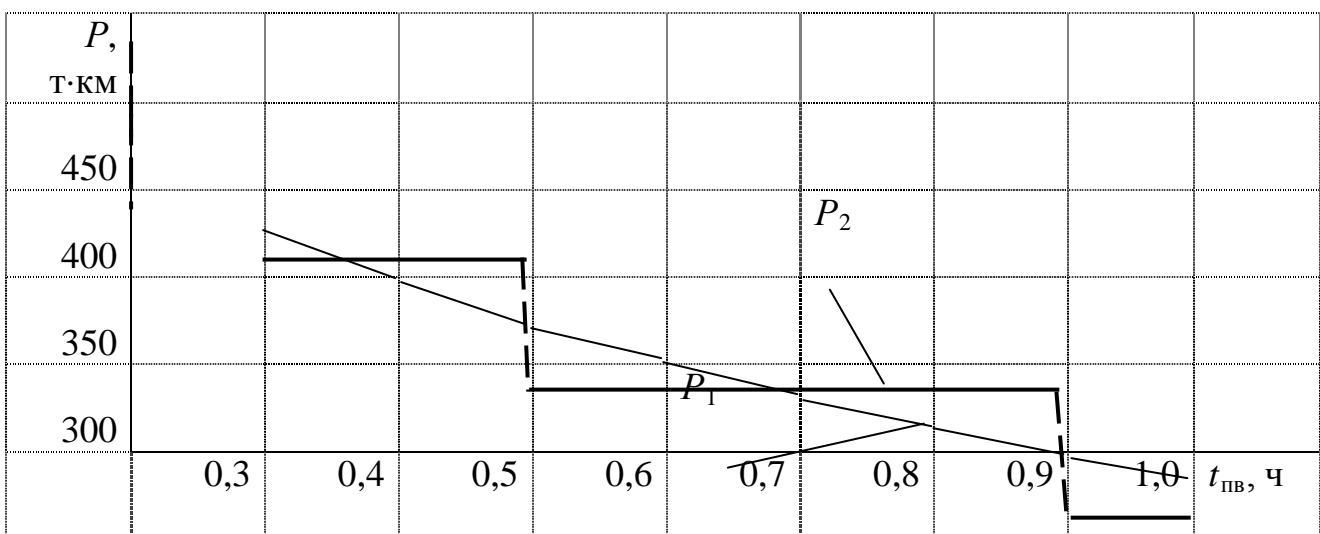


Рис. 4.10. Закономерность изменения  $P = f(t_{пв})$

Кроме того, дискретный характер приращения выработки автомобилей объясняет, почему от механизации и совершенствования организации погрузочно-разгрузочных работ не всегда получается эффект.

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОБЕГА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В многочисленной научной и учебной литературе указывается, что с повышением коэффициента использования пробега всегда возрастает выработка транспортных средств. Это также следует из математических выражений, применяемых в настоящее время для описания выработки подвижного состава.

Однако все обстоит не так гладко с показателем  $\beta$ , как об этом указывается в теории. Решая транспортные задачи маршрутизации перевозок с целью повышения  $\beta$ , а затем, рассчитывая экономический эффект и сравнивая его с практическими достижениями, научные и практические работники автомобильного транспорта столкнулись с поразительным явлением. Планируемая экономия в результате повышения  $\beta$  имеет, в ряде случаев, очень большое расхождение с фактическим результатом. По исследованиям Московского института управления и вычислительного центра Главмосавтотранса расхождение между ожидаемой и фактической экономической эффективностью всегда имеет место и достигает пятидесяти и более процентов.

В значительной мере это можно объяснить тем, что природа прироста транспортной продукции с увеличением  $\beta$  на конкретных маршрутах перевозки грузов не отвечает используемой для расчетов математической формулировке. Прежде чем выяснить, как в действительности будет выглядеть функция влияния  $\beta$  на величину выработки, следует рассмотреть:

- во-первых, любое ли приращение  $\beta$  может вызвать рост выработки транспортных средств, т.к. еще в работе Лейдермана С.Р. было высказано, что не любое увеличение  $\beta$  вызывает рост производительности, ибо приращение  $\beta$  может быть связано с уменьшением коэффициента использования рабочего времени, что неизбежно вызовет снижение производительности. Но это предостережение автора почему-то ушло от внимания ученых.

Представим, что автомобили работают на группе маршрутов, которые являются маятниковыми с обратным не груженым пробегом, тогда общее значение  $\beta$  (за день) составляет меньше 0,5. При сохранении маршрутов рост  $\beta$  может произойти только за счет сокращения нулевых пробегов, но выработка транспортных средств, как показывает практика, в большинстве случаев не возрастает, а это противоречит теоретическим положениям.

Как только на рассматриваемом типе маршрута, хоть на каком-то расстоянии в обратном направлении, будет перевозиться груз, сразу происходит количественный и качественный скачок, возрастает выработка, измеряемая в тоннах перевозимого груза, и за каждый оборот будет перевозиться количество груза

$$Q_0 = q\gamma_1 + q\gamma_2 \quad (4.10)$$

где  $\gamma_2$  – коэффициент использования грузоподъемности при перевозке груза в обратном направлении.

Если  $\gamma_1 = \gamma_2$ , то  $Q_o = 2q\gamma$ .

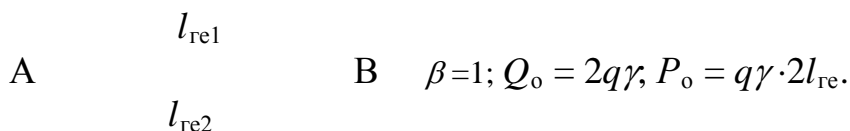
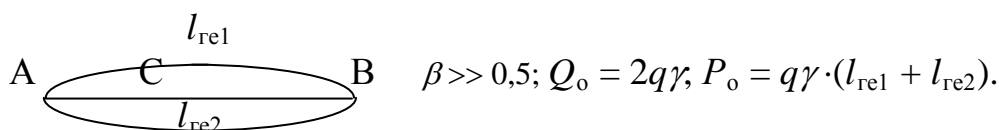
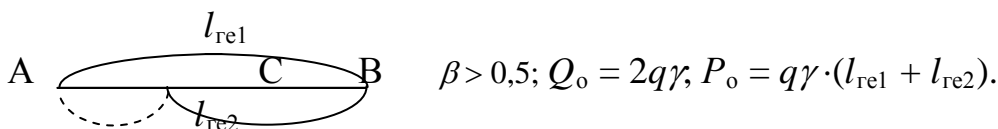
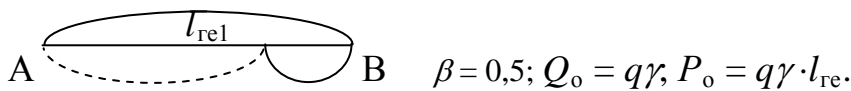


Рис. 4.11 Схема изменения выработки за оборот при увеличении  $\beta$ .

Как следует из представленной схемы (рис. 4.11), не просматривается закономерная связь между количеством перевозимого груза и величиной коэффициента  $\beta$ , а количество тонно-километров после превышения  $\beta$  значения 0,5 увеличивается пропорционально расстоянию перевозки грузов в обратном направлении. Из сказанного следует, что правомерность использования отчетной достигнутой величины  $\beta$  для планирования выработки и потребности в транспортных средствах, применительно к маятниковым маршрутам, весьма сомнительна. Более правильно планировать работу по каждому маршруту, учитывая возможность выполнения целого числа ездов, а сумма всех работ будет представлять действительную программу по перевозкам.

- во-вторых, необходимо выяснить, как изменяется время оборота в результате роста  $\beta$ , которое, в конечном итоге, определяет число оборотов (ездов) автомобиля в смену. Причем следует помнить, что, выполняя этот анализ, требуется применять метод цепных подстановок.

Для расчета времени оборота  $t_o$  на маятниковых маршрутах используется формула

$$t_o = \frac{l_{re}}{\beta V} \quad (4.11)$$

При увеличении  $\beta$ , согласно методу анализа, первый член математической зависимости (4.11), уменьшается, что по физическому смыслу соответствует сокращению времени в движении. Время простоя под

погрузкой-выгрузкой никак не изменяется, а в действительности, как только  $\beta$  становится больше 0,5, оно резко возрастает, пропорционально количеству груза, перевозимого в обратном направлении.

Зависимость (4.11) входит составной частью в формулы (3.1 и 3.2). Замеченные несоответствия также свойственны указанным формулам и поэтому расчеты по ним могут не соответствовать эксплуатации подвижного состава.

Время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ должно представлять собой сумму затрат времени на эти работы, а так как автомобиль для выполнения очередного оборота должен проходить весь маршрут, то формула описания  $t_o$  на маятниковых маршрутах примет следующий вид:

$$t_o = \frac{l_m}{V_T} + \sum_1^n t_{пви}, \quad (4.12)$$

где  $n$  – число ездов за оборот, ед;

$l_m$  – длина маршрута, км;

$t_{пви}$  – время, затрачиваемое на погрузку-выгрузку при выполнении  $i$ -й ездки, ч.

Полученное описание  $t_o$  не содержит  $\beta$  и указывает, что для правильного описания транспортного процесса в особо малых системах коэффициент использования пробега не должен применяться.

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что не может проявляться гиперболическая зависимость выработки подвижного состава в результате роста  $\beta$ . Ее величина изменяется скачкообразно в соответствии с числом ездов, которое может быть выполнено за оборот, и количеством груза, перевозимым за каждую езду, что не согласуется с теоретическими зависимостями, но зато полностью соответствует реальной работе подвижного состава на линии.

При выявлении закономерности влияния  $\beta$  на уровень выработки автомобиля следует обратить внимание, что, как только  $\beta$  станет больше 0,5, сразу микросистема становится особо малой.

Изменение выработки при росте  $\beta$  рассмотрим на следующем примере:

$L$  – расстояние между конечными пунктами маршрута 10 км;

$T_m = 8,7$  ч;  $q = 5$  т;  $\gamma = 1$ ;  $V_T = 25$  км/ч;  $t_{пв} = 0,5$  ч.

Для упрощения вычислений принято, что в прямом и обратном направлениях перевозится груз первого класса и скорость движения груженого и не груженого автомобиля одинакова.

Число ездов, выполняемое единицей подвижного состава, в особо малой системе:

$$Z_e = \left[ \frac{T_H}{t_0} \right] \cdot n + Z_e' \quad (4.13)$$

где  $Z_e'$  - число ездов, которое может быть выполнено на последнем обороте, ед.

$$Z_e' = \begin{cases} 2, & \text{если} \quad \frac{T_M - \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot t_0}{2 t_{пв} + \frac{l_{ze}}{V_T}} \geq 1 \\ 1, & \text{если} \quad \frac{T_M - \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot t_0}{t_{пв} + \frac{l_{ze1}}{V_T}} \geq 1 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4.14)$$

где  $l_z$  – пробег с грузом за оборот, км;

$l_{ze1}$  – длина первой грузовой езды на маршруте, км.

Используя зависимость (4.14), выявляем, что на последнем обороте, при  $\beta = 0,55$ , можно выполнить две езды (см. рис. 4.11).

$$\text{Числитель} \quad T_M - \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot t_0 = 8,7 - 7,2 = 1,5.$$

$$\text{Знаменатель} \quad 2 t_{пв} + \frac{l_{ze}}{V_T} = 2 \cdot 0,5 + 11/25 = 1,44.$$

Отношение  $1,5/1,44 = 1,04$ . Результаты аналогичных расчетов для других значений  $\beta$  приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8 - Результаты расчетов изменения  $Q$  и  $P$  при росте  $\beta$

$\beta$	Расчетное число оборотов	$Z_e'$ , ед.	Общее число ездов	$Q_2$ , т	$P_2$ , т·км	Теоретические	
						$Q_1$ , т	$P_1$ , т·км
0,5	6,69	-	6	30	30	33,46	334,6
0,55	4,83	2	8	40	220	35,44	354,4
0,6	4,83	2	8	40	240	37,28	372,8
0,7	4,83	1	7	35	260	40,6	406,0
0,8	4,83	1	7	35	290	43,5	435,0
0,9	4,83	1	7	35	320	46,06	460,6
1,0	4,83	1	7	35	350	48,33	483,3

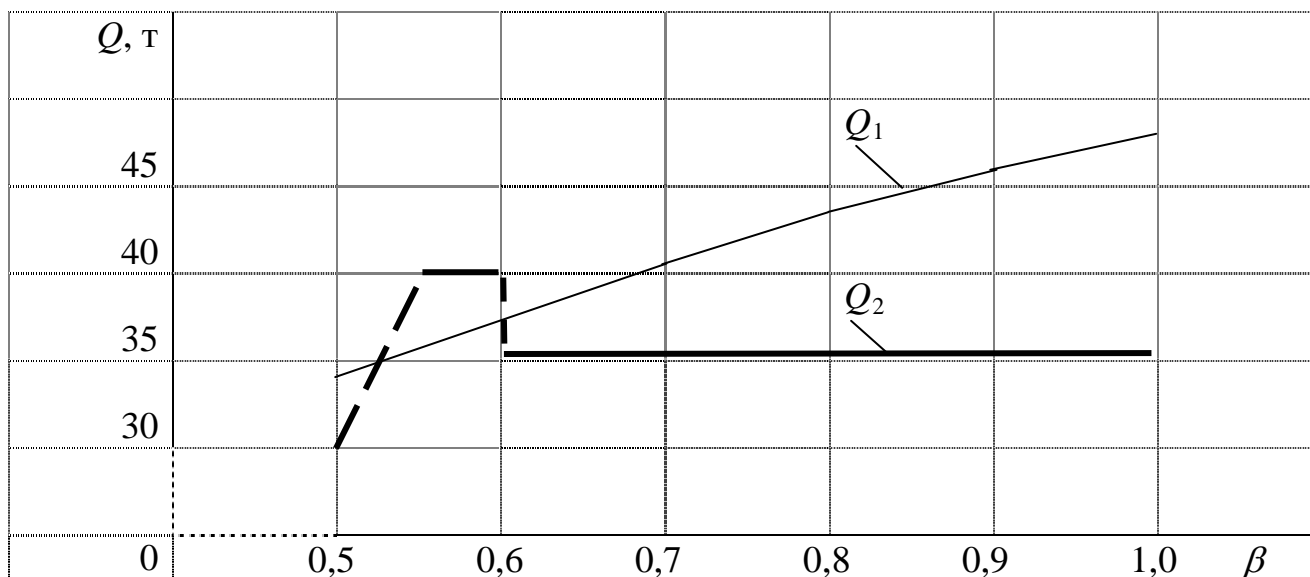


Рис. 4.12. Изменение  $Q$  при росте  $\beta$  на маятниковых маршрутах

Приведенные результаты расчетов (табл. 4.8) и построенный график (рис. 4.12) наглядно показывают, что при работе транспортных средств на маятниковых маршрутах, в случае разработки мероприятий по повышению коэффициента использования пробега, увеличение доставляемого груза происходит при переходе значения  $\beta$  через рубеж 0,5. При дальнейшем росте коэффициента  $\beta$  количество доставляемого груза не увеличивается, а даже может уменьшаться (рис. 4.12). Проведенные многочисленные расчеты позволяют утверждать, что в особо малых системах, соответствующих маятниковым маршрутам, влияние  $\beta$  на величину выработки в тоннах может быть представлено в виде разрывной или прерывной линейной функции, которая также показывает (см. рис. 4.12), что в рассматриваемой системе нет закономерной связи между величиной  $\beta$  и выработки транспортных средств. Теоретическая (гиперболическая) функция влияния в таких системах на практике не проявляется. Как показывают расчеты, отклонения всегда имеют место, как в большую, так и в меньшую стороны, и только иногда наблюдаются случайные совпадения. Это и объясняет, почему может планироваться недостаточное или избыточное количество автомобилей для выполнения перевозок.

Одновременно, в момент прироста объема перевозок всегда наблюдается падение выработки, измеряемой в тонно-километрах (рис. 4.13). Связано это с тем, что резко возрастает время, затрачиваемое на погрузочно-разгрузочные работы, поэтому сокращается число оборотов, которое может выполнить автомобиль в течение смены, а увеличение пробега с грузом, в момент перехода  $\beta$  через значение 0,5, происходит на незначительную величину.

При дальнейшем увеличении  $\beta$  грузооборот увеличивается, но пропорционально количеству груза и расстоянию перевозки в обратном



направлении. Гиперболический характер также не проявляется, а изменение может быть представлено в виде прямой ломаной линии, что также указывает на отсутствие закономерной связи между величиной  $\beta$  и грузооборота. Следовательно, использование последующих величин  $\beta$  и математических зависимостей (3.1 и 3.2) для расчета в рассмотренных особо малых системах может приводить к неверным результатам. Согласно выполненным расчетам величина выработки, измеряемой в тонно-километрах, в подавляющем большинстве не достигает тех значений, которые предусматриваются теоретическими положениями. Величины отклонений для рассмотренного примера приведены в табл. 4.9.

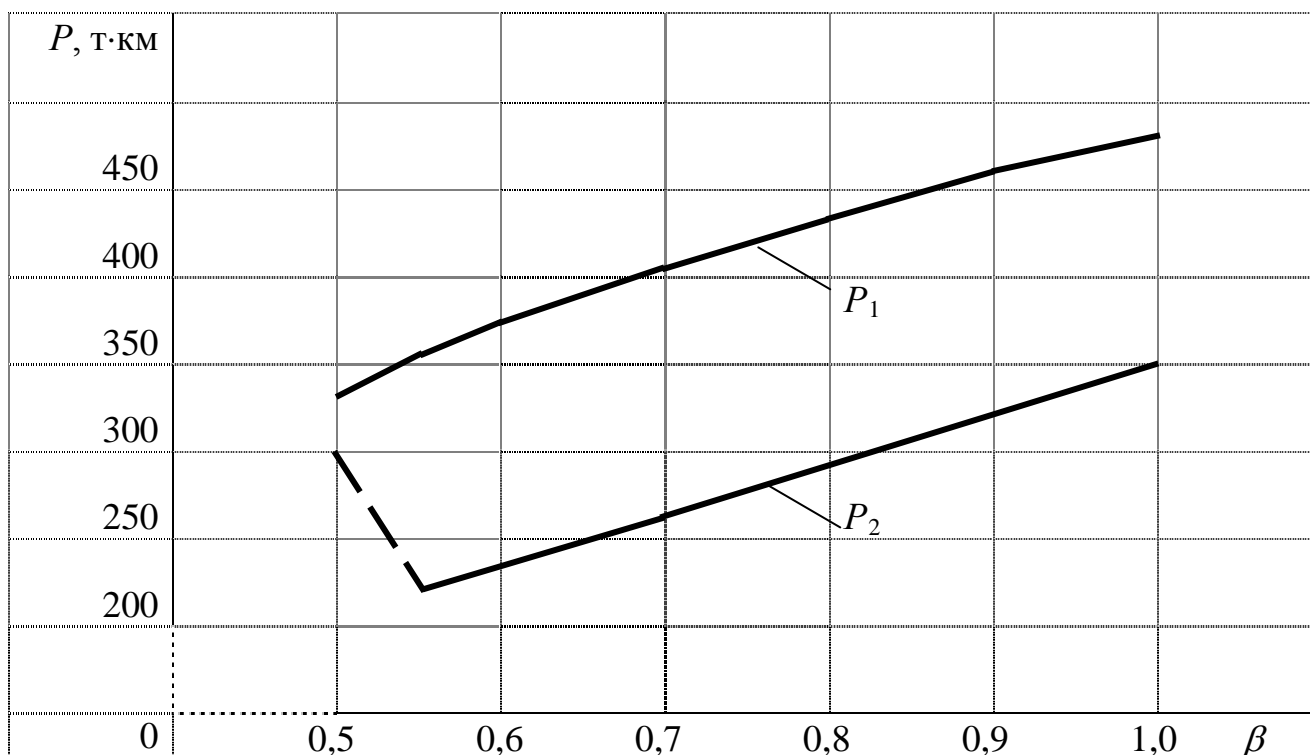


Рис. 4.13. Изменение  $P$  при росте  $\beta$  на маятниковых маршрутах

Таблица 4.9 - Результаты отклонений  $\Delta Q$  и  $\Delta P$  от теоретических значений, выраженные в процентах

$\beta$	$\Delta Q, \%$	$\Delta P, \%$
0,5	11,5	11,5
0,55	11,4	61,1
0,6	6,8	55,3
0,7	16,0	56,2
0,8	24,2	50,0
0,9	33,1	43,9
1,0	38,1	38,1

Рассчитанные величины  $\Delta Q$  и  $\Delta P$  (табл. 4.9.) раскрывают одну из основных причин отклонения экономической эффективности, возникающего

при оценке маршрутизации перевозок, о котором говорит в своих исследованиях профессор Кожин А.П. и др.

Транспортные средства вырабатывают продукцию только тогда, когда в кузове транспортного средства находится какое-то количество груза, что оценивается коэффициентом использования грузоподъемности. Там, где груз не перевозится,  $\gamma = 0$ , там нет транспортной работы, пробега с грузом и  $\beta = 0$ . Вышеизложенные положения были получены на примере функционирования автомобилей в особо малых системах, где маршруты маятниковые. Поэтому, прежде чем делать общие выводы, рассмотрим, существует ли взаимосвязь между выработкой транспортных средств и величиной коэффициента  $\beta$  в особо малых системах, если маршрут при этом кольцевой.

При перевозках грузов кольцевые маршруты организуют в тех случаях, когда невозможно организовать маятниковые маршруты с грузеным обратным пробегом. Минимальное количество ездов за оборот на маршруте равно двум, а величина  $\beta$  за оборот может принимать значения в интервале  $0,5 - 1,0$ .

Возьмем для рассмотрения кольцевой маршрут (рис. 4. 14), считаем, что величина  $\beta$  за оборот составляет  $0,5$ , тогда  $\sum l_{gei} = \sum l_{xj}$  ( $j$  – число ветвей маршрута, на которых не перевозится груз).

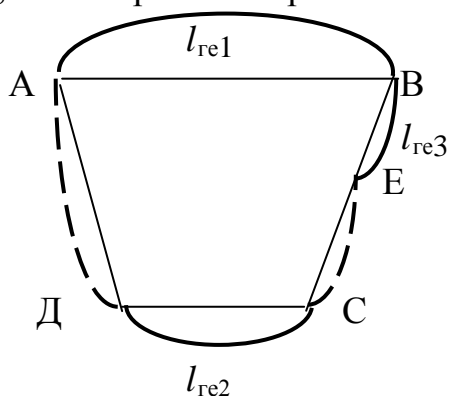


Рис. 4.14. Схема кольцевого маршрута

В случае разработки мероприятий, позволяющих выполнить перевозки на одной из  $j$  – й ветви (например, BC), будет скачкообразное увеличение количества доставляемого груза за оборот, даже если груз будет перевозиться не на всем протяжении ветви BC. При дальнейшем увеличении дальности доставка груза по ветви BC прироста объема перевозок, выполняемого каждым транспортным средством, не будет, а вновь произойдет одноразовый прирост выработки, если будут разработаны и внедрены мероприятия, обеспечивающие выполнение перевозок по ветви DA.

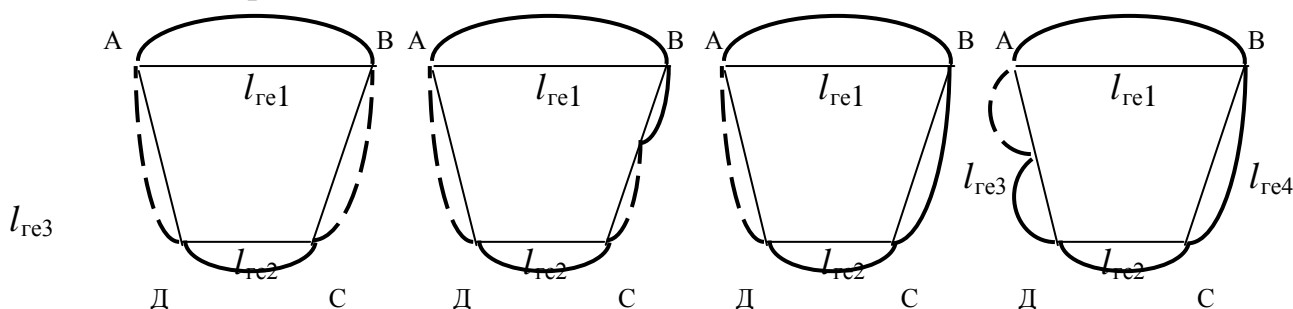


Рис. 4.15. Схема изменения  $\beta$  и доставки груза на кольцевом маршруте

Представленная схема (рис. 4.15) иллюстрирует механизм изменения  $\beta$  и моменты возможного увеличения объема перевозок груза за оборот, из чего следует, что, как и на маятниковых маршрутах, приращение  $Q$  происходит дискретно, в соответствии с числом ездов. Согласно схеме имеем:

$$а) \beta = 0,5; Q_o = 2q\gamma; P_o = q\gamma \cdot (l_{ге1} + l_{ге2}) = q\gamma \sum^2 l_{геi};$$

$$б) \beta > 0,5; Q_o = 3q\gamma; P_o = q\gamma \sum^3 l_{геi};$$

$$в) \beta \gg 0,5; Q_o = 3q\gamma; P_o = q\gamma \sum^3 l_{геi};$$

$$д) \beta \gg \gg 0,5; Q_o = 4q\gamma; P_o = q\gamma \sum^4 l_{геi};$$

$$е) \beta = 1,0; Q_o = 4q\gamma; P_o = q\gamma \sum^4 l_{геi};$$

Для выявления действительной закономерности влияния  $\beta$  на выработку автомобиля в рассматриваемой системе возьмем пример:

$$AB = 10 \text{ км}; BC = 7 \text{ км}; CD = 6 \text{ км}; AD = 9 \text{ км};$$

$$T_m = 10 \text{ ч}; q = 5 \text{ т}; \gamma = 1; V_T = 30 \text{ км/ч}; t_{пв} = 0,25 \text{ ч}.$$

Первоначальное значение  $\beta = 0,5$ .

Расчеты выполнялись с учетом зависимостей (4.13 и 4.14), но в этом случае  $Z_e'$  в принципе может изменяться от 0 до 4.

Таблица 4.10 - Результаты расчетов изменения  $Q$  и  $P$  при росте  $\beta$  на кольцевом маршруте

$\beta$	Расчетное число оборотов	$Z_e'$ , ед.	Общее число ездов $Z_e$	$Q$ , т	$P$ , т·км
0,5	6,36	1	13	65	530
0,53	5,49	2	17	85	480
0,593	5,49	2	17	85	545
0,656	5,49	2	17	85	600
0,719	5,49	1	16	80	625
0,75	4,83	3	19	95	595
0,9	4,83	3	19	95	691
1,0	4,83	3	19	95	755

Результаты расчетов (табл. 4.10) и построенный график (рис. 4.16) показывают, что с ростом  $\beta$  в рассматриваемой особо малой системе может наблюдаться как увеличение, так и падение уровня выработки подвижного состава. В те моменты, когда будет «скачок» выработки в тоннах, произойдет падение выработки, измеряемой в тонно-километрах. Происходит такое же явление, как и в случае маятниковых маршрутов. Полученные результаты

указывают, что в практической работе может происходить падение выработки по причинам, не зависящим от деятельности АТП.

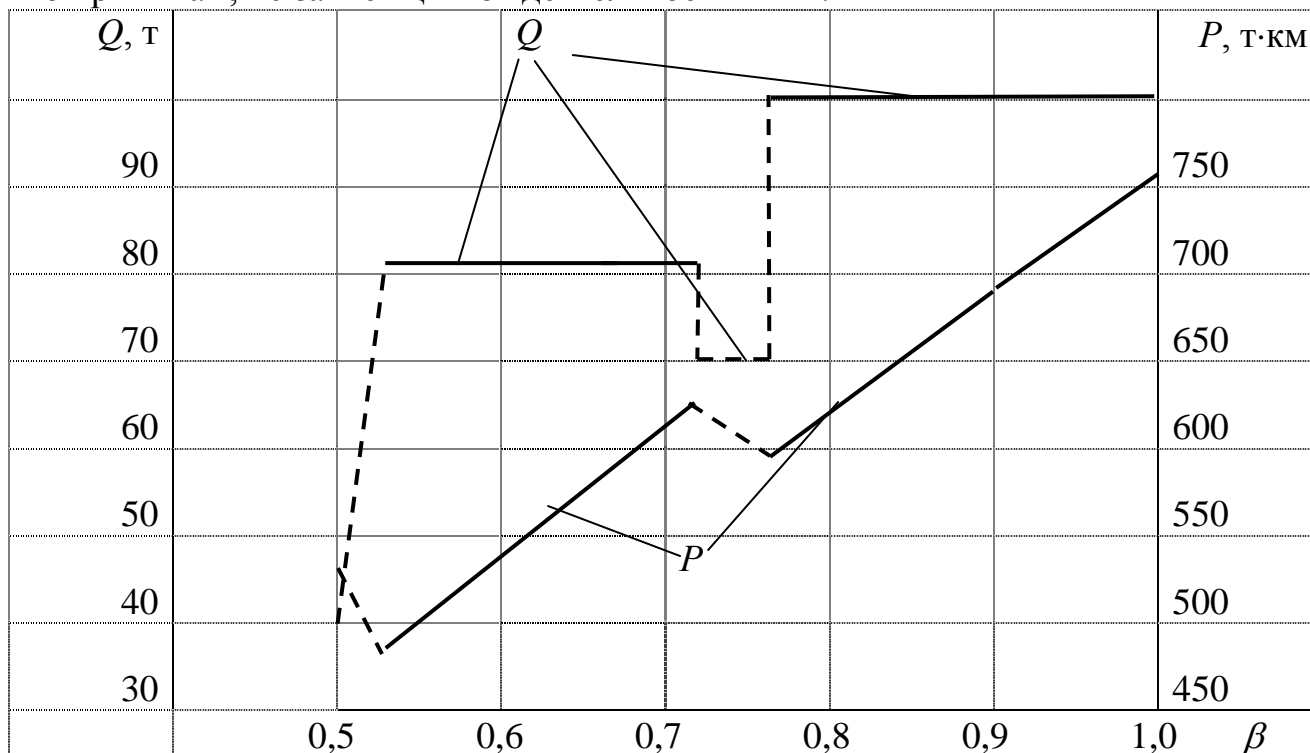


Рис. 4.16. – Изменение  $Q$  и  $P$  при росте  $\beta$  на кольцевом маршруте

Доказательством соответствия изложенного теоретического материала практической работе автомобиля может служить повсеместно известный факт, что весьма трудно, а подчас и невозможно, заставить водителей доставлять грузы в обратном направлении на короткое расстояние. Водители, конечно, не знают изложенных здесь теоретических положений, но они знают, если будут таким образом выполнять перевозки, то у них уменьшается заработная плата, а так как ее размер зависит от количества выполненных тонно-километров, то выявленная зависимость падения выработки (тонно-километров) объясняет сокращение заработной платы и находит широкое подтверждение.

Изложенный материал позволяет сделать вывод, что в рассмотренных системах не существует закономерной связи между величиной коэффициента использования пробега и выработкой транспортного средства.

Количество груза, доставляемое автомобилем  $Q = f(Z_e)$ , транспортная работа – это функция числа ездов и приращения груженого пробега  $P = f(Z_e; \Delta L_T)$ .

Для получения правильного ответа при планировании работы автомобиля и расчете потребности в транспортных средствах коэффициент  $\beta$  не должен использоваться в расчетах.

Но не следует понимать так, что если  $\beta$  нельзя применять в планировании работы, то и не стоит заниматься его повышением. Это ошибочное представление. Разрабатывать мероприятия, в результате которых повысится величина  $\beta$  необходимо, так как при этом возможно сокращение



52			$P$							475
51										450
50										425
0	15	16	17	18	19	20	21	22		$l_r$ , км

Рис. 4.18 Зависимость выработки автомобиля от  $l_r$  в особо малой системе

Данные табл. 4.13 и построенный график (рис. 4.17) говорят о том, что в рассматриваемой системе выработка автомобиля, в результате роста расстояния перевозок, не описывается гиперболическими зависимостями. С ростом  $l_r$  количество перевозимого груза может не уменьшаться, а количество тонно-километров – не возрастать.

### ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ $V_T$ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСОБО МАЛОЙ СИСТЕМЫ

Для построения графика влияния  $V_T$  на величины выработки были выполнены аналогичные расчеты для исходной схемы (рис. 4.17), результаты которых приведены в табл. 4.14

Таблица 4.14 - Изменение  $Q$  и  $P$  при росте  $V_T$  в особо малой системе

$V_T$ , км/ч	$Z_0$	$Z_e'$	$Z_e$	$Q$ , т	$P$ , т·км
23	5	1	11	55	425,0
25	5	1	11	55	425,0
27	6	0	12	60	465,0
29	6	0	12	60	465,0
31	6	1	13	65	502,5
33	6	1	13	65	502,5

$Q$ , т				$P$				$P$ , т·км
65								500
60								450
55						$Q$		400
0	23	25	27	29	31	33		$V_T$ , км/ч

Рис. 4.19. Закономерность изменения выработки автомобиля в особо малой системе при росте  $V_T$

Как следует из данных табл. 4.14 и графика (рис. 4.19) изменение выработки происходит дискретно и не подчиняется закону гиперболы. Здесь также наблюдаются промежутки приращения скорости, которые не сопровождаются ростом выработки.

Установленные закономерности протекания транспортного процесса на уровне микро и особо малых систем, или иначе сказать, влияние изменения величины  $V_T$  на эффективность (выработку) автомобиля при доставке грузов в указанных системах, позволяют утверждать, что в этих условиях существуют рациональные величины среднетехнической скорости.

Первое условие существования рациональной скорости – «это такие величины среднетехнической скорости, которым соответствует выполнение транспортным средством целого числа ездов за плановое время пребывания автомобиля в микро или особо малой системе».

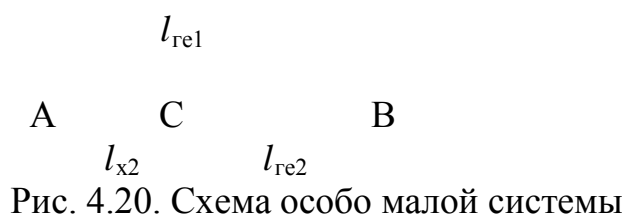
Приведенные графики (рис. 4.7; 4.8; 4.19) показывают, что таких величин скоростей может быть несколько. На рис. 4.7 показано, что в данной системе их три ( $V_T = 20$  км/ч;  $V_T = 26$  км/ч;  $V_T = 34$  км/ч).

Тогда высказанного выше условия существования рациональной скорости недостаточно.

Полное условие определения рациональной величины скорости формулируется следующим образом – это такая минимальная скорость, которой соответствует целое число (согласно первому условию) и, осуществление перевозок с которой достаточно для исполнения доставки груза в микро и особо малых системах за время их работы.

### ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ $t_{пв}$ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСОБО МАЛОЙ СИСТЕМЫ

Для рассмотрения влияния времени простоя в погрузочных и разгрузочных пунктах примем схему маршрута (рис. 4.20).



Исходные данные для расчета:  $AB = 7$  км;  $BC = 3$  км;  $CA = 4$  км;  
 $T_m = 10$  ч;  $q = 5$  т;  $\gamma = 1$ ;  $V_T = 20$  км/ч. Первоначальное значение  $t_{пв} = 0,2$  ч.

Таблица 4.15 - Изменение выработки автомобиля в зависимости от времени простоя в погрузочно-разгрузочных пунктах





480								
450								
420								
390								
360								
330								
0	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	$t_{пв}, ч$

Рис. 4.22 Изменение  $P$  при росте  $t_{пв}$  в особо малой системе

а величина изменения  $Q$  находится в  $\frac{T_m}{t_0}$  прямой зависимости от числа ездов, выполняемых за время пребывания автомобиля на маршруте. Всегда наблюдаются промежутки приращения показателей, не вызывающие роста выработки.

#### 4.4 Модели производительности автомобиля на маятниковых и кольцевых маршрутах (функциональное микро и особо малых систем)

Анализ производительности (выработки) автомобиля на маятниковом и, по сути, на кольцевом маршруте (см. рис. 4.17) соответствует функционированию микро и особо малой систем, тк из классификации известно, что в таких системах работает не более одного автомобиля и производительность (эффективность) системы равна производительности автомобиля. Поэтому выявленные действительные закономерности протекания транспортного процесса под воздействием изменения величин ТЭП позволяют построить модели функционирования указанных систем (автомобиля).

В случае маятникового маршрута с обратным не груженным пробегом количество ездов, которое может быть выполнено за плановое время, определяется:

$$Z_e = \left[ \quad \right] + Z_e' \quad (4.23)$$

где  $Z_e'$  - возможное исполнение ездки за остаток времени  $\Delta T_m$ ,

получающееся после исполнения целой части  $\left[ \frac{T_M}{t_0} \right]$ .

Плановое время работы автомобиля в рассматриваемой системе  $T_M = T_c$  ( $T_c$  – продолжительность функционирования систем «пункт погрузки - транспортная связь - пункт разгрузки»).

Время оборота автомобиля

$$t_o = \frac{T_M}{\gamma} + t_{пв} \quad (4.24)$$

остаток времени

$$\Delta T_M = T_M - \left[ \frac{T_M}{t_o} \right] \cdot t_o \quad (4.25)$$

$$Z'_e = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_M}{t_{пв} + \frac{l_{ze}}{V_T}} \geq 1 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4.26)$$

При этом, возможно, что фактическое время работы системы будет меньше, чем плановое, а для автомобиля фактическое время работы может быть как больше, так и меньше планового.

$$T_{\text{факт}} = \left[ \frac{T_M}{\frac{l_M}{t_o}} \right] \cdot t_o + \left( t_{пв} + \frac{l_{ze}}{V_T} \right) + \frac{l_{н1} + l_{н2}}{V_T} \quad (4.27)$$

где  $l_{н1}; l_{н2}$  – величина нулевого пробега, соответственно при выходе и возвращении автомобиля, км.

Выражение  $t_{пв} + \frac{l_{ze}}{V_T}$  имеет место в том случае, если  $Z'_e = 1$ .

Количество перевезенного груза в системе

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = q \gamma Z'_e \frac{l_M}{V_T} \\ \text{Транспортная работа составляет} \end{array} \right. \quad (4.28)$$

$$P = q \gamma Z'_e \cdot l_{ze} \quad (4.29)$$

Пробег автомобиля за смену (сутки)

$$l_{\text{общ}} = l_M \cdot \left[ \frac{T_M}{t_o} \right] + l_{ze} + l_{н1} + l_{н2} \quad (4.30)$$

$$\frac{T_M}{t_o}$$

$l_{ze}$  в формуле 4.30 учитывается в том случае, если  $Z_e' = 1$ .

Если маятниковый маршрут, составляющий систему, соответствует маршруту, где  $\beta = 1$ , то формула расчета числа  $Z_e$  ездов в системе принимает следующий вид

$$Z_e = \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot n + Z_e' \quad (4.31)$$

где  $n$  – число ездов за оборот;

$Z_e'$  - число ездов, которое может быть выполнено на последнем обороте, за остаток времени  $\Delta T_M$ , после исполнения целой части  $[X]$ .

Как и в предыдущем случае,  $Z_e'$  может принимать значение 1 или 0, т.к. если на последнем обороте возможно исполнение двух ездов, то это будет соответствовать целому обороту. При расчете следует учитывать, что в погрузочных и разгрузочных пунктах может быть своя организация и механизация выполнения грузовых работ, а отсюда и время на эти работы в пунктах может быть разным. Поэтому при расчете ездки на последнем обороте необходимо использовать время  $t_{пв1}$ , соответствующее первой ездке, тогда

$$Z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если} & \frac{\Delta T_M}{t_{пв1} + t_0} \geq 1 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4.32)$$

Время оборота автомобиля на маршруте

$$t_0 = t_M + \sum_{I=1}^n t_{пвI}, \quad (4.33)$$

где  $I$  – порядковый номер ездки;

$$T_M = T_c, \quad \Delta T_M = \frac{T_M}{t_0} - \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot t_0 \quad (4.34)$$

$$T_{мфакт} = \left[ \frac{T_M}{t_0} \right] \cdot t_0 + (t_{пв1} + \frac{l_{ze}}{V_T}) + \frac{l_{n1} + l_{n2}}{V_T} \quad (4.35)$$

Количество перевезенного груза в системе

$$Q = (q\gamma_1 + q\gamma_2) \cdot Z_e + q\gamma_1 \cdot \quad (4.36)$$

Транспортная работа составляет

$$P = Z_o \cdot l_{ze} \cdot q \sum_1^n \gamma_i + l_{ze} \cdot q\gamma_1 = l_{ze} \cdot q \cdot (Z_o \sum_1^n \gamma_i + \gamma_1) \quad (4.37)$$

Общий пробег автомобиля находится по формуле 4.30.

Следует также отметить, что величина  $l_{ze}$  в формуле 4.30, выражение  $t_{пв1} + \frac{l_{ze}}{V_T}$  в формуле 4.35;  $q\gamma_1$  в формуле 4.36 и  $l_{ze} \cdot q\gamma_1$  в формуле 4.37, учитываются в том случае, если  $Z_e' = 1$ .

Если доставка грузов осуществляется на маятниковом маршруте, где в обратном направлении груз перевозится не на всем расстоянии, то следует различать схему перевозок

а)



б)

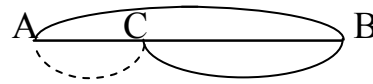


Рис. 4.23. Схемы маятниковых маршрутов, где в обратном направлении груз перевозится не на всем расстоянии

Если перевозка груза осуществляется по схеме **а**, то для таких условий используется модель, как и для маятникового маршрута с обратным полностью груженым пробегом (формулы 4.31-4.37). Это связано с тем, что для исполнения второй ездки на последнем обороте автомобилю необходимо пройти весь маршрут, а тогда условия работы не отличаются от предыдущего примера.

В случае осуществления перевозок по схеме **б** (рис. 4.23) на последнем обороте, за остаток времени после исполнения целой части, может быть максимально выполнено две ездки, т.к. может отказаться, что остатка времени недостаточно для исполнения целого оборота, но достаточно для выполнения шести операций по доставке груза в рассматриваемой системе.

Тогда

$$Z_e' = \begin{cases} 2, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{z1} + l_{z2}}{V_T} + \sum_1^n t_{пвi}} \geq 1 \\ 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{ze}}{V_T} + t_{пв1}} \geq 1 \end{cases} \quad (4.38)$$

0, в противном случае.

Общее количество ездов в данной системе рассчитывается по формуле 4.31.

Количество перевезенного груза

$$Q = Z_0 q \sum_1^n \gamma_i + q\gamma_1 + q\gamma_2 \quad (4.39)$$

Транспортная работа составляет

$$P = Z_0 q \sum_1^n \gamma_i \cdot l_{zei} + q\gamma_1 l_{ze1} + q\gamma_2 l_{ze2} \quad (4.40)$$

В зависимости от значения  $Z_e'$  в формулах 4.39 и 4.40 необходимо учитывать:

при  $Z_e' = 2$  – соответственно  $q\gamma_1 + q\gamma_2$  и  $l_{ze1} \cdot q\gamma_1 + l_{ze2} \cdot q\gamma_2$

при  $Z_e' = 1$  -  $q\gamma_1$  и  $l_{ze1} \cdot q\gamma_1$

Это же относится и к определению фактического времени работы и общего пробега автомобиля.

В случае осуществления доставки груза по кольцевому маршруту (см. рис. 4.24) за каждый оборот может осуществляться более двух ездов, но общее количество ездов на маршруте все равно определяется так же, как и в предыдущих случаях.

$$Z_e = \left[ \frac{T_m}{t_0} \right] \cdot n + Z_e' \quad , \quad n > 2$$

После исчисления целой части может оказаться, что остатка времени достаточно для выполнения перевозок грузов по ветвям  $l_{ze1}, l_{ze2}, l_{ze3}$  и холостого пробега по ветви  $l_{x1}$ . Тогда в пределе на последнем обороте может быть выполнено три ездки и, в общем случае, для рассматриваемого маршрута.

$$Z_e' = \begin{cases} 3, \text{ если } \frac{\Delta T_m}{\frac{\sum_1^n l_{zei} + l_{x1}}{V_T} + \sum_1^n t_{пв}} \geq 1 \\ 2, \text{ если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{ze1} + l_{x1} + l_{ze2}}{V_T} + \sum_1^n t_{пв}} \geq 1 \\ 1, \text{ если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{ze1}}{V_T} + t_{пв1}} \geq 1 \end{cases} \quad (4.41)$$

0, в противном случае.

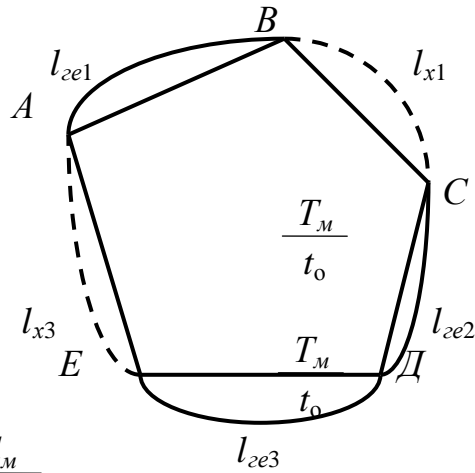


Рис. 4.24. Схема особо малой системы (кольцевой маршрут)

Все остальные величины ( $t_o$ ;  $\Delta T_m$ ;  $Q$ ;  $P$ ;  $T_{факт}$ ;  $l_{общ}$ ) – рассчитываются также, как и на маятниковых маршрутах.

Полученные модели и выявленные особенности расчета для различных систем позволяют сформулировать *общую модель функционирования микро- и особо малых систем*.

Рассматривая вопрос построения общей модели работы систем, можно считать, что маршрут, на котором работает один автомобиль, может представлять собой любой тип маятникового или кольцевого, от этого зависит только возможное выполнение числа ездов на последнем обороте за время, оставшееся после исполнения целого числа оборотов, при этом продолжительность нахождения автомобиля на маршруте  $T_{факт} >$  или  $< T_c$ , а  $T_{мплан} = T_c$ .

Исходя из принципа дискретного выполнения числа ездов за время  $T_{факт}$ , получаем, что максимальное число ездов автомобиля в любой из рассматриваемых систем составляет

$$Z_{max} = \left[ \quad \right] \cdot n + Z_e' \quad (4.42)$$

Остаток времени

$$\Delta T_m = T_m - \left[ \quad \right] \cdot t_o \quad (4.43)$$

где  $t_o = \sum_{i=1}^n t_{пви}$ , (4.44)

Число ездов на любом маршруте

$$\left( \begin{array}{l} k, \text{ если } \frac{\Delta T_m}{\frac{\sum_{i=1}^n l_{zei} + \sum_{j=1}^m l_{xj}}{V_T} \cdot k} \geq 1 \end{array} \right.$$

$$Z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{t_{пв1}} \geq 1 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4.45)$$

Фактическое время пребывания в наряде

$$T_{мфакт} = \left[ \frac{\Delta T_m}{t_{пв1}} \right] \cdot t_0 + \sum te_i + \Sigma \quad (4.46)$$

где  $te_i$  – время, затрачиваемое на выполнение  $i$  – ой ездки на последнем обороте, ч.

$$Q = q \sum_1^{z_{emax}} \gamma_i \quad (4.47)$$

$$P = q \sum_1^{z_{emax}} \gamma_i \cdot l_{zei} \quad (4.48)$$

Общий пробег за смену (сутки)

$$L_{общ} = \left[ \frac{T_m}{t_0} \right] \cdot l_m + \sum_1^{z_e'} l_{zei} + \sum^m l_{xj} + \Sigma l_{ni} \quad (4.49)$$

Представленная обобщенная модель (формулы 4.42-4.49) соответствует протеканию транспортного процесса в микро и особо малых системах, учитывает дискретный характер исполнения работы и позволяет более точно прогнозировать поведение рассмотренных систем в случае изменения ТЭП.

Как следует из описания функционирования особо малых систем, если за плановое время выполняется не целое число оборотов, то в первоначальный пункт всегда будет доставляться меньшее количество груза. Поэтому целесообразно пункт начала работы ежесменно или ежесуточно изменять. Исключение составляет маятниковый маршрут (рис. 4.23, схема б), где при  $Z_e' = 2$  по обеим ветвям может быть доставлено плановое количество груза.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в оперативном режиме (в течение смены или суток) происходит невольное отождествление понятия функционирования микро- и особо малых систем с работой автомобиля, ибо системы под воздействием исполнения целого числа ездов переходят в новое состояние, так же как и автомобиль, у которого количество исполненной работы соответствует целому числу ездов. При этом как бы подразумевается, что в системе всегда имеется автомобиль для осуществления

перевозок. Но с течением времени транспортные средства в системах доставки грузов заменяются в связи с необходимостью проведения технического обслуживания и ремонта или по другим причинам, что накладывает свое влияние на коэффициент выпуска каждой транспортной единицы. Следовательно, автомобиль может работать в системе не каждый день, а отсюда следует различать эффективность системы и автомобиля за календарный промежуток времени. Тогда модель описания функционирования автомобиля должна учитывать величину коэффициента использования транспортных средств и модель выработки автомобилей в микро и особо малых системах, измеряемой в тоннах

$$Q = D_u \cdot \alpha_u \cdot q \sum_1^{z_{\max}} \gamma_i \quad (4.50)$$

и в тонно-километрах

$$P = D_u \cdot \alpha_u \cdot q \sum_1^{z_{\max}} \gamma_i \cdot l_{zei} \quad (4.51)$$

где  $D_u$  – дни инвентарные (календарные);  
 $\alpha_u$  – коэффициент использования.

Таким образом, за календарный промежуток времени производительность (эффективность) автомобилей не равны по своей величине эффективности автотранспортных микро и особо малых систем.