

## **ОПИСАНИЕ И АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАЗВОЗОЧНЫХ, СБОРНЫХ И РАЗВОЗОЧНО-СБОРНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ**

Развозочные, сборные и развозочно-сборные системы по своей конфигурации и смыслу соответствуют кольцевым схемам доставки грузов. В отличие от помашинных перевозок по каждой развозочной (сборной) схеме работу выполняет одно транспортное средство (см. классификацию п. 3.3) и количество доставляемого груза ( $Q$ ) меньше или равно грузоподъемности транспортного средства ( $q\gamma$ ). После доставки груза такая система «исчезает» и в течение смены или суток по такой схеме грузы, как правило, больше не доставляются. Такая же или подобная схема может возникать периодически в последующие смены или сутки. Исходя из того, что  $Q \leq q\gamma$ , они могут организовываться под грузоподъемность автомобиля, и из этого следует, в развозочных (сборных) системах за оборот выполняется одна ездка, а в развозочно-сборной – две ездки. Время ездки (оборота) строго индивидуально. Количество заездов в грузовые пункты соответствует числу пунктов, включаемых в маршрут. Поэтому математические выражения описания работы ранее рассмотренных систем не могут быть использованы для расчета и анализа функционирования развозочных (сборных) систем. Все выше изложенное обусловило необходимость, на первом этапе, при проведении описания и анализа функционирования систем, применять метод прямого счета.

В целях сопоставимости с результатами ранее выполненных работ по рассматриваемой проблеме, в качестве метода исследования, используется метод цепных подстановок.

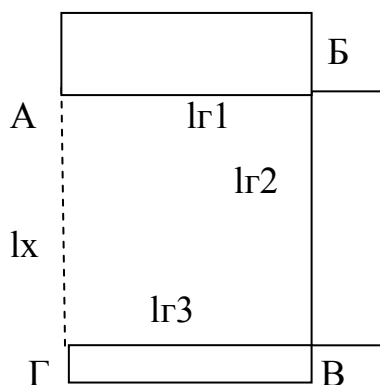
Проведенные многочисленные наблюдения и расчеты доказали, что функционирование развозочных, сборных и развозочно-сборных систем подобно друг другу, различия обуславливаются реализуемой функцией и проявятся лишь в механизме расчетов объемов выполненных работ. Поэтому изложение анализа влияния ТЭП приведено на примере развозочной системы, но выводы справедливы и для двух остальных.

### **7.1. Закономерности протекания транспортного процесса в развозочных (сборных) системах**

#### **ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ АВТОМОБИЛЯ.**

Согласно ранее разработанным положениям о протекании транспортного процесса увеличение грузоподъемности применяемого транспортного средства на развозочных маршрутах должно приводить к увеличению выработки транспортного средства и количества доставляемого груза, а графическое выражение влияния данного параметра описывается прямой наклонной линией, выходящей из начала координат.

В качестве примера приведем решение поставленной задачи в развозочной транспортной системе, где перевозка груза автомобилем осуществляется на развозочном маршруте (см. рис. 7.1). Исходные данные:  $t_{пр} = 0,5$  ч;  $V_T = 25$  км/ч;  $Q_{погр} = Q_{выгр} = 2$  т.;  $t_0 = 1,3$  ч;  $l_x = 5,0$  км;  $\beta_0 = 0,75$ ;  $l_{Г1} = l_{Г2} = l_{Г3} = 5$  км; потребность в грузе пункта В - 1 т; пункта С - 0,5 т; пункта Д - 0,5 т.



$l_{Г1}$ ;  $l_{Г2}$ ;  $l_{Г3}$  - пробег с грузом соответственно на 1, 2, 3 звене, км;  $l_x$  - пробег без груза, км.

Рис. 7.1. Схема развозочной системы

Представленная развозочная система (рис. 7.1) была спланирована на основе потребности в грузе пунктов Б, В и Г, для доставки которых изначально требуется автомобиль грузоподъемностью  $q\gamma = 2$  т. Требуется ответить на вопрос, что будет происходить в системе, если будут применяться автомобили большей грузоподъемности. Применяя, как было сказано, метод прямого счета, получаем величины  $Q$  и  $P$  (таблица 7.1).

Таблица 7.1 - Результаты расчетов влияния роста  $q\gamma$

$q, т$	$Q, т$	$P, т \cdot км$	Остаток не используемой грузоподъемности, т
2,0	2,0	17,50	0
2,5	2,0	17,50	0,5
3,0	2,0	17,50	1,0
3,5	2,0	17,50	1,5
4,0	2,0	17,50	2,0
4,5	2,0	17,50	2,5
5,0	2,0	17,50	3,0
5,5	2,0	17,50	3,5
6,0	2,0	17,50	4,0

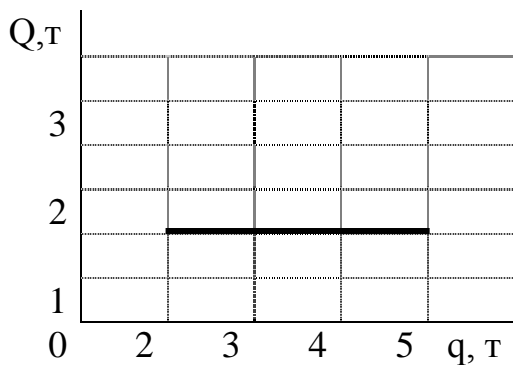


Рис. 7.2. Изменение  $Q$  от роста  $q$

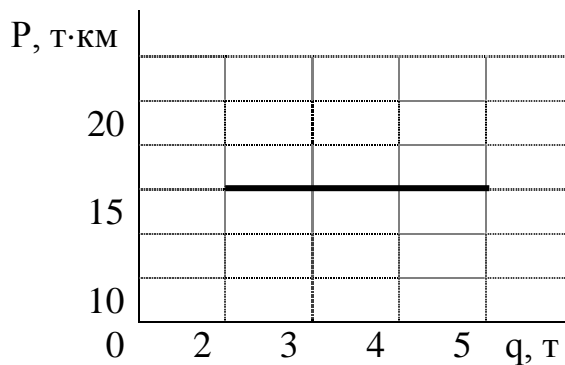


Рис. 7.3. Изменение  $P$  от роста  $q$

Оценивая результаты исследования, необходимо отметить, что непрерывных наклонных линий описания выработки нет и не может быть, потому что какой бы более грузоподъемный автомобиль не применялся, количество доставляемого груза, по заранее спланированному маршруту, равно количеству груза, запланированного к доставке. В этом особенность практики развозочных систем, которая должна учитываться при исследовании, проектировании и организации доставки грузов. Поэтому приходим к следующим выводам:

1. Использование на заранее спланированном маршруте более грузоподъемного автомобиля по сравнению с исходным, не приводит к повышению эффективности.

2. Применение, более грузоподъемного, автомобиля по сравнению с исходным, приводит к появлению возрастающего остатка грузоподъемности, который, на заранее спланированном маршруте, использовать невозможно.

3. Изменение выработки автомобиля, работающего на развозочном маршруте, при изменении грузоподъемности (грузовместимости), описывается прямой линией, параллельной оси абсцисс, что противоречит существующим теоретическим положениям, но зато полностью отвечает практике и дискретности транспортного процесса.

4. Чтобы реализовать возможности более грузоподъемного автомобиля, необходимо «разрушить» существующую и спланировать новую развозочную систему, где заявка клиентуры на количество доставляемого груза соответствовала бы большему значению грузоподъемности. Необходимым условием для этого также являются соответствующий, новой развозочной системе, режим работы пунктов маршрута и готовность обслуживаемых пунктов к получению груза в более позднее время, по сравнению с предыдущим вариантом работы.

### ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ

В научной и учебной литературе приводится мнение, что снижение затрат времени на погрузочно-разгрузочные работы на развозочных\* маршрутах приводит к увеличению выработки. Графики описания этого явления имеют вид кривых линий - равнобочных гипербол. На основании данных предыдущего

примера и исходного значения  $t_{пв} = 0,5$  ч. выполнен расчет влияния изменения величины  $t_{пв}$  (табл. 7.2).

Таблица 7.2 - Результаты расчетов влияния  $t_{пв}$

$t_{пр}$ , ч	$Q$ , т	$P$ , т·км	Сокращение времени оборота $\Delta t_o$
0,50	2,0	17,50	0,0
0,45	2,0	17,50	0,05
0,40	2,0	17,50	0,1
0,35	2,0	17,50	0,15
0,30	2,0	17,50	0,2

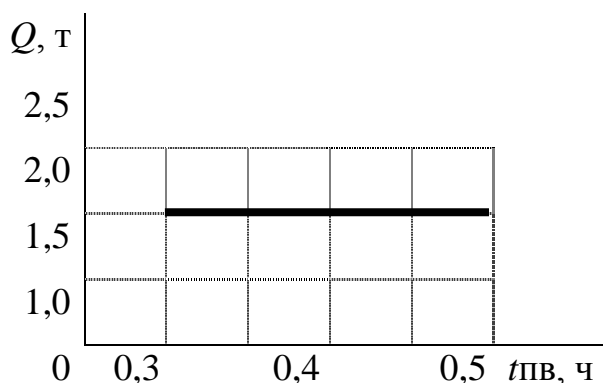


Рис. 7.4. Изменение  $Q$  от снижения  $t_{пв}$

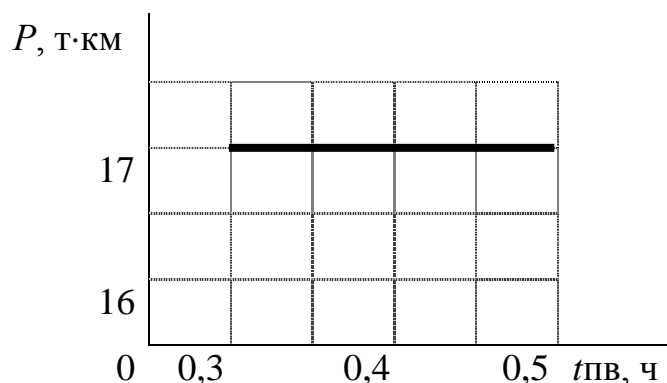


Рис. 7.5. Изменение  $P$  от снижения  $t_{пв}$

Оценивая полученные результаты, необходимо отметить, что, снижение затрат времени на погрузку-разгрузку, на заранее спланированном маршруте, не вызывает изменения планового объема перевозок в развозочной системе. В результате ускорения процессов погрузки-разгрузки (в результате применения тары-оборудования, более эффективных механизмов и технологий и т.д.) доля времени погрузки-разгрузки во времени оборота снижается. В итоге, автомобиль при каждом новом, все меньшем значении  $t_{пв}$ , исполняет оборот за все меньшее время. Одной из особенностей практики является то, что автомобили работают на заранее спланированных развозочных маршрутах, а потому, возможны несколько исходов в данной ситуации:

1. Если автомобиль исполняет единственный маршрут и более работы ему не спланировано, то автомобиль ранее, чем намечено по плану, возвратится в АТП;
2. Если автомобиль работает изолированно во времени и в пространстве, то он раньше приступит к исполнению следующего маршрута планового задания и, в итоге, может раньше вернуться в АТП;
3. Если автомобиль работает в более сложных системах в общем графике работы, то при более раннем, против планового, появлении автомобиля в центральном пункте системы может образоваться очередь на погрузку (в развозочной системе с центром погрузки ( $S_{рц}$ ); в развозочно-сборной системе с центром погрузки-разгрузки ( $S^{п-с}$ )) или на разгрузку (в сборной системе с центром разгрузки ( $S_{сц}$ )), и выигранный остаток времени оборота будет потерян в

ожидании погрузки или разгрузки. Ожидание погрузки или разгрузки может быть еще и потому, что автомобиль прибудет раньше неожиданно, по плану такого не должно быть, а к тому моменту может быть еще не готов груз к отправке и т.д. Если ранее прибывший, против планового времени, автомобиль все-таки может погрузиться (разгрузиться) в центральном пункте, то к более раннему прибытию могут быть не готовы потребители следующего, подлежащего обслуживанию, маршрута и автомобиль будет простаивать, ожидая планового времени погрузки или разгрузки.

В случае, если 2-й и 3-й исходы рассматриваются на стадии планирования работы транспортных средств, то разработчику придется пересматривать ранее составленные планы работ всех автомобилей в системах, при каждом новом значении  $t_{пв}$ , и может наступить момент, когда, в результате более раннего прибытия рассматриваемого автомобиля, появится возможность исполнить дополнительную работу этим автомобилем, или снизится потребность в системе более высокого уровня сложности, но когда это произойдет, и произойдет ли вообще пока не известно. Для этого необходимо выполнить исследования в указанных системах и только после этого можно будет установить наличие и механизм возможных изменений. Однако на рассматриваемом маршруте больше работы выполнено быть не может. Поэтому справедливо сделать следующие выводы:

- снижение  $t_{пв}$  (по сравнению с первоначальным) не приводит к повышению выработки автомобиля, но может увеличивать часовую производительность развозочной системы, т.к. плановый объем перевозок будет выполнен за меньшее время;
- снижение  $t_{пв}$  приводит к появлению всевозрастающего остатка времени, который для выполнения дополнительной работы в смену выполнения перевозок использовать невозможно, т.к. все маршруты «заняты» другими автомобилями;
- выработка автомобиля в рассматриваемых условиях, при снижении  $t_{пв}$ , остается стабильной и описывается прямой линией, параллельной оси абсцисс, что противоречит сложившемуся мнению, но зато полностью отвечает практике и дискретности транспортного процесса;
- для установления возможности достижения положительного результата от снижения  $t_{пв}$  необходимо проведение исследований в РСТС более высокого уровня сложности.

## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В НАРЯДЕ (ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ)

Принято считать, что чем больше времени автомобиль будет находиться в какой-либо автотранспортной системе, тем больше он может выполнить работы.

Расчет, выполненный для рассматриваемой, в качестве примера, системы (табл. 7.3) показывает, что такое мнение создано на основе ошибочных представлений о характере транспортного процесса.

Исходное значение изменяемого параметра  $T_n = t_0 = 1,3$  ч.

Таблица 7.3 - Результаты расчетов в зависимости от роста  $T_n$

$t_0$ , ч	$Q_3$ , т	$P_3$ , т·км	Неиспользуемый остаток времени
1,3	2,0	17,50	0,0
1,4	2,0	17,50	0,1
1,5	2,0	17,50	0,2
1,6	2,0	17,50	0,3
1,7	2,0	17,50	0,4

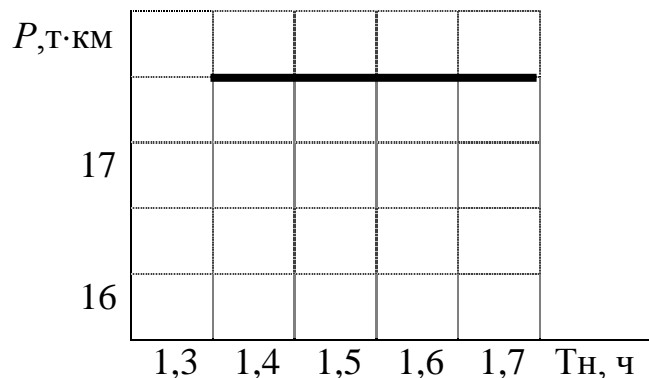
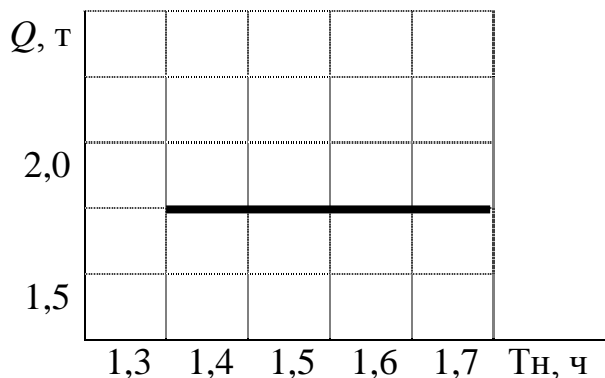


Рис. 7.6. Изменение  $Q$  от роста  $T_n$

Рис. 7.7. Изменение  $P$  от роста  $T_n$

Оценивая полученные результаты, необходимо отметить, что, увеличение  $T_n$ , на заранее спланированном маршруте, не может вызывать изменения планового объема перевозок в развозочной системе. В действительности, в заранее спланированной развозочной системе, увеличение  $T_n$  приводит к появлению неиспользуемого остатка времени, тем большего, чем больше величина  $T_n$  против планового значения. Для того, чтобы изменить плановый объем перевозок, необходимо иметь в пункте **A** требуемое количество груза, готового к отправке, увеличить заявку потребителей и грузоподъемность (грузовместимость) автомобиля, а также требуется, чтобы пункты маршрута, особенно **A**, работали. При этом изменится сумма времени на погрузку-разгрузку и может измениться величина средней технической скорости. Однако всего этого в условиях задачи нет, следовательно, возможности для изменения выработки автомобиля нет, а эффективность развозочной системы, измеряемая на час работы, будет снижаться. Транспортная продукция, измеряемая в тонно-километрах и получаемая по кратчайшему пути доставки груза, также не изменяется.

Поскольку увеличение  $T_n$  имеет целью выполнение дополнительной работы, например, для пункта **D** (см. рис. 7.8), то для того, чтобы автомобиль смог выполнить перевозку, новое значение  $T_n'$  должно удовлетворять условию

$$T_n' \geq T_n + \Delta T_n, \quad (7.1)$$

где  $\Delta T_n$  - количество времени, необходимое для выполнения погрузки-выгрузки объема груза, предназначенного в пункт Д, и времени на исполнение пробега  $l_{г4}$  на звене Г-Д.

При всех значениях  $T_n'$ , которые не удовлетворяют условию (7.1), производительность автомобиля не возрастет, это видно из ранее рассмотренного примера. Но, когда новое значение  $T_n$  будет удовлетворять условию (7.1), доставка груза будет осуществлена, но по маршруту АБВГДА (рис. 7.8),

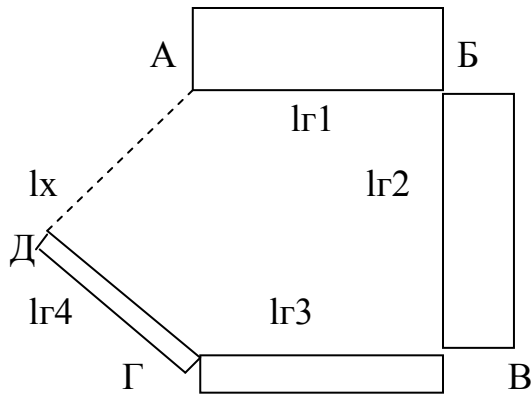


Рис. 7.8. Схема развозочного маршрута АБВГДА

выработка автомобиля будет соответствовать плановой величине для маршрута АБВГДА, а не случаю увеличения выработки на маршруте АБВГА, поэтому утверждать об увеличении производительности автомобиля на маршруте АБВГА неправомерно.

Об изменении часовой производительности системы также утверждать неправомерно, поскольку, в случае исполнения маршрута АБВГДА, мы имеем дело с новой развозочной системой, предыдущей уже не существует. Для второго примера обязательными условиями также являются:

- применение автомобиля, грузоподъемность которого на маршруте АБВГА использовалась не полностью;
- заявка пункта Д не должна превышать остатка неиспользуемой грузоподъемности автомобиля на маршруте АБВГА;
- наличие груза в пункте А для удовлетворения потребности пункта Д;
- режим работы клиентуры должен быть не менее нового значения  $T_n$ .

Исходя из выше изложенного, необходимы следующие выводы:

1. Представления о возрастании выработки автомобиля в развозочной системе, при изменении  $T_n$ , по прямолинейной зависимости, из начала координат, не подтверждаются и полностью не совпадают с результатами натурных наблюдений и действительным характером исполнения транспортного процесса;

2. На спланированном развозочном маршруте объем перевозок и грузооборот имеют единственное значение, и их изменение возможно лишь в отрицательную сторону в случае неисполнения задания;

3. Для установления возможности достижения положительного результата от роста  $T_n$  необходимо проведение исследований в РСТС более высокого уровня сложности.

## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРЕДНЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ

Результаты натуральных наблюдений позволяют утверждать, что увеличение  $V_m$  может не приводить к увеличению выработки автомобиля.

Исследуем влияние  $V_m$  на  $Q$  и  $P$ , используя вышеизложенные подходы, обозначения и исходные данные в развозочной транспортной системе. Исходное значение изменяемого параметра  $V_m = 25$  км/ч. Результаты расчетов представлены в табл. 7.4.

Таблица 7.4 - Результаты расчетов влияния  $V_m$

$V_t$ , км/ч	$Q_3$ , т	$P_3$ , т·км	Величина не используемого времени, ч.
25	2,0	17,50	0,0
26	2,0	17,50	0,03
27	2,0	17,50	0,06
28	2,0	17,50	0,086
29	2,0	17,50	0,11
30	2,0	17,50	0,133

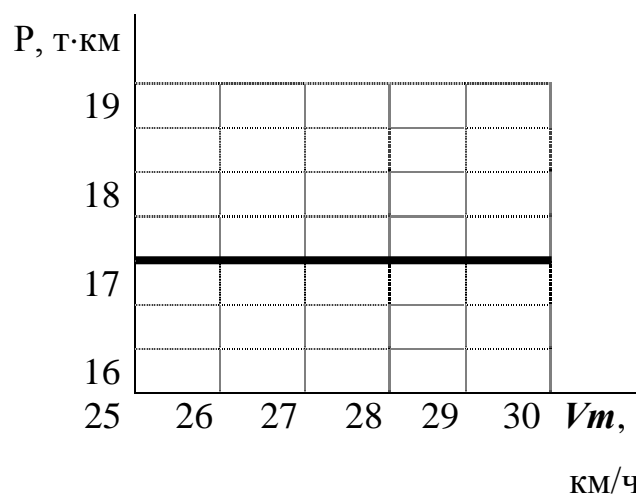
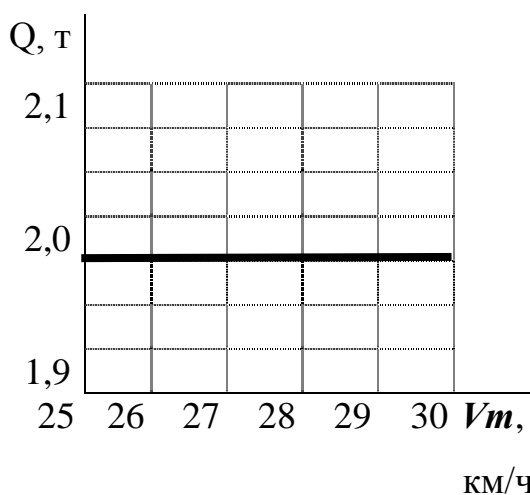


Рис. 7.9. Изменение  $Q$  от роста  $V_m$

Рис. 7.10. Изменение  $P$  от роста  $V_m$

Оценивая полученные результаты, необходимо отметить, что, увеличение  $V_m$ , на заранее спланированном маршруте, не вызывает изменения планового объема перевозок в развозочной системе.

В результате ускорения автомобиля, доля времени в движении во времени оборота снижается. В итоге автомобиль, при каждом новом, все большем значении  $V_m$ , исполняет оборот за все меньшее время.

Полученные результаты являются основанием утверждать, что:

- увеличение  $V_m$  (по сравнению с первоначальным значением) не приводит к повышению выработки автомобиля, но может увеличивать производительность развозочной системы, т.к. плановый объем перевозок будет выполнен за меньшее время;



- увеличение  $V_m$  приводит к появлению всевозрастающего остатка времени, который, для выполнения дополнительной работы в смену выполнения перевозок использовать невозможно, т.к. все маршруты «заняты» другими автомобилями;

- выработка автомобиля в рассматриваемых условиях, при увеличении  $V_m$ , остается стабильной и описывается прямой линией, параллельной оси абсцисс, что полностью отвечает практике и дискретности транспортного процесса.

## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДОСТАВКИ ГРУЗА

На спланированном развозочном маршруте, по которому осуществляется перевозка груза, невозможно произвольно, в любую сторону, изменить расстояние доставки груза. Любое вмешательство может привести к отрицательному результату: либо будет несвоевременная доставка груза, либо увеличение эксплуатационных затрат.

Каждому разработанному развозочному маршруту соответствует единственное плановое значение расстояния доставки груза.

Графически зависимость  $Q, P$  от  $l_{ge}$ , в развозочной системе, может быть представлена точкой, с координатами соответственно  $(Q, l_{ge})$  и  $(P, l_{ge})$ .

Все полученные описания и закономерности соответствуют сборным и развозочно-сборным системам. Поэтому описанные свойства и закономерности позволяют получить модели функционирования автомобилей и развозочных, сборных и развозочно-сборных автотранспортных систем.

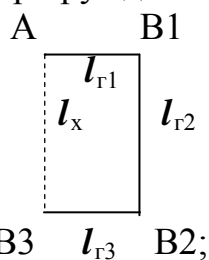
### 7.2. Модели функционирования развозочной, сборной и развозочно-сборной автотранспортных систем

#### МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАЗВОЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ

1.  $S_p = \{A, B_1, B_2, \dots, B_n, Aэ, M, Tс\}$

где:  $A$  - пункт погрузки;  $B_1, B_2, \dots, B_n$  - пункты разгрузки;  $Aэ$  - количество автомобилей, используемых в системе, ед.,  $Aэ=1$ ;  $M$  - маршрут доставки груза;  $Tс$  - время работы системы, ч.

2. Маршрут доставки груза – развозочный;



где:  $l_{rk}$  - пробег с грузом на  $k$ -м звене маршрута, км;  
 $k=1 \dots n$  - номер звена маршрута, на котором перевозится груз;  $l_x$  - пробег без груза, км.

$B_3 \quad l_{r3} \quad B_2;$

3. Количество перевозимого груза не может превышать грузоподъемности (грузовместимости) автомобиля, т.е.

$$q \geq \sum_{n=1}^N q_n \quad (7.2)$$

где:  $q$  - грузоподъемность (грузовместимость) используемого автомобиля, т;  $n=1...N$  - номера пунктов разгрузки, ед.;  $q_n$  - количество груза, разгружаемое в  $n$ -м пункте разгрузки, т.

4.  $t_{pm} \leq T_c$ , где  $t_{pm}$  – фактическое время работы автомобиля в системе, ч.

$$t_{pm} = \sum_{k=1}^H (l_{гk} / V_T) + l_x / V_T + t_{п} + \sum_{n=1}^N t_{вn} + \sum_{n=1}^{N-1} t_{зn}, \quad (7.3)$$

где  $t_{п}$  - время выполнения погрузки, ч;  $t_{вn}$  - время выполнения выгрузки в  $n$ -м пункте маршрута, ч;  $t_{зn}$  - время на дополнительный заезд (нахождение) автомобиля в  $n$ -м пункте разгрузки (без времени погрузки-выгрузки), ч.

5. Выработка автомобиля в тоннах за время работы в системе

$$Q_p = q \gamma_{c.p.}, \quad (7.4)$$

где  $\gamma_{c.p.}$  - статический коэффициент использования грузоподъемности при развозе

$$\gamma_{c.p.} = q_{фp} / q, \quad (7.5)$$

где  $q_{фp}$  - количество груза, фактически погруженного в пункте погрузки, т.

6. Выработка автомобиля в тонно-километрах за время работы в системе

$$P = q_{фp} l_{г1} + (q_{фp} - q_1) l_{г2} + (q_{фp} - q_1 - q_2) l_{г3} + \dots + (q_{фp} - q_1 - q_2 - \dots - q_{n-1}) l_{гn}, \quad (7.6)$$

7. Фактический пробег автомобиля за время работы в системе

$$L_{ф} = \sum_{k=1}^H l_{гk} + l_x \quad (7.7)$$

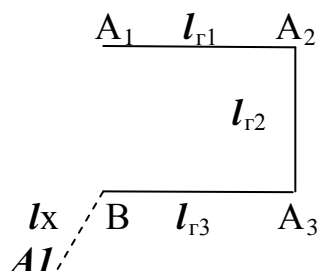
где –  $l_x$  является слагаемым формулы (7.7) только в том случае, если автомобиль направляется в первоначальный пункт погрузки для исполнения работы в иной системе, км.

## МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СБОРНОЙ СИСТЕМЫ

1.  $S_c = \{ A_1, A_2, \dots, A_m, B, A_э, M, T_c \}$

где  $A_1, A_2, \dots, A_m$  - пункты погрузки;  $B$  - пункт разгрузки;  $A_э$  - количество автомобилей, используемых в системе, ед.,  $A_э=1$ ;  $M$  - маршрут доставки груза;  $T_c$  - время работы системы, ч.

2. Маршрут доставки груза – сборный;



где  $AI$  – первый пункт погрузки следующего маршрута.

3. Количество перевозимого груза не может превышать грузоподъемности (грузовместимости) автомобиля, т.е.

$$q \geq \sum_{m=1}^X q_m \quad (7.8)$$

где  $m=1...X$  - номера пунктов погрузки, ед.;  $q_m$  - количество груза, погруженного в  $m$ -том пункте, т.

4.  $T_c \geq t_{pm}$ , где  $t_{pm}$  – фактическое время работы автомобиля в системе, ч.

$$t_{pm} = \sum_{k=1}^H (l_{ГК} / V_T) + l_X / V_T + \sum_{m=1}^X t_{\Pi_m} + t_B + \sum_{m=1}^{X-1} t_3, \quad (7.9)$$

где  $t_{pm}$  - время погрузки в  $m$ -м пункте маршрута, ч;  $t_B$ - время выгрузки, ч.

5. Выработка автомобиля в тоннах за время работы в системе

$$Q_c = q \gamma_{cc} \quad (7.10)$$

где  $\gamma_{cc}$  - статический коэффициент использования грузоподъемности при сборе

$$\gamma_{cc} = q_{\text{фс}} / q \quad (7.11)$$

где  $q_{\text{фс}}$  - количество груза, фактически выгруженного в пункте разгрузки, т.

6. Выработка автомобиля в тонно-километрах за время работы в системе

$$P_c = q_1 l_{Г1} + (q_1 + q_2) l_{Г2} + \dots + l_{ГH} \sum_{m=1}^X q_m, \quad (7.12)$$

7. Фактический пробег автомобиля в системе

$$L_{\text{ф}} = \sum_{k=1}^H l_{Гк} + l_X \quad (7.13)$$

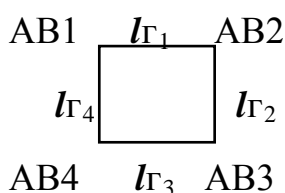
где –  $l_X$  является слагаемым формулы (7.13) только в том случае, если автомобиль направляется в первоначальный пункт погрузки иной автотранспортной системы, км.

## МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАЗВОЗОЧНО-СБОРНОЙ СИСТЕМЫ

1.  $S_{pc} = \{ AB, AB_2, \dots, AB_{\varphi}, A_{\text{э}}, M, T_c \}$

где:  $AB_1, AB_2, \dots, AB_{\varphi}$  - пункты погрузки-разгрузки;  $1, \dots, \varphi$  - номера пунктов погрузки-разгрузки;  $A_{\text{э}} = 1$ .

2. Маршрут доставки груза – развозочно-сборный,



3. Количество развозимого груза не может превышать грузоподъемности (грузовместимости) автомобиля, т.е.

$$q \geq \sum_{n=1}^N q_n; \quad (7.14)$$

Количество собираемого груза не может превышать грузоподъемности (грузовместимости) автомобиля, т.е.

$$q \geq \sum_{m=1}^X q_m; \quad (7.15)$$

Количество перевозимого (развозимого, развозимого и собираемого, собранного) груза на звене маршрута не может превышать грузоподъемности (грузовместимости) автомобиля, т.е.

$$q \geq Q_k \quad (7.16)$$

где  $Q_k$  - объем перевозимого груза на звене маршрута, т.

4.  $T_c \geq t_{pm}$ , где  $t_{pm}$  – плановое время работы автомобиля в системе, ч.

$$t_{pm} = \sum_{k=1}^H (l_{гк} / V_T) + l_x / V_T + \sum_{m=1}^X t_{пm} + \sum_{n=1}^N t_{pn} + \sum_{д=1}^{Y-2} t_{зд}, \quad (7.17)$$

где:  $д=1 \dots Y$  – общее количество пунктов маршрута, (посещаемые дважды, кроме центрального пункта погрузки-выгрузки, считаются отдельными пунктами, ед.

5. Выработка автомобиля в тоннах за время работы в системе

$$Q_{pc} = q\gamma_{cp} + q\gamma_{cc}, \quad (7.18)$$

6. Количество груза, перевозимое в автомобиле на  $k$ -м звене маршрута

$$Q_k = q_{фp} - \sum_{n=1}^N q_n + \sum_{m=1}^X q_m, \quad (7.19)$$

7. Выработка автомобиля в тонно-километрах за время работы в системе

$$P_{pc} = P_p + P_c = q \sum_{p=1}^a l_{гp} \gamma_{cp} + q \sum_{c=1}^H l_{гc} \gamma_{cc}, \quad (7.20)$$

где  $p=1 \dots a$  - номера звеньев маршрута, на которых развозится груз;  $c=1 \dots H$  - номера звеньев маршрута, на которых собирается груз;  $l_{гp}$ ;  $l_{гc}$  - пробег с грузом соответственно на  $p$ -м ( $c$ -м) звене маршрута, км.

8. Фактический пробег автомобиля за время пребывания в системе

$$L_c = \sum_{k=1}^H l_{гк} + l_x \quad (7.21)$$

где  $l_x$  – имеет место, если предусмотрен в схеме маршрута, км.