

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**Институт «Архитектуры строительства и транспорта»**

В.А. Гавриков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
в качестве методических указаний по выполнению лабораторных работ для  
студентов, обучающихся по направлению 23.03.01 «Технология транспортных  
процессов»

Тамбов  
2015

Рецензент  
Д.т.н., проф., зав. кафедрой «Физика»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О.С. Дмитриев

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
(протокол № 6 от 20.11.2015 г.)

## Введение

Дисциплина "Моделирование транспортных процессов и систем" позволяет студентам овладеть методикой анализа производительности автомобилей и транспортных систем при изменении технико-эксплуатационных показателей (ТЭП); способствует формированию практического представления будущего специалиста о возможностях, условиях и результатах реализации различных технологических и производственных решений.

Данные методические указания позволяют изучить особенности и различия поведения автомобилей и транспортных систем при изменении ТЭП; механизм происходящих изменений; возможные стандартные ситуации, проявляющиеся в поведении автомобилей и ТС при изменении ТЭП; о недопустимости переноса понятий и результатов исследований, выполненных в рамках определенных условий, на другие, не исследованные ранее ТС.

Данные методические указания содержат также математический аппарат, соответствующий каждой транспортной системе, и способствуют правильному обобщению результатов исследований, формированию выводов.

## Лабораторная работа № 1

### Исследование функционирования автомобиля в микросистеме

*Цель работы:* исследование влияния ТЭП на выработку автомобиля в микросистеме.

Для выполнения лабораторной работы студент должен:

*знать:*

- модель описания функционирования микросистемы;
- методику проведения анализа влияния ТЭП на выработку автомобиля в микросистеме;

*уметь:*

- анализировать влияние ТЭП на выработку автомобиля в микросистеме;
- применять методику расчета параметров работы автомобиля в микросистеме;
- выявить закономерности изменения выработки автомобиля в микросистеме при изменении ТЭП;
- использовать возможности Microsoft Excel для расчета изменения выработки автомобиля в микросистеме с применением приёма цепных подстановок и построения графиков зависимости выработки автомобиля в микросистеме от изменения ТЭП;
- формулировать выводы по выполненным расчётам;
- сформировать и защитить отчёт по выполненной лабораторной работе.

*Оборудование:* персональный компьютер.

*Задание:*

1. Рассчитать выработку автомобиля в микросистеме в тоннах и тонно-километрах при изменении  $q\gamma$ ,  $V_m$ ,  $t_{нв}$ ,  $l_z$ ,  $T_n$ .
2. Построить графики зависимости  $Q$ ,  $P$ ,  $L_{общ}$ ,  $T_{н.ф}$ ,  $z_e$  от изменяемых показателей.
3. Оценить результаты расчётов и построения графических зависимостей, сформулировать выводы.
4. Оформить отчет по выполненной лабораторной работе.
5. Защитить выполненную лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

Каждому студенту, согласно номеру варианта задания (табл. 1) провести исследование влияния изменения времени погрузки-разгрузки, грузоподъёмности автомобиля, времени в наряде на функционирование микросистемы, построить графики и написать выводы.

Исследование влияния изменения технико-эксплуатационных показателей ( $q\gamma, V_m, t_{нв}, l_2, T_n$ ) на функционирование микросистемы проводится с использованием приёма цепных подстановок, который дает возможность проследить изменение как функции одного из произвольно взятых показателей, входящих в аналитическую модель описания работы автомобиля. Сущность приёма 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 [1]. Приём цепных подстановок применяется во всех лабораторных работах данного курса. Диапазон изменения исследуемого показателя  $\pm 20\%$ , шаг  $\pm 10\%$ .

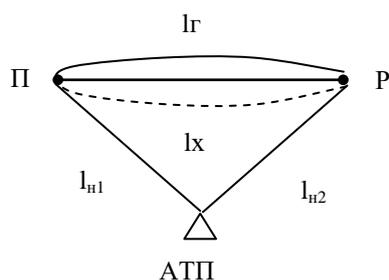
### Модель описания функционирования микросистемы

$$1. S_{\text{микро}} = \{P; P; M; A_3; T_c\}. \quad (1)$$

$$2. A_3 = 1, \text{ т.к. } Q_{\text{план}}/Q_{\text{день}} \leq 1. \quad (2)$$

$$3. T_c \geq T_{н.ф}. \quad (3)$$

$$4. M = 1 \text{ маятниковый маршрут, с обратным не груженым пробегом (рис. 1)}. \quad (4)$$



$l_{н1,2}$  – нулевой пробег, соответственно первый и второй, км;  
 $l_Г$  – груженный пробег за езду, км;  
 $l_Х$  – холостой пробег за езду, км;  
 П – пункт погрузки;  
 Р – пункт разгрузки.

Рис. 1. Схема маятникового маршрута, с обратным не груженым пробегом

$$5. \text{ Длина маршрута } l_m = l_2 + l_x. \quad (5)$$

$$6. \text{ Время ездки, оборота автомобиля } t_{e,o} = \frac{l_m}{V_m} + t_{нв}. \quad (6)$$

7. Выработка автомобиля в тоннах за езду  $Q_e = q\gamma$ . (7)

8. Выработка автомобиля в тонно-километрах за езду

$$P_e = q\gamma \cdot l_2. \quad (8)$$

9. Количество ездов, оборотов  $z_{e,o} = \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] + z_e'$ . (9)

10. Плановое время работы автомобиля в микросистеме  $T_n = T_c$ , (10)

где  $T_c$  – продолжительность функционирования микросистемы.

11. Остаток времени в наряде после выполнения целого количества ездов, оборотов

$$\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_{e,o}} \right] \cdot t_{e,o}. \quad (11)$$

12. Езда, выполняемая за остаток времени, после выполнения целого количества ездов, оборотов

$$z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_2}{V_m} + t_{не}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (12)$$

13. Выработка автомобиля в тоннах в микросистеме

$$Q = q \cdot \gamma \cdot z_e. \quad (13)$$

14. Выработка автомобиля в тонно-километрах в микросистеме

$$P = q \cdot \gamma \cdot z_e \cdot l_2. \quad (14)$$

15. Пробег автомобиля за смену  $l_{общ} = l_m \cdot z_{e,o} - l_x + l_{н1} + l_{н2}$ . (15)

16. Фактическое время работы автомобиля

$$T_{н.ф} = \left[ \frac{L_{общ}}{V_m} \right] + z_e \cdot t_{не}. \quad (16)$$

Приведём пример расчёта выработки автомобиля в микросистеме, исходные данные представлены в табл. 1.

$$l_m = l_z + l_x = 30 + 30 = 60 \text{ км};$$

$$t_{e,o} = \frac{l_m}{V_m} + t_{нс} = (2 \cdot 30)/36 + 0,5 = 2,17 \text{ ч};$$

$$Q_e = q\gamma = 8,0 \cdot 1,0 = 8,0 \text{ т};$$

$$P_e = q\gamma \cdot l_z = 8 \cdot 1,0 \cdot 30 = 240 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$z_{e,o} = \left[ \frac{T_n}{t_{e,o}} \right] + z'_e = [12,0/2,17] = 5;$$

$$\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_{e,o}} \right] \cdot t_{e,o} = 12 - [12/2,17] \cdot 2,17 = 1,15 \text{ ч};$$

$$z'_e = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_z}{V_m} + t_{нс}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} = 1,15 / (30/36 + 0,5) < 1 \Rightarrow z'_e = 0;$$

$$Q = q \cdot \gamma \cdot z_e = 8 \cdot 1,0 \cdot 5 = 40 \text{ т};$$

$$P = q \cdot \gamma \cdot z_e \cdot l_z = 8 \cdot 1,0 \cdot 5 \cdot 30 = 1200 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$l_{общ} = l_m \cdot z_{e,o} - l_x + l_{н1} + l_{н2} = 5 \cdot (30 \cdot 2) + 23 + 18 - 30 = 311 \text{ км};$$

$$T_{н.ф} = \left[ \frac{L_{общ}}{V_m} \right] + z_e \cdot t_{нс} = 311/36 + 5 \cdot 0,5 = 11,14 \text{ ч}.$$

В качестве примера рассмотрим влияние изменения аргумента (среднетехнической скорости  $V_m$ ), на функционирование микросистемы, расчёт выполнен по формулам (5) – (16), результаты представим в табличной форме (табл. 2) и на графиках (рис. 2).

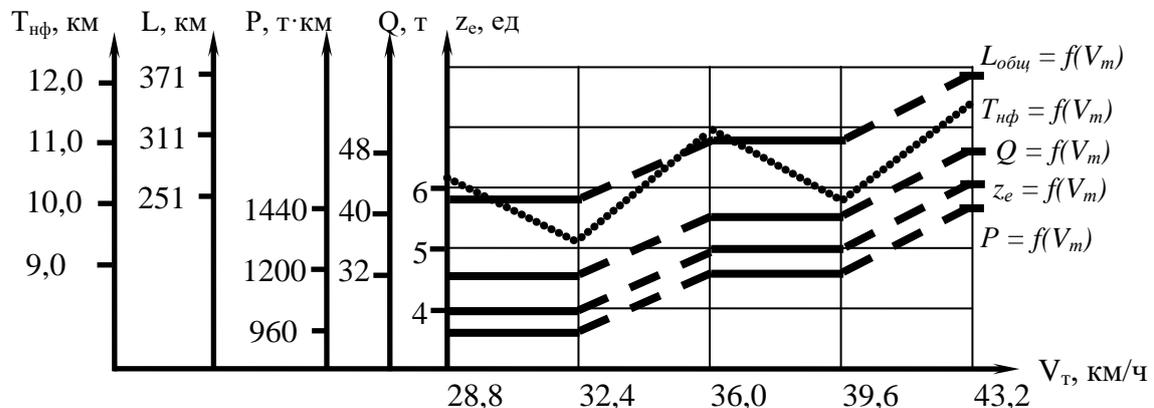


Рис. 2. Изменение выработки автомобиля в микросистеме при изменении  $V_m$

Таблица 1

## Исходные данные для лабораторной работы №1

Наименование показателя	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Грузоподъемность автомобиля $q$ , т	10	10	12	7	10	13	8	12	10	13	7	10	13	8	12	10	13	7
Коэффициент использования грузоподъемности $\gamma$	0,6	0,8	0,9	1	1,0	1,0	0,8	1	0,9	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	1	0,9	0,8	0,8
Плановое время в наряде $T_n$ , ч	9,0	9,5	8,0	9,5	8,7	9,2	10,3	9,8	10,2	9,5	9,0	8,7	9,2	10,3	9,8	10,2	9,5	9,0
Время на погрузку-выгрузку $t_{пв}$ , ч	0,3	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5
Расстояние перевозки груза $l_r$ , км	8	18	21	15	19	16	20	15	14	23	24	19	16	20	15	14	23	24
Нулевой пробег при выезде из АТП $l_{н1}$ , км	11	11	12	13	10	11	12	13	12	9	12	10	11	12	13	12	9	12
Нулевой пробег при возврате в АТП $l_{н2}$ , км	4	11	10	9	12	13	10	11	9	14	11	12	13	10	11	9	14	11
Среднетехническая скорость $V_t$ , км/ч	28	22	26	22	21	22	24	22	24	24	25	24	25	26	22	21	24	21

6

Наименование показателя	Варианты																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Грузоподъемность автомобиля $q, т$	9	8	7	9	8	8	9	10	11	11	8	9	10	9	11	9	10	8
Коэффициент использования грузоподъемности $\gamma$	0,8	0,85	0,95	0,9	0,8	0,8	0,85	0,9	0,9	0,7	0,6	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7
Плановое время в наряде $T_n, ч$	8,0	8,4	8,5	9,5	8,7	9,2	9,3	8,8	8,2	9,5	8,0	9,7	8,2	9,3	8,8	9,2	8,5	9,0
Время на погрузку-выгрузку $t_{пв}, ч$	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7
Расстояние перевозки груза $l_r, км$	10	15	22	17	21	19	25	20	15	25	26	22	14	17	16	15	22	32
Нулевой пробег при выезде из АТП $l_{н1}, км$	11	9	12	10	11	12	9	13	12	9	12	10	11	12	13	12	9	12
Нулевой пробег при возврате в АТП $l_{н2}, км$	4	10	11	9	14	11	12	11	9	14	11	12	13	10	11	9	14	11
Среднетехническая скорость $V_T, км/ч$	29	23	22	23	22	25	21	22	24	24	25	24	23	22	25	21	22	24

**Изменение выработки автомобиля в микросистеме при изменении  $V_m$** 

$V_T$ , км/ч	$t_{e,o}$ , ч	$[z_e]$ , ед.	$\Delta T_{н}$ , ч	$z_e'$ , ед.	$z_e$ , ед.	$Q$ , т	$P$ , т·км	$L_{общ}$ , км	$T_{нф}$ , ч
28,8	2,58	4	0,24	0	4	32	960	251	10,72
32,4	2,35	4	1,33	0	4	32	960	251	9,75
36,0	2,17	5	0,03	0	5	40	1200	311	11,14
39,6	2,02	5	0,89	0	5	40	1200	311	10,35
43,2	1,89	5	1,61	1	6	48	1440	371	11,59

**Контрольные вопросы**

1. Какими функциями описывается характер наблюдаемых зависимостей для отдельно взятого автомобиля и для системы в целом?
2. Какие промежутки приращения аргумента сопровождаются эффектом?
3. Какие из полученных значений аргумента можно считать рациональными?
4. Как повлияет изменение аргумента на следующие функции:  $t_o$ ,  $\Delta T_m$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $T_{н.ф}$ ,  $L_{общ}$ ?

**Лабораторная работа № 2****Исследование функционирования автомобиля в особо малой системе**

*Цель работы:* исследование влияния ТЭП на выработку автомобиля в особо малой системе.

Для выполнения лабораторной работы студент должен:

*знать:*

- модель описания функционирования особо малой системы;
- методику проведения анализа влияния ТЭП на выработку автомобиля в особо малой системе;

*уметь:*

- анализировать влияние ТЭП на выработку автомобиля в особо малой системе;
- применять методику расчета параметров работы автомобиля в осо-

бо малой системе;

- выявить закономерности изменения выработки автомобиля в особо малой системе при изменении ТЭП;
- использовать возможности Microsoft Excel для расчета изменения выработки автомобиля в особо малой системе с применением приёма цепных подстановок и построения графиков зависимости выработки автомобиля в особо малой системе от изменения ТЭП;
- формулировать выводы по выполненным расчётам;
- сформировать и защитить отчёт по выполненной лабораторной работе.

*Оборудование:* персональный компьютер.

*Задание:*

1. Рассчитать выработку автомобиля в особо малой системе в тоннах и тонно-километрах при изменении  $q\gamma, V_{mv}, t_{nv}, l_2, T_n$ .
2. Построить графики зависимости  $Q, P, L_{общ}, T_{н.ф.}, z_e$  от изменяемых показателей.
3. Оценить результаты расчётов и построения графических зависимостей, сформулировать выводы.
4. Оформить отчет по выполненной лабораторной работе.
5. Защитить выполненную лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

## Модели описания функционирования особо малой системы

### *Маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом*

$$(\gamma_1 = \gamma_2)$$

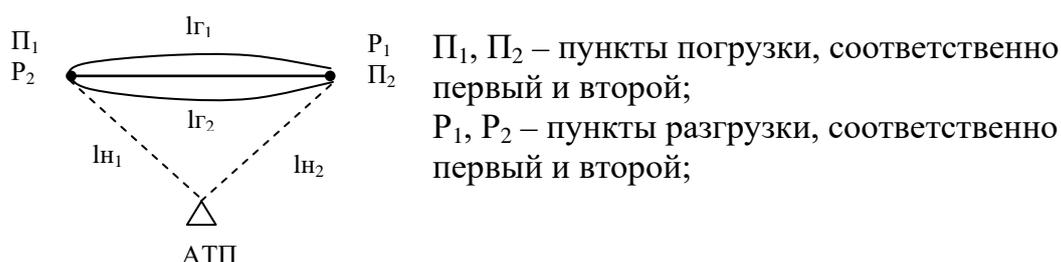


Рис. 3. Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом

$$1. S_{ом} = \{П_1; П_2; Р_1; Р_2; М; А_3; Т_c\}. \quad (17)$$

$$2. A_3 = 1, \text{ т.к. } Q_{план}/Q_{день} \leq 1. \quad (18)$$

$$3. T_c \geq T_{н.ф}. \quad (19)$$

4.  $M = 4$  (маятниковые маршруты (рис. 3-5), кроме маршрута с обратным не груженным пробегом, и кольцевые (рис. 6)). (20)

$$5. \text{Длина маршрута } l_m = l_{c1} + l_{c2}. \quad (21)$$

$$6. \text{Время первой ездки } t_{e1} = (l_{c1} / V_m) + t_{нб}. \quad (22)$$

$$7. \text{Время второй ездки } t_{e2} = (l_{c2} / V_m) + t_{нб}. \quad (23)$$

$$8. \text{Среднее время ездки } \bar{t}_{cp} = (t_{e1} + t_{e2}) / z_e. \quad (24)$$

$$9. \text{Время оборота автомобиля на маршруте } t_o = t_{e1} + t_{e2} \text{ или} \quad (25)$$

$$t_o = \frac{l_m}{V_m} + 2 \cdot t_{нб}. \quad (26)$$

$$10. \text{Выработка автомобиля в тоннах за любую ездку } Q_e = q\gamma. \quad (27)$$

11. Выработка автомобиля в тонно-километрах за любую ездку

$$P_e = q\gamma \cdot l_e. \quad (28)$$

12. Число ездок (за день, смену)

$$z_e = \left[ \frac{T_n}{t_e} \right] + z_e'. \quad (29)$$

где  $n$  – число ездок за оборот;

$z_e'$  – число дополнительных ездок, которое может быть выполнено на последнем обороте, за остаток времени  $\Delta T_m$ , после исполнения целой части  $[X]$ .

13. Дополнительная ездка

$$z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{c1}}{V_m} + t_{нб}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (30)$$

14. Остаток времени после выполнения целого количества оборотов

$$\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] \cdot t_o. \quad (31)$$

15. Количество оборотов (за день, смену)

$$z_o = \left[ \frac{T_H}{t_o} \right]. \quad (32)$$

16. Выработка автомобиля в тоннах за смену (сутки) в особо малой системе  $Q_{\text{день}} = q\gamma \circ z_e$ . (33)

17. Выработка автомобиля в тонно-километрах за смену (сутки) в особо малой системе ( $l_z = l_{z1} = l_{z2}$ )

$$P_{\text{день}} = q\gamma \circ z_e \cdot l_z. \quad (34)$$

18. Общий пробег автомобиля (км) за смену (сутки)

$$l_{\text{общ}} = l_{H1} + l_M \cdot z_o + \begin{cases} z_o - \text{целое} + l_{H1}; \\ z_o - \text{не целое} + l_{H2}. \end{cases} \quad (35)$$

19. Время в наряде автомобиля фактическое

$$T_{H.ф} = l_{\text{общ}} / V_m + z_e \cdot t_{не}. \quad (36)$$

**Маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом ( $\gamma_1 = \gamma_2$ ) не на всём расстоянии перевозок груза**

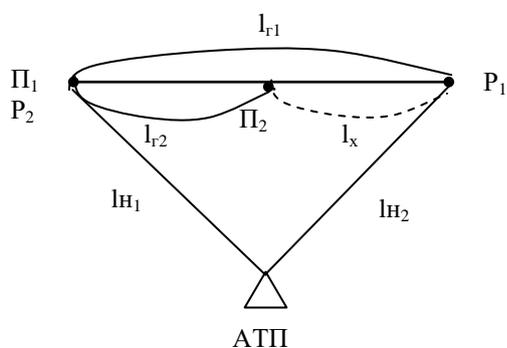


Рис. 4. Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всём расстоянии перевозок груза

1. Длина маршрута  $l_M = l_{z1} + l_x + l_{z2}$ . (37)

2. Время первой ездки  $t_{e1} = (l_{z1} / V_m) + t_{не}$ . (38)

3. Время второй ездки  $t_{e2} = (l_{z2} + l_x) / V_m + t_{не}$ . (39)

4. Среднее время ездки  $\bar{t}_{cp} = (t_{e1} + t_{e2}) / z_e$ . (40)

5. Время оборота автомобиля на маршруте  $t_o = t_{e1} + t_{e2}$  или (41)

$$t_o = \frac{l_M}{V_m} + 2 \cdot t_{не}. \quad (42)$$

6. Выработка автомобиля в тоннах за езду  $Q_e = q\gamma$ . (43)

7. Выработка автомобиля в тонно-километрах за езду

$$P_e = q\gamma \cdot l_e. \quad (44)$$

8. Число ездов (за день, смену)  $z_e = \left[ \frac{T_n}{t_e} \right] + z_e'$ . (45)

где  $n$  – число ездов за оборот;

$z_e'$  – число дополнительных ездов, которое может быть выполнено на последнем обороте, за остаток времени  $\Delta T_m$ , после исполнения целой части  $[X]$ .

9. Дополнительная езда

$$z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{e1}}{V_m} + t_{ns}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (46)$$

10. Остаток времени после выполнения целого количества

оборотов  $\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] \cdot t_o$ . (47)

11. Количество оборотов (за день, смену)  $z_o = \left[ \frac{T_n}{t_o} \right]$ . (48)

12. Выработка в тонно-километрах за первую езду

$$P_{e1} = q \cdot \gamma \cdot l_{e1}. \quad (49)$$

13. Выработка в тонно-километрах за вторую езду

$$P_{e2} = q \cdot \gamma \cdot l_{e2}. \quad (50)$$

14. Выработка автомобиля в тоннах за смену (сутки) в особо малой системе  $Q_{\text{день}} = q\gamma \circledast z_e$ . (51)

15. Выработка автомобиля в тонно-километрах за смену (сутки) в особо малой системе  $P_{\text{день}} = q\gamma \circledast z_{e1} \cdot l_{e1} + q\gamma \circledast z_{e2} \cdot l_{e2}$ . (52)

16. Общий пробег автомобиля (км) за смену (сутки)

$$l_{общ} = l_{н1} + l_m \cdot z_o + \begin{cases} z_o - \text{целое} + l_{н1}; \\ z_o - \text{не целое} + l_{н2}. \end{cases} \quad (53)$$

17. Время в наряде автомобиля фактическое

$$T_{н.ф.} = l_{общ}/V_m + z_e \cdot t_{нс}. \quad (54)$$

**Маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом**  
( $\gamma_1 = \gamma_2$ ) не на всём расстоянии перевозок груза

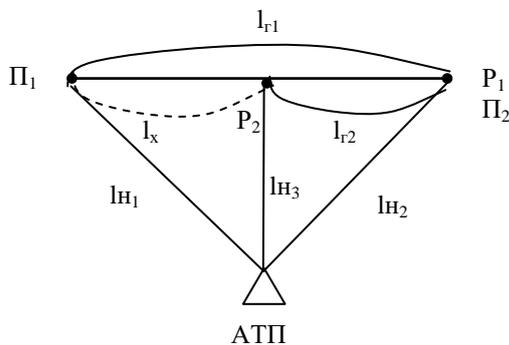


Рис. 5. Схема маятникового маршрута, с обратным груженым пробегом не на всём расстоянии перевозок груза

1. Длина маршрута  $l_m = l_{c1} + l_{c2} + l_x$ . (55)

2. Время первой ездки  $t_{e1} = (l_{c1} / V_m) + t_{нс}$ . (56)

3. Время второй ездки  $t_{e2} = (l_x + l_{c2}) / V_m + t_{нс}$ . (57)

4. Среднее время ездки  $\bar{t}_{cp} = (t_{e1} + t_{e2}) / 2$ . (58)

5. Время оборота автомобиля на маршруте  $t_o = t_{e1} + t_{e2}$  или (60)

$$t_o = \frac{l_m}{V_m} + 2 \cdot t_{нс}. \quad (61)$$

6. Выработка автомобиля в тоннах за ездку  $Q_e = q\gamma$ . (62)

7. Выработка автомобиля в тонно-километрах за ездку

$$P_e = q\gamma \cdot l_e. \quad (63)$$

8. Число ездок (за день, смену)  $z_e = \left[ \frac{T_{н.}}{\bar{t}_e} \right] + z_e'$ . (64)

где  $n$  – число ездок за оборот;

$z_e$  – число ездов, которое может быть выполнено на последнем обороте, за остаток времени  $\Delta T_m$ , после исполнения целой части  $[X]$ .

9. Дополнительная ездка

$$z_e = \begin{cases} 2, & \text{если } \Delta T_m / (2 \cdot t_{нв} + (l_{21} + l_{22}) / V_m) \geq 1, \\ 1, & \text{если } \Delta T_m / (t_{нв} + l_{21} / V_m) \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (65)$$

10. Остаток времени после выполнения целого количества оборотов  $\Delta T_m = T_n - [T_n / t_o] t_o$ . (66)

11. Количество оборотов (за день, смену)  $z_o = \left[ \frac{T_n}{t_o} \right]$ . (67)

12. Выработка в тонно-километрах за первую ездку

$$P_{e1} = q \cdot \gamma \cdot l_{21}. \quad (68)$$

13. Выработка в тонно-километрах за вторую ездку

$$P_{e2} = q \cdot \gamma \cdot l_{22}. \quad (69)$$

14. Выработка автомобиля в тоннах за смену (сутки) в особо малой системе  $Q_{день} = q\gamma \cdot z_e$ . (70)

15. Выработка автомобиля в тонно-километрах за смену (сутки) в особо малой системе  $P_{день} = q\gamma \cdot z_{e1} \cdot l_{21} + q\gamma \cdot z_{e2} \cdot l_{22}$ . (71)

16. Общий пробег автомобиля (км) за смену (сутки)

$$l_{общ} = l_{н1} + l_m \cdot z_o + \begin{cases} z_o - \text{целое} + l_{н3} - l_x; \\ z_o - \text{не целое} + l_{н2}. \end{cases} \quad (72)$$

17. Время в наряде автомобиля фактическое

$$T_{н.ф.} = l_{общ} / V_m + z_e \cdot t_{нв}. \quad (73)$$

### **Кольцевой маршрут**

На кольцевом маршруте за каждый оборот может осуществляться более двух ездов, но общее количество ездов на маршруте определяется так же, как и на маятниковых маршрутах, формулы (55) – (64). Кроме того, внимательно следует рассчитывать величину  $l_{общ}$ , правильно учитывая нулевые пробеги автомобиля.

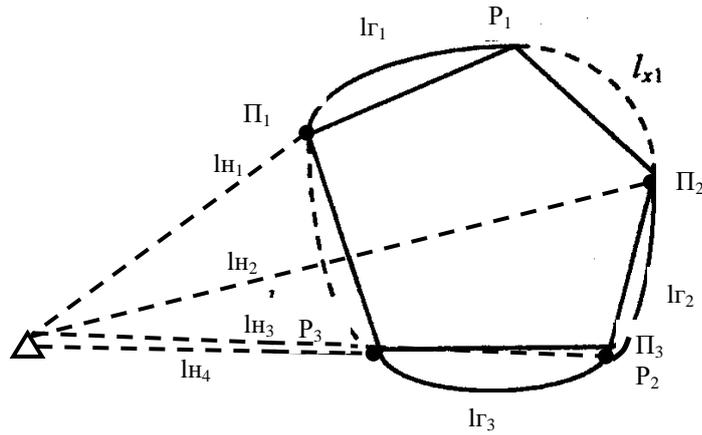


Рис. 6. Схема кольцевого маршрута

$$\text{Число ездки (за день, смену)} z_e = [T_M/t_o]n + z'_e, \quad n > 2, \quad (74)$$

Дополнительная ездка

$$z'_e = \begin{cases} n, & \text{если } \Delta T_M / ((\sum l_{2i} + l_{xj}) / V_m) + \sum t_{n6i} \geq 1, \\ 2, & \text{если } \Delta T_M / ((l_{21} + l_{x1} + l_{22}) / V_m) + \sum t_{n6i} \geq 1, \\ 1, & \text{если } \Delta T_M / (l_{21} / V_m) + t_{n61} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (75)$$

Остальные величины ( $t_o$ ,  $\Delta T_M$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $T_{н.ф}$ ,  $l_{общ}$ ) рассчитываются так же, как и на маятниковых маршрутах, формулы (66) - (73).

Приведём пример выполнения расчета параметров работы автомобиля в особо малой системе (маятниковый маршрут, с обратным груженным пробегом), исходные данные представлены в табл. 3.

$$\begin{aligned} l_M &= l_2 + l_x = 17 + 17 = 34 \text{ км.} \\ t_{e1} &= (l_{21} / V_m) + t_{n6} = (17/20) + 0,5 = 1,35 \text{ ч.} \\ t_{e2} &= (l_{22} / V_m) + t_{n6} = (17/20) + 0,5 = 1,35 \text{ ч.} \\ t_o &= t_{e1} + t_{e2} = (l_M / V_m) + 2t_{n6} = 37/20 + 1,0 = 2,70 \text{ ч.} \\ \bar{t}_{cp} &= (t_{e1} + t_{e2}) / 2 = (1,35 + 1,35) / 2 = 1,35 \text{ ч.} \\ Q_e &= q\gamma = 7 \cdot 0,75 = 5,25 \text{ т.} \\ Q_o &= Q_{e1} + Q_{e2} = 2q\gamma = 10 \text{ т.} \\ P_{e1} &= P_{e2} = q\gamma \cdot l_2 = 7 \cdot 0,75 \cdot 17 = 89,25 \text{ т} \cdot \text{км.} \\ P_o &= P_{e1} + P_{e2} = q\gamma \cdot l_{21} + q\gamma \cdot l_{22} = 7 \cdot 0,75 \cdot 17 + 7 \cdot 0,75 \cdot 17 = \\ &= 178,5 \text{ т} \cdot \text{км.} \end{aligned}$$

Таблица 3

## Исходные данные для лабораторной работы №2 (маятниковый маршрут, с обратным гружёным пробегом)

Показатель	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Грузоподъёмность автомобиля, т	7	14	12	12	10	11	7	7	11	10	11	10	11	9	9	9	8	8
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,75	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Техническая скорость, км/ч	30	28	29	27	29	30	32	32	32	32	32	32	32	32	32	29	29	29

Показатель	Варианты																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Грузоподъёмность автомобиля, т	9	9	7	11	8	11	7	11	10	11	7	11	11	9	7	11	10	7
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,8	0,85	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,4	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	0,4
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	11	13	14	10	5	6	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Техническая скорость, км/ч	31	29	28	26	28	31	30	31	30	22	30	31	30	31	33	24	25	25

Таблица 4

**Исходные данные для лабораторной работы №2 (маятниковый маршрут, с обратным  
груженым пробегом не на всём расстоянии перевозок груза)**

Показатель	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Грузоподъёмность автомобиля, т	7	14	12	12	10	11	7	7	11	10	11	10	11	9	9	9	8	8
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,75	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	5	4	7	4	2	2	3	4	3	7	4	5	2	5	4	4	3	4
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Третий нулевой пробег, км	0	7,5	7,2	7,2	7	8	8	8	9	5	9	5	5	7	7	7	8	7
Техническая скорость, км/ч	30	28	29	27	29	30	32	32	32	32	32	32	32	32	32	29	29	29

Показатель	Варианты																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Грузоподъёмность автомобиля, т	9	9	7	11	8	11	7	11	10	11	7	11	11	9	7	11	10	7
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,8	0,85	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,4	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	0,4
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	11	13	14	10	5	6	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	5	3	7	5	4	5	2	2	4	5	4	5	3	4	6	5	4	6
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Третий нулевой пробег, км	0	7,5	7,2	7,2	7	8	8	8	9	5	9	5	5	7	7	7	8	7
Техническая скорость, км/ч	31	29	28	26	28	31	30	31	30	22	30	31	30	31	33	24	25	25

Таблица 5

## Исходные данные для лабораторной работы №2 (кольцевой маршрут)

Показатель	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Грузоподъёмность автомобиля, т	7	14	12	12	10	11	7	7	11	10	11	10	11	9	9	9	8	8
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,75	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Третий нулевой пробег, км	0	7,5	7,2	7,2	7	8	8	8	9	5	9	5	5	7	7	7	8	7
Первый холостой пробег, км	5	3	4	5	3	3	6	6,3	6,3	15	6,3	15	4	4	4	4	9	10
Второй холостой пробег, км	2	7	9	10	11	11	11	12	12	11	12	11	11	11	11	11	10	10
Техническая скорость, км/ч	30	28	29	27	29	30	32	32	32	32	32	32	32	32	32	29	29	29

Окончание табл. 5

Показатель	Варианты																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Грузоподъёмность автомобиля, т	9	9	7	11	8	11	7	11	10	11	7	11	11	9	7	11	10	7
Коэффициент использования грузоподъёмности	0,8	0,85	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
Плановое время в наряде, ч	10	12	10	12	14	12	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12
Время на погрузку-выгрузку, ч	0,4	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	0,4
Расстояние перевозки груза в прямом направлении, км	11	13	14	10	5	6	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Расстояние перевозки груза в обратном направлении, км	10	12	13	9	4,5	5	5	6	7	11	7	11	7	9	9	9	8	9
Первый нулевой пробег, км	8	6	7	7	6	3,5	5	5	5	9	5	9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Второй нулевой пробег, км	5	8	9	9	10	12	7	7	7	4	7	4	9	9	9	9	9	9
Третий нулевой пробег, км	0	7,5	7,2	7,2	7	8	8	8	9	5	9	5	5	7	7	7	8	7
Первый холостой пробег, км	5	3	4	5	3	3	6	6,3	6,3	15	6,3	15	4	4	4	4	9	10
Второй холостой пробег, км	2	7	9	10	11	11	11	12	12	11	12	11	11	11	11	11	10	10
Техническая скорость, км/ч	31	29	28	26	28	31	30	31	30	22	30	31	30	31	33	24	25	25

$$z_e = \left[ \frac{T_n}{t_e} \right] = [10,0/1,35] = 7 \text{ ед.}$$

$z_o = \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] = [10,0/2,70] = 3,7$ , таким образом, число оборотов не целое, тогда для расчета общего пробега используем нижнюю формулу фигурной скобки, см. формулу (35).

$$\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] \cdot t_o = 10,0 - [10,0/2,70] \cdot 2,70 = 1,9 \text{ ч.}$$

$$z'_e = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_{z1}}{V_m} + t_{не}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad z'_e = 1,9/(17/20) + 0,5 > 0 \Rightarrow z'_e = 1.$$

$$Q_{день} = q\gamma \cdot z_e = 7 \cdot 0,75 \cdot 7 = 36,75 \text{ т.}$$

$$P_{день} = q\gamma \cdot z_e \cdot l_2 = 7 \cdot 0,75 \cdot 7 \cdot 17 = 624,75 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

$$l_{общ} = l_{н1} + l_m \cdot z_o + \begin{cases} z_o - \text{целое} + l_{н1} \\ z_o - \text{не целое} + l_{н2} \end{cases} = 10 + 37 \cdot 3 + 10 + 8 + 5 = 123 \text{ км.}$$

$$T_{н.ф} = l_{общ}/V_m + z_e \cdot t_{не} = 123/20 + 7 \cdot 0,5 = 9,65 \text{ ч.}$$

Каждый студент согласно номеру варианта (табл. 3-5) должен выполнить исследование влияния изменения времени погрузки-разгрузки, грузоподъёмности автомобиля, времени в наряде на функционирование микросистемы, построить графики и написать выводы.

В качестве примера рассмотрим влияние изменения аргумента (времени погрузки-разгрузки  $t_{не}$ ) на функционирование особо малой системы (маятниковый маршрут, с обратным груженым пробегом), расчёт выполнен по формулам (21) - (36), результаты представим в табличной форме (табл. 6) и на графиках (рис. 7).

**Изменение показателей работы особо малой системы при изменении  
времени погрузки-разгрузки  $t_{пв}$**

$t_{пв}$ , ч	$t_0$ , ч	$z_0$ , ед	$[z_c]$ , ед	$\Delta T_m$ , ч	$z_c'$ , ед	$z_c$ , ед	$Q$ , т	$P$ , т·км	$L_{общ}$ , км	$T_{нф}$ , ч
0,40	1,47	6	12	0,77	1	13	68,25	682,5	143	9,97
0,45	1,57	6	12	0,17	0	12	63,00	630,0	136	9,93
0,50	1,67	5	10	1,23	1	11	57,75	577,5	123	9,60
0,55	1,77	5	10	0,73	0	10	52,50	525,0	116	9,37
0,60	1,87	5	10	0,23	0	10	52,50	525,0	116	9,87

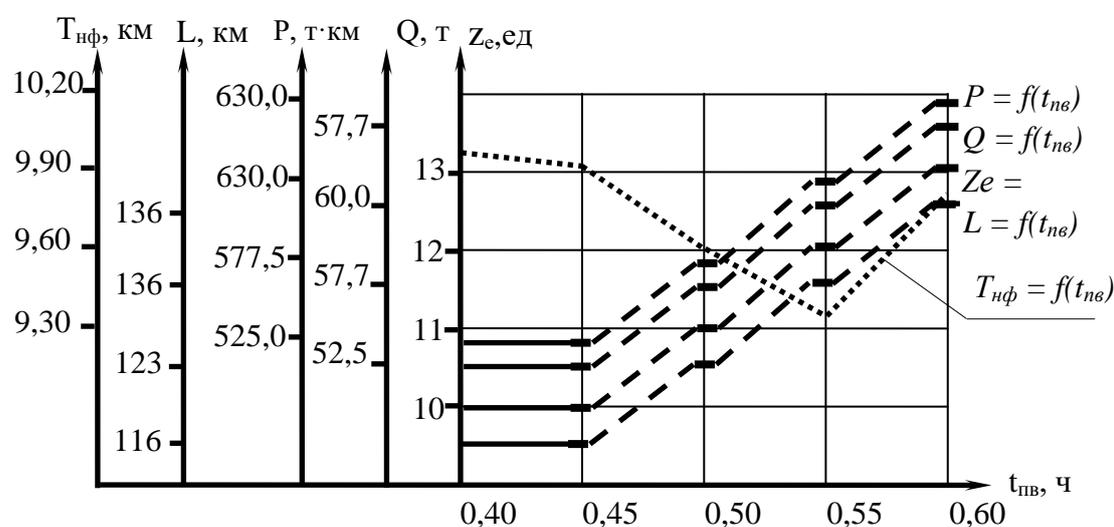


Рис. 7. Изменение выработки автомобиля при изменении  $t_{пв}$  в особо малой системе (маятниковый маршрут, с обратным гружёным пробегом)

После построения графических зависимостей требуется сформулировать выводы, отражающие существо происходящих (или не происходящих изменений).

Например, в результате сокращения времени погрузочно-разгрузочных работ возрастает выработка подвижного состава, т.к. транспортное средство будет меньше затрачивать времени в погрузочном пункте, а больше находиться в движении. Эффект от уменьшения  $t_{пв}$  получается только тогда, когда за плановое время нахождения в наряде, в результате снижения  $t_{пв}$ , можно выполнить дополнительно хотя бы одну езду. Если это не происходит, то не вырабатывается дополнительная продукция. На рис. 7 видно, что при уменьшении  $t_{пв}$  возрастает объем перевозимого груза, тем самым и транспортная работа. Это обусловлено тем, что автомобиль находит-

ся меньшее время под погрузкой, уменьшается время оборота, увеличивается остаток времени после выполнения целого числа оборотов, следовательно, больше вероятность выполнить дополнительную езду. На рис. 7 представлена функция  $T_{н.ф} = f(t_{не})$ , в виде прямой ломаной линии. При увеличении количества ездов одновременно увеличится и общий пробег автомобиля, а следовательно, и фактическое время в наряде. На практике модернизация погрузочно-разгрузочных средств приводит к уменьшению времени простоя под погрузкой и разгрузкой. Мероприятия по модернизации являются весьма затратными и оправданы только тогда, когда увеличение производительности автотранспортной системы компенсирует данные затраты.

Аналогично требуется исследовать влияние изменения среднетехнической скорости, грузоподъемности автомобиля, длины грузовой езды на функционирование особо малой системы, построить графики и написать выводы.

#### ***Контрольные вопросы***

1. Какими функциями описывается характер наблюдаемых зависимостей для отдельно взятого автомобиля и для системы в целом?
2. Какие промежутки приращения аргумента сопровождаются эффектом?
3. Какие из полученных значений аргумента можно считать рациональными?
4. Как повлияет изменение аргумента на следующие функции:  $t_o$ ,  $\Delta T_m$ ,  $Q$ ,  $P$ ,  $T_{н.ф}$ ,  $L_{общ}$ ?

### **Лабораторная работа № 3**

## **Исследование функционирования автомобиля в малой системе**

*Цель работы:* исследование влияния ТЭП на выработку автомобиля в малой системе.

Для выполнения лабораторной работы студент должен:  
*знать:*

- модель описания функционирования малой системы;

- методику проведения анализа влияния ТЭП на выработку автомобиля в малой системе;

*уметь:*

- анализировать влияние ТЭП на выработку автомобиля в малой системе;

- выявить закономерности изменения выработки автомобиля в малой системе при изменении ТЭП;

- использовать возможности Microsoft Excel для расчета изменения выработки автомобиля в малой системе с применением приёма цепных подстановок и построения графиков зависимости выработки автомобиля в малой системе от изменения ТЭП;

- формулировать выводы по выполненным расчётам;

- сформировать и защитить отчёт по выполненной лабораторной работе.

*Оборудование:* персональный компьютер.

*Задание:*

1. Рассчитать выработку автомобиля в малой системе в тоннах и тонно-километрах при изменении  $q\%$ ,  $V_m$ ,  $t_{нв}$ ,  $l_2$ ,  $T_n$ .

2. Построить графики зависимости  $Q$ ,  $P$ ,  $L_{общ}$ ,  $T_{н.ф.}$ ,  $z_e$  от изменяемых показателей.

3. Оценить результаты расчётов и построения графических зависимостей, сформулировать выводы.

4. Оформить отчет по выполненной лабораторной работе.

5. Защитить выполненную лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

### **Модель описания функционирования малой системы**

Рассмотрим методику расчёта на примере маятникового маршрута с обратным не груженым пробегом.

$$1. S_m = \{P_1; P_1; M; A_3; T_c\}. \quad (76)$$

$$2. A_3 > 1. \quad (77)$$

$$3. T_c \geq T_{н.ф.} \quad (78)$$

$$4. M = 4 \text{ (маятниковые и кольцевые)}. \quad (79)$$

$$5. \text{Длина маршрута } l_m = l_2 + l_x. \quad (80)$$

$$6. \text{Время ездки, оборота автомобиля} \quad (81)$$

$$t_{e,o} = \frac{l_m}{V_m} + t_{ng}.$$

7. Выработка автомобиля в тоннах за езду  $Q_e = q\gamma$ . (82)

8. Выработка автомобиля в тонно-километрах за езду

$$P_e = q\gamma \cdot l_z. \quad (83)$$

9. Пропускная способность грузового пункта

$$A_e' = \left[ \frac{t_{e,o}}{R_{\max}} \right]. \quad (84)$$

10. Ритм погрузки (выгрузки) в  $j$ -м пункте

$$R_{\max} = \frac{t_{n(e)}}{X_{n(e)}}. \quad (85)$$

11. Возможное время работы каждого автомобиля в малой системе  $T_{mi} = T_n - R_{\max} \cdot (i - 1)$ , (86)

где  $i$  – порядковый номер прибытия автомобиля в пункт погрузки.

12. Число ездов каждого автомобиля за время в наряде

$$z_{ei} = \left[ \frac{T_{mi}}{t_e} \right]. \quad (87)$$

13. Остаток времени в наряде после выполнения целого числа ездов

$$\Delta T_n = T_m - \left[ \frac{T_m}{t_e} \right] \cdot t_e. \quad (88)$$

14. Езда, выполняемая за остаток времени, после выполнения целого количества ездов (оборотов)

$$z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_z}{V_m} + t_{ng}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (89)$$

15. Выработка в тоннах каждого автомобиля за время в наряде

$$Q_{\text{день}i} = \sum_1^{Z_{ei}} q \gamma_i. \quad (90)$$

16. Выработка в тонно-километрах каждого автомобиля за время в наряде

$$P_{\text{день}i} = \sum_1^{Z_{ei}} q \cdot \gamma_i \cdot l_z. \quad (91)$$

17. Пробег автомобиля за смену

$$l_{\text{общ}i} = l_m \cdot z_{ei} - l_x + l_{n1} + l_{n2}. \quad (92)$$

18. Фактическое время работы автомобиля

$$T_{\text{н.ф.}i} = \left[ \frac{L_{\text{общ}}}{V_m} \right] + \sum_1^{Z_{ee}} t_{\text{нс}}. \quad (93)$$

19. Суммарная выработка в тоннах группы автомобилей работающих в малой системе за время в наряде

$$\boxed{\phantom{Q_{\text{день}i}}} \quad (94)$$

20. Суммарная выработка в тонно-километрах группы автомобилей, работающих в малой системе за время в наряде

$$P_n = \sum_1^{A_i} P_i. \quad (95)$$

21. Общий пробег автомобилей работающих в малой системе

$$L_{\text{общ}} = \sum_1^{A_i} L_{\text{общ}i}. \quad (96)$$

22. Фактическое время работы автомобилей работающих в малой системе

$$T_{\text{н.ф.}} = \sum_1^{A_i} T_{\text{н.ф.}i}. \quad (97)$$

Приведем пример выполнения расчета параметров работы автомобиля в малой системе на маршруте с обратным не груженным пробегом (см. рис. 1), исходные данные представлены в табл. 7.

На основе методики, изложенной в данной лабораторной работе, производим расчет:

$$l_M = l_z + l_x = 25 + 25 = 50 \text{ км.}$$

$$t_{e,o} = \frac{l_M}{V_m} + t_{ng} = 50/28 + 0,5 = 2,29 \text{ ч.}$$

$$Q_e = q\gamma = 10 \cdot 1,0 = 10 \text{ т.}$$

$$P_e = q\gamma \cdot l_z = 10 \cdot 1,0 \cdot 25 = 250 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

$$R_{\max} = \frac{t_{n(\epsilon)}}{X_{n(\epsilon)}} = 0,25/1 = 0,25 \text{ ч.}$$

$$A\mathcal{E}' = \left[ \frac{t_{e,o}}{R_{\max}} \right] = 2,29/0,25 = 9 \text{ ед.}$$

$$T_{mi} = T_n - R_{\max} \cdot (i - 1).$$

Таким образом, плановое время на маршруте для каждого автомобиля составит:  $T_{M1} = 10,0$  ч;  $T_{M2} = 9,75$  ч;  $T_{M3} = 9,5$  ч;  $T_{M4} = 9,25$  ч;  $T_{M5} = 9,0$  ч;  $T_{M6} = 8,75$  ч;  $T_{M7} = 8,5$  ч;  $T_{M8} = 8,25$  ч;  $T_{M9} = 8,0$  ч;

$$z_{ei} = \left[ \frac{T_{mi}}{t_e} \right].$$

Количество езды по каждому автомобилю в малой системе составит:  $z_{e1}=4$ ;  $z_{e2}=4$ ;  $z_{e3}=3$ ;  $z_{e4}=3$ ;  $z_{e5}=3$ ;  $z_{e6}=3$ ;  $z_{e7}=3$ ;  $z_{e8}=3$ ;  $z_{e9}=3$ .

Например, для первого автомобиля в малой системе остаток времени на маршруте составит:

$$\Delta T_{n1} = T_{M1} - \left[ \frac{T_{M1}}{t_e} \right] \cdot t_e = 10,0 - 4 \cdot 2,29 = 0,84 \text{ ч.}$$

$$z'_e = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_z}{V_m} + t_{ng}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} = 0,84/(25/28 + 0,5) < 1 \Rightarrow z'_e = 0.$$

Аналогично проводится расчёт для остальных автомобилей работающих в малой системе, а также для системы в целом:

$$Q_{\text{день1}} = q \cdot \gamma \cdot z_e = 10 \cdot 1,0 \cdot 4 = 40 \text{ т.}$$

$$Q_{\text{день1-4}} = 40 \text{ т; } Q_{\text{день5-9}} = 30 \text{ т.}$$

$$Q_n = \sum_1^{A_i} Q_i = 40 + 40 + 40 + 40 + 30 + 30 + 30 + 30 + 30 = 310 \text{ т.}$$

$$P_{\text{день1}} = q \cdot \gamma \cdot z_e \cdot l_z = 10 \cdot 1,0 \cdot 4 \cdot 25 = 1000 \text{ т.}$$

$$P_{\text{день1-4}} = 1000 \text{ Т·км}; P_{\text{день5-9}} = 750 \text{ Т·км}.$$

$$P_n = \sum_1^{A_i} P_i = 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 750 + 750 + 750 + 750 + 750 = 7750 \text{ Т·км}.$$

$$l_{\text{общ}} = l_m \cdot z_{ei} - l_x + l_{n1} + l_{n2}; L_{\text{общ1}} = 50 \cdot 4 - 25 + 10 + 6 = 191 \text{ км}.$$

$$L_{\text{общ1-4}} = 191 \text{ км}; L_{\text{общ5-9}} = 141 \text{ км}.$$

$$L_{\text{общ}} = \sum_1^{A_i} L_{\text{общ}i} = 191 + 191 + 191 + 191 + 141 + 141 + 141 + 141 + 141 = 1469 \text{ км}.$$

$$T_{n.ф.i} = \left[ \frac{L_{\text{общ}i}}{V_m} \right] + \sum_1^{z_{ei}} t_{не}; T_{n.ф1} = 191/28 + 4 \cdot 0,5 = 8,82 \text{ ч}.$$

$$T_{n.ф1-4} = 8,82 \text{ ч}; T_{n.ф5-9} = 8,82 \text{ ч}.$$

$$T_{n.ф} = \sum_1^{A_i} T_{n.ф.i} = 8,82 + 8,82 + 8,82 + 8,82 + 6,54 + 6,54 + 6,54 + 6,54 + 6,54 = 67,96 \text{ км}.$$

Результаты расчетов представим в табл. 8.

Таблица 8

#### Результаты расчетов ТЭП автомобилей в малой системе

Показатель	Номер автомобиля									Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Число ез-док, ед	4	4	4	4	3	3	3	3	3	31
Перевезено тонн	40	40	40	40	30	30	30	30	30	310
Выполнено Т·км	1000	1000	1000	1000	750	750	750	750	750	7750
Пробег, км	191	191	191	191	141	141	141	141	141	1469
Время в на-ряде, ч	8,82	8,82	8,82	8,82	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	67,96

Для выявления закономерностей влияния изменения ТЭП на эффективность работы малой системы также используем приём цепных постановок, как и в двух предыдущих системах.

Диапазон изменения исследуемого показателя  $\pm 20\%$ , шаг  $\pm 10\%$ . Требуется проследить изменения показателей  $A_3, Q, P, z_e, L_{\text{общ}}, T_{n.ф}$ ,

Таблица 7

**Исходные данные для лабораторной работы №3**

Показатель	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Средняя техническая скорость, км/ч	28	28	27	27	28	28	22	24	28	27	30	28	27	28	27	28	27	28
Расстояние перевозки, км	25	24	23	13	17	11	10	10	15	10	15	10	10	15	10	20	10	6
Первый нулевой пробег, км	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Второй нулевой пробег, км	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	6	5	4	6	5
Плановое время в наряде, ч	9,6	9,7	9	9,8	9,6	9	9,5	10	11	9,7	9	9,6	9,7	9,5	9,5	9,5	12	9,5
Время простоя под погрузкой-выгрузкой, ч	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Коэффициент использования грузоподъемности	1	1	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	1	1	0,9	0,9	0,9
Грузоподъемность, т	10	11	12	10	8	10	14	12	10	15	12	10	12	10	8	9	8	12

32

Показатель	Варианты																	
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Средняя техническая скорость, км/ч	28	29	26	28	24	25	24	23	25	24	29	31	25	24	25	26	24	25
Расстояние перевозки, км	14	7	23	24	15	16	9	11	14	12	16	11	9	13	11	19	11	16
Первый нулевой пробег, км	9	7	11	12	13	14	15	6	17	18	19	20	10	11	13	9	8	7
Второй нулевой пробег, км	7	8	4	7	10	9	8	10	14	8	7	9	6	8	9	5	8	7
Плановое время в наряде, ч	10	9	8	10	11	12	10	10	10	11	8	9	9	10	8	9	10	9
Время простоя под погрузкой-выгрузкой, ч	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,6
Коэффициент использования грузоподъемности	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
Грузоподъемность, т	10	11	12	10	8	10	14	12	10	15	12	10	12	10	8	9	8	12

Для примера рассмотрим влияние изменения расстояния перевозки грузов  $L_2$ , результаты представим в табл. 9, которая наглядно показывает производительность каждого отдельного автомобиля и малой системы в целом.

На основании данных табл. 9 построим графические зависимости, описывающие закономерности изменения показателей  $Q$ ,  $P$ ,  $z_e$ ,  $L_{общ}$ ,  $T_{н.ф}$  при изменении показателей  $L_2$ ,  $t_{нб}$ ,  $V_m$ ,  $q\gamma$ ,  $T_n$  в 20 %-ном отношении от полученных расчетов.

Таблица 9

Результаты расчета при изменении  $L_2$

$l_2$ , км	№ а/м, $A_2$ , ед	$z_e$ , езд	$Q$ , т	$P$ , т·км	$L_{общ}$ , км	$T_{н.ф}$ , ч
1	2	3	4	5	6	7
<b>20</b>	1	5	50	1250	241	11,11
	2	5	50	1250	241	11,11
	3	4	40	1000	191	8,82
	4	4	40	1000	191	8,82
	5	4	40	1000	191	8,82
	6	4	40	1000	191	8,82
	7	4	40	1000	191	8,82
	8	1	10	250	41	1,96
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>310</b>	<b>7750</b>	<b>1478</b>	<b>68,29</b>
<b>22,5</b>	1	4	40	1000	191	8,82
	2	4	40	1000	191	8,82
	3	4	40	1000	191	8,82
	4	4	40	1000	191	8,82
	5	4	40	1000	191	8,82
	6	4	40	1000	191	8,82
	7	4	40	1000	191	8,82
	8	3	30	750	141	6,54
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>310</b>	<b>7750</b>	<b>1478</b>	<b>68,29</b>
<b>25</b>	1	4	40	1000	191	8,82
	2	4	40	1000	191	8,82
	3	4	40	1000	191	8,82
	4	4	40	1000	191	8,82
	5	3	30	750	141	6,54
	6	3	30	750	141	6,54
	7	3	30	750	141	6,54
	8	3	30	750	141	6,54
	9	3	30	750	141	6,54
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>9</b>	<b>31</b>	<b>310</b>	<b>7750</b>	<b>1469</b>	<b>67,96</b>
	1	4	40	1000	191	8,82
	2	3	30	750	141	6,54
	3	3	30	750	141	6,54

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7
27,5	4	3	30	750	141	6,54
	5	3	30	750	141	6,54
	6	3	30	750	141	6,54
	7	3	30	750	141	6,54
	8	3	30	750	141	6,54
	9	3	30	750	141	6,54
	10	3	30	750	141	6,54
$\Sigma$	<b>10</b>	<b>31</b>	<b>310</b>	<b>7750</b>	<b>1460</b>	<b>67,64</b>
30	1	3	30	750	141	6,54
	2	3	30	750	141	6,54
	3	3	30	750	141	6,54
	4	3	30	750	141	6,54
	5	3	30	750	141	6,54
	6	3	30	750	141	6,54
	7	3	30	750	141	6,54
	8	3	30	750	141	6,54
	9	3	30	750	141	6,54
	10	2	20	500	91	4,25
	11	2	20	500	91	4,25
$\Sigma$	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>310</b>	<b>7750</b>	<b>1451</b>	<b>67,32</b>

Графические зависимости построены для малой системы с дополнением показателя автомобилей в эксплуатации  $A_9$  (рис. 8).

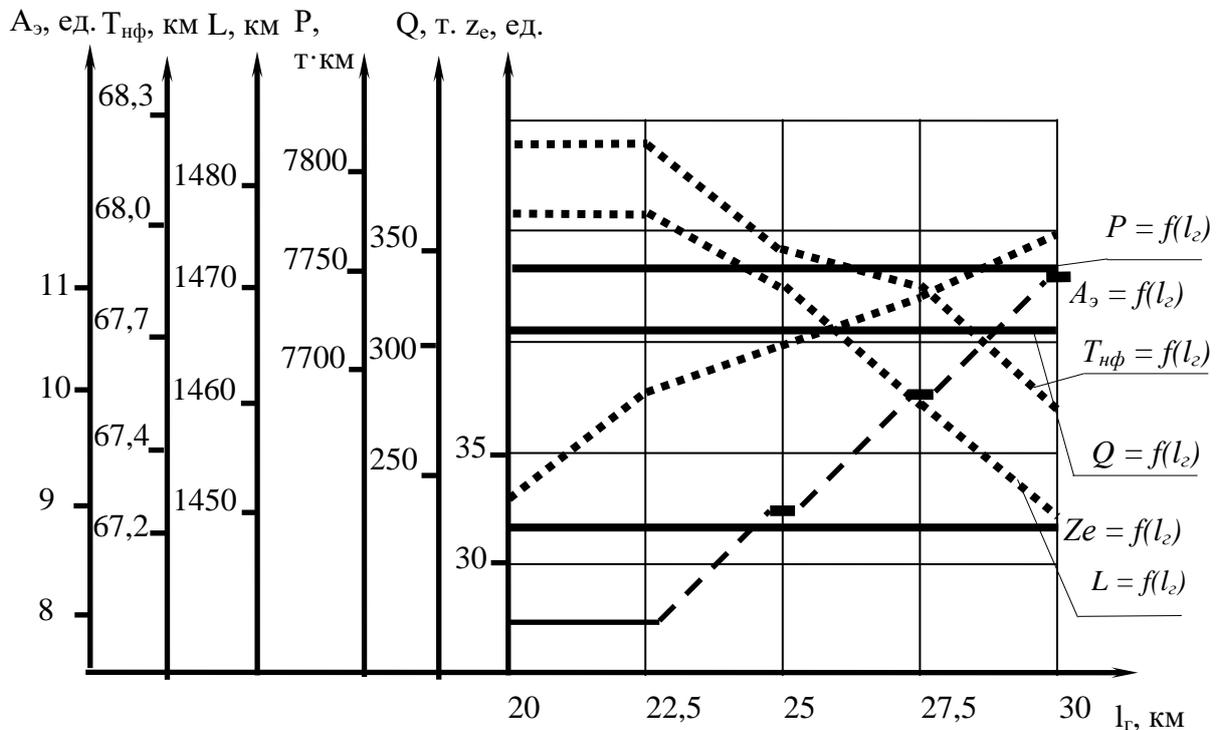


Рис. 8. Изменение выработки при изменении  $l_2$  в малой системе

Также требуется построить графические зависимости, например для первого автомобиля, работающего в малой системе, графические зависимости при этом будут аналогичны зависимостям, построенным для микросистемы и особо малой системы (см. рис. 2 и 7).

После построения графических зависимостей делаем выводы.

По данным табл. 9 построены графические зависимости, описывающие закономерность  $T_{нф}$ ,  $L_{общ}$ ,  $P$ ,  $A_э$ ,  $z_e$ , как функции расстояния перевозки грузов  $l_2$ .

Функции представляют собой прямые ломаные линии (кусочно-линейные зависимости).

Функция  $Q = f(l_2)$  представляет собой прямую линию, так как в данном случае объём перевозок (плановое задание) является фиксированной величиной.

В результате роста  $l_2$  насыщения не происходит, так как интервал движения автомобилей увеличивается. Из полученных результатов видно, что увеличение длины гружёной ездки с 20 до 22,5 км не повлияло на количество автомобилей в эксплуатации  $A_э$ , далее при каждом последующем увеличении  $l_2$  необходим дополнительный автомобиль.

Общий пробег автомобилей, а следовательно, фактическое время в наряде, не увеличиваются, так как увеличение  $l_2$  приводит к тому, что автомобиль не успевает выполнить дополнительную ездку.

Количество выполненных ездок в системе остаётся неизменным, так как ездки выполняются большим количеством автомобилей.

Аналогичным образом требуется построить графические зависимости для отдельного автомобиля в малой системе, например, для первого и последнего, сделать соответствующие выводы.