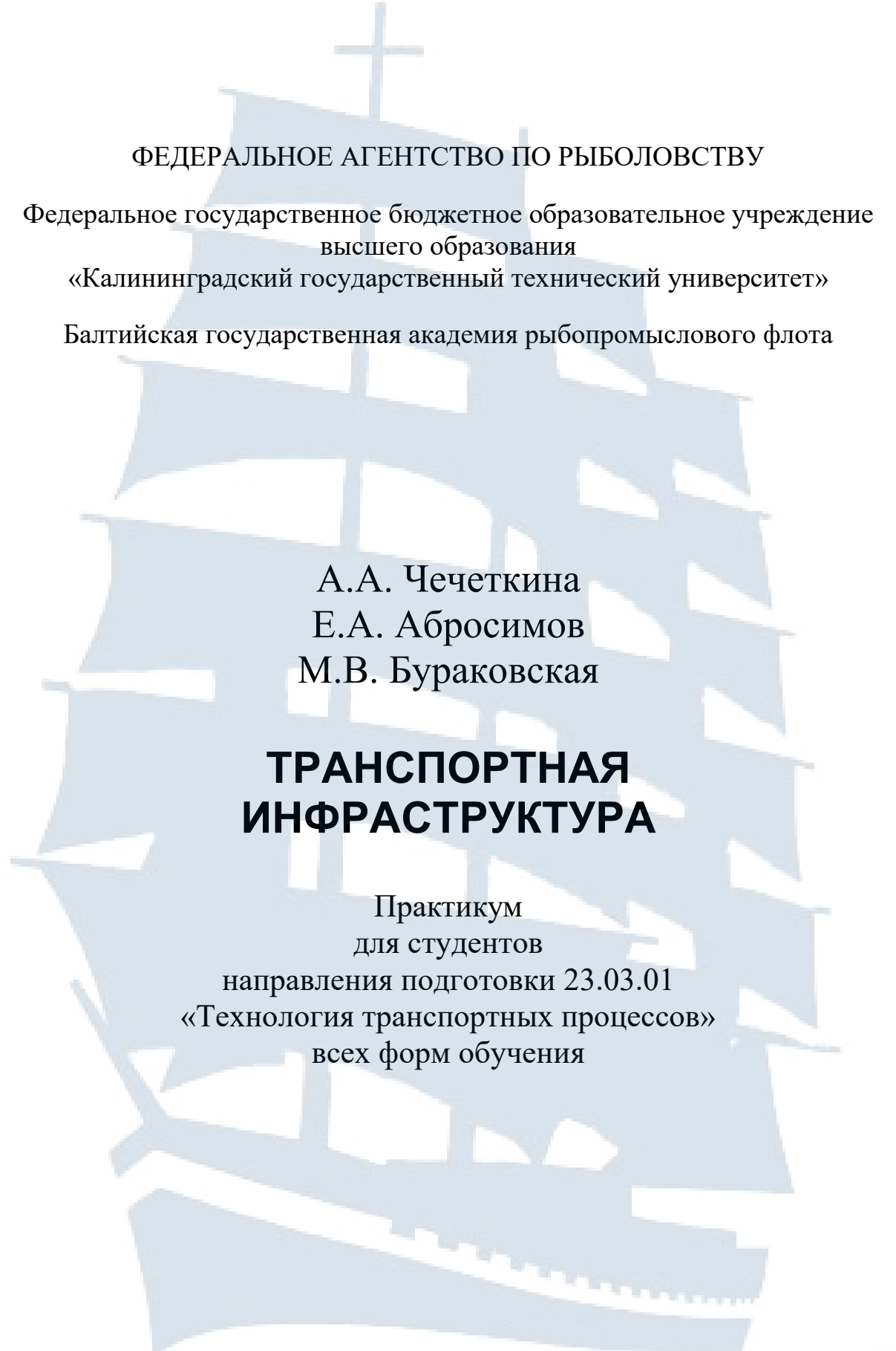




ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Калининградский государственный технический университет»

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

А.А. Чечеткина
Е.А. Абросимов
М.В. Бураковская

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Практикум
для студентов
направления подготовки 23.03.01
«Технология транспортных процессов»
всех форм обучения

Калининград
Издательство БГАРФ
2021

БГАРФ

УДК 656.13.023 (073)

Чечеткина, А.А. Транспортная инфраструктура: практикум для студентов направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» всех форм обучения / А.А. Чечеткина, Е.А. Абросимов, М.В. Бураковская; БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». – Калининград: Издательство БГАРФ, 2021. – 88 с.: ил. 22. Библиогр.: с. 88. – Текст: непосредственный.

В практикуме рассмотрены различные методики оценки важнейшего показателя оценки качества транспортной инфраструктуры – пропускной способности. Разработаны многовариантные практические задания для оценки пропускной способности элементов улично-дорожной сети городов и объектов дорожной инфраструктуры, приведены методические указания для их решения и рассмотрены примеры решения.

Практикум разработан в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины «Транспортная инфраструктура», для студентов специальности 23.03.01 «Технология транспортных процессов» всех форм обучения.

Ил. 22, табл. 51, библиогр. – 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензенты: Ковальчук Л.И., д-р техн. наук,
профессор кафедры АТ и СА БГАРФ;
Великанов Н.Л., д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой машиноведения и технических систем
инженерно-технического института
ФГАОУ ВО БФУ им. И. Канта

УДК 656.13.023 (073)

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021

БГАРФ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1. Оценка пропускной способности сети магистральных улиц города.....	5
Практическая работа № 2. Влияние дорожных условий и состава транспортного потока на пропускную способность автомобильных дорог с многополосной проезжей частью	17
Практическая работа № 3. Определение проектной интенсивности грузового автомобильного движения по грузовым магистралям	23
Практическая работа № 4. Пропускная способность пересечений на одном уровне	27
Практическая работа № 5. Пропускная способность пересечений на разных уровнях.....	37
Практическая работа № 6. Изучение динамических моделей	46
Практическая работа № 7. Пропускная способность железнодорожного переезда.....	56
Практическая работа № 8. Построение основной диаграммы транспортного потока при использовании различных макромоделей.....	62
Практическая работа № 9. Пропускная способность участков в пределах населённых пунктов	69
Практическая работа № 10. Составление графиков движения поездов	76
Список рекомендуемой литературы	88

ВВЕДЕНИЕ

Экономическое развитие страны, качество жизни населения во многом определяются эффективностью функционирования транспортного комплекса страны. Основу транспортного комплекса составляет транспортная инфраструктура, включающая железнодорожный, автомобильный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт.

Решая вопросы организации перевозок и дорожного движения, бакалавр должен иметь достаточную подготовку в сфере транспортной инфраструктуры различных видов транспорта, знать требования к ней, предъявляемые пользователями, участниками движения, а также способы обеспечения безопасной и надежной работы.

Особую роль в транспортной инфраструктуре страны имеет автомобильный транспорт. Исходя из этого в работе изложены методические указания оценки пропускной способности, как отдельных элементов автодорожной инфраструктуры, так и улично-дорожной сети городов в целом.

В результате освоения дисциплины «Транспортная инфраструктура» обучающийся должен овладеть следующими навыками.

Знать:

- элементы транспортной инфраструктуры, путей сообщения;
- системы энергоснабжения, инженерные сооружения, системы управления, нормативные требования к инфраструктуре;
- основные положения методик оптимизации технологических процессов и проектирования объектов транспортной инфраструктуры;
- закономерности формирования движения и методов его исследования.

Уметь:

- оптимизировать затраты на пользование объектами транспортной инфраструктуры;
- применять знания проектирования путей сообщения;
- оценивать эффективность функционирования и планировать работу объектов транспортной инфраструктуры.

Владеть:

- основными положениями методик оптимизации технологических процессов и проектирования объектов транспортной инфраструктуры.

Практическая работа № 1

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ УЛИЦ ГОРОДА

Цель: усвоить один из методов оценки пропускной способности улично-дорожной сети города. Приобрести компетенции ОПК3, ПК28.

Задание. Рассчитать основные показатели магистральной сети города, оценить её пропускную способность, выбрать при необходимости комплекс мер по увеличению пропускной способности сети магистральных улиц города. Исходные данные выбираем по номеру в списке группы по табл. 1.1

Методические указания

1.1. Расстояние между магистральными улицами, км:

$$l_m = \frac{2}{\delta}, \quad (1.1)$$

где δ – плотность сети городских магистральных улиц, км/км².

1.2. Продольную ось города определим по формуле, км:

$$D = 1,2 \cdot \sqrt{F}, \quad (1.2)$$

где F – селитебная площадь города, км².

1.3. Общая протяжённость улично-дорожной сети города, км

$$L_m = F \cdot \delta. \quad (1.3)$$

1.4. Определим показатели работы общественного пассажирского транспорта.

1.4.1. Годовое количество поездок пассажиров:

а) существующее

$$P_r = P_{\text{гор}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{др.г}}, \quad (1.4)$$

где $P_{\text{гор}}$ – количество перемещений населения города;

$P_{\text{пр}}$ – количество перемещений населения пригорода;

$P_{\text{др.г}}$ – количество перемещений приезжих из других городов.

Таблица 1.1

Исходные данные для выполнения практической работы

№ варианта	Численность жителей, тыс. чел.	Ежегодный процент прироста населения	Селитебная площадь территории	Количество полос движения	Плотность сети города	Уровень автомобилизации легковых автомобилей существующее	Уровень автомобилизации легковых автомобилей перспективное	Количество рабочих дней в неделе	Уровень автомобилизации грузовых автомобилей существующее	Уровень автомобилизации грузовых автомобилей перспективное	Планировочные схемы уличной сети города
Обозначение	$N_{\text{гор}}$	q	F	n	δ	$q_{\text{л}}$	$q'_{\text{л}}$		$q_{\text{г}}$	$q'_{\text{г}}$	
1	100	0,2	40	2	1,1	100	200	5	30	40	радиальная
2	200	0,3	60	2	1,2	150	300	6	50	70	радиальная
3	400	0,4	100	2	1,3	105	140	6	60	80	радиальная
4	600	0,5	120	2	1,4	120	260	5	70	80	радиальная
5	800	0,7	160	3	1,5	140	280	5	70	90	радиальная
6	1 000	0,8	180	4	1,6	200	400	6	80	95	радиальная
7	2 000	0,9	240	4	1,7	300	600	5	80	90	радиальная
8	4 000	1,0	350	4	1,8	355	600	6	90	100	радиальная
9	5 600	0,9	550	4	1,9	380	600	5	80	95	радиальная
10	8 000	0,8	900	4	2,0	340	500	6	75	85	радиальная
11	150	0,7	50	2	1,9	59	100	5	20	30	радиальная
12	250	1,2	70	2	1,8	150	250	6	25	35	радиально-кольцевая
13	500	1,1	110	3	1,7	130	260	5	30	45	радиально-кольцевая
14	700	1,3	120	3	1,6	250	400	6	45	60	радиально-кольцевая
15	900	0,5	170	3	1,5	190	450	6	50	70	радиально-кольцевая

№ варианта	Численность жителей, тыс. чел.	Ежегодный процент прироста населения	Селитебная площадь территории	Количество полос движения	Плотность сети города	Уровень автомобилизации легковых автомобилей существующее	Уровень автомобилизации легковых автомобилей перспективное	Количество рабочих дней в неделе	Уровень автомобилизации грузовых автомобилей существующее	Уровень автомобилизации грузовых автомобилей перспективное	Планировочные схемы уличной сети города
Обозначение	$N_{\text{гор}}$	q	F	n	δ	$q_{\text{л}}$	$q'_{\text{л}}$		$q_{\text{г}}$	$q'_{\text{г}}$	
16	1 500	0,7	200	4	1,4	250	500	6	90	100	радиально-кольцевая
17	3 000	0,8	300	4	1,8	260	580	5	50	75	радиально-кольцевая
18	5 000	0,9	400	4	1,9	245	500	5	80	95	радиально-кольцевая
19	1 300	1,0	190	4	1,7	270	400	6	90	100	радиально-кольцевая
20	4 500	1,1	360	4	1,4	300	600	5	75	90	радиально-кольцевая
21	7 000	1,2	630	4	1,2	350	450	5	95	110	прямоугольная
22	180	1,3	55	2	1,3	105	205	6	25	35	прямоугольная
23	1 700	1,4	220	4	1,5	400	450	5	50	60	прямоугольная
24	2 500	1,5	250	4	1,6	350	450	6	75	100	прямоугольная
xx	3 500	1,6	320	4	1,7	270	350	5	85	105	прямоугольная

1.4.2. Перемещения внутри города, образуются поездками трудящихся, служащих и учащихся в профессиональных учебных заведениях.

$$P_{\text{гор}} = N_{\text{гор}} (P_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} + P_{\text{уч}} \cdot n_{\text{уч}}) \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{кб}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{п}}, \quad (1.5)$$

где $P_{\text{тр}}$ – годовое число передвижений трудящихся на работу в одну сторону, в соответствии с числом рабочих дней (290 – шестидневная неделя, 240 – пятидневная неделя);

$P_{\text{уч}}$ – годовое число передвижений учащихся вузов и колледжей в одну сторону, в соответствии с числом учебных дней (230);

$n_{\text{тр}}$ – удельный вес трудящегося населения, по табл. 1;

$n_{\text{уч}}$ – удельный вес учащихся, по табл. 1;

$k_{\text{т}}$ – коэффициент, показывающий удельный вес населения, пользующегося транспортом, по рис. 1;

$k_{\text{д}}, k_{\text{кб}}$ – коэффициенты, учитывающие деловые, культурно бытовые, табл. 1;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий, что не все пассажиры возвращаются домой сразу, около 10 % могут поехать в театры, кино, магазины и т. д., для расчета примем значение коэффициента – 1,9;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий пересадки на другой вид транспорта, рис. 2.

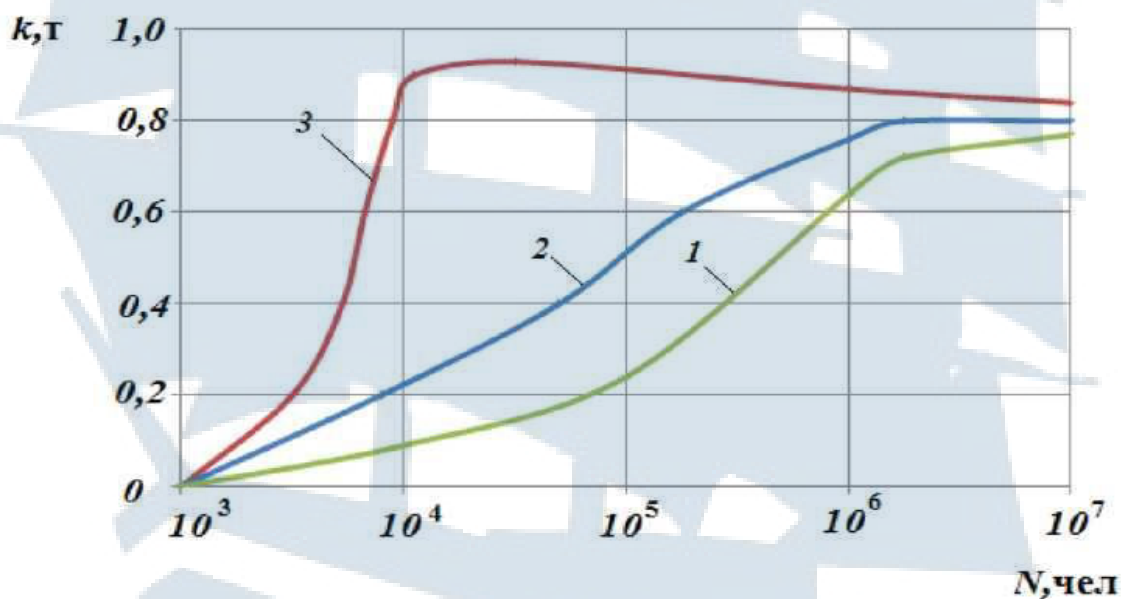


Рис. 1. Зависимость коэффициента, показывающего удельный вес населения, пользующегося транспортом, от численности населенного пункта:

1 – до 50 автомобилей на 1 000 жителей; 2 – от 50 до 150;
3 – 150 до 500

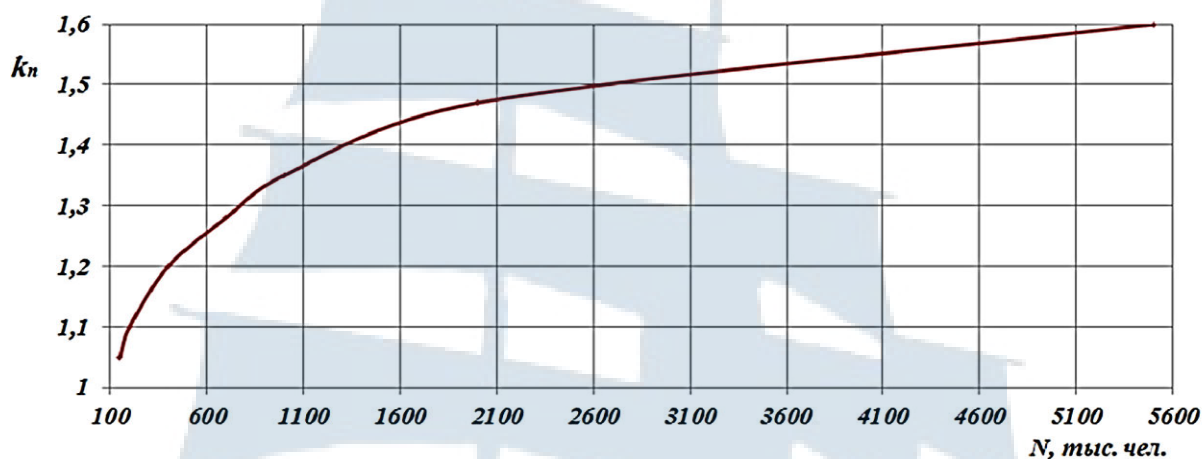


Рис. 2. Зависимость коэффициента, учитывающего пересадки на другой вид транспорта, от численности населённого пункта

Таблица 1.2

Расчетные коэффициенты определения подвижности населения

Категория города	$n_{гр}$	$P_{уч}$	k_d	$k_{кб}$
Мегаполисы свыше 1млн чел.	0,6-0,7	0,2-0,35	1,04-1,05	2,2-2,3
Очень крупные 0,5-1,0 млн чел.	0,7-0,75	0,25-0,3	1,03-1,08	1,8-2,0
Крупные 0,3-0,5 млн чел.	0,75-0,8	0,2-0,25	1,02-1,09	1,6-1,8
Большие 0,1-0,3 млн чел.	0,8-0,85	0,15-0,2	1,01-1,1	1,4-1,6

1.4.3. Количество перемещений населения пригорода и приезжающих из других городов берутся в процентном отношении от количества перемещений внутри города, приблизительно от 5 до 10 %:

$$P_{пр} = P_{др.г} = (0,05 \dots 0,1) \cdot P_{гор}. \quad (1.6)$$

1.4.4. Годовое количество поездок пассажиров:
– перспективное:

$$P'_{гор} = N'_{гор} \cdot A, \quad (1.7)$$

где A – показатель учетно-транспортной подвижности населения. Для перспективной численности принять по укрупнённым показателям, используя метод интерполяции по табл. 1.3;

$N'_{гор}$ – перспективная численность населения, тыс. чел.:

$$N'_{гор} = N_{гор} \cdot (1 + q/100)^{(T-1)}, \quad (1.8)$$

где $T = 20$ лет;

q – ежегодный процент прироста численности населения.

1.4.5. Средняя дальность поездок пассажиров, км:
– для городов свыше 1 000 тыс. жителей:

$$l_{\text{ср}} = a + b \cdot k_{\text{пл}} \cdot \sqrt{F}, \quad (1.9)$$

где a и b – коэффициенты, соответственно, $a = 1,2-1,3$; $b = 0,15-0,25$;
 $k_{\text{пл}}$ – коэффициент планировочной структуры города, принимается в зависимости от планировочного решения города при радиальной планировке $k_{\text{пл}} = 1,4$; при радиально-кольцевой планировке $k_{\text{пл}} = 0,9$; при прямоугольной планировке $k_{\text{пл}} = 1,0$.

– для городов меньше 1 000 тыс. жителей:

$$l_{\text{ср}} = D. \quad (1.10)$$

1.4.6. Годовая работа общественного пассажирского транспорта, пас.-км:

а) существующая:

$$M = P_{\text{г}} \cdot l_{\text{ср}}, \quad (1.11)$$

б) перспективная:

$$M' = P'_{\text{г}} \cdot l_{\text{ср}}. \quad (1.12)$$

Таблица 1.3

Средняя транспортная подвижность городского населения

Категория города	Численность населения, тыс, чел, $N'_{\text{гор}}$	Транспортная подвижность населения, А
Мегалополисы	свыше 1 000	650-820
Очень крупные	501-1 000	500-650
Крупные	251-500	400-500
Большие	101-250	300-400
Средние	51-100	250-300
Малые	Менее 50	150-250

1.4.7. Инвентарное количество автобусов, ед.:

а) существующее:

$$\Pi = \frac{M \cdot K_{\text{с}}}{365 \cdot x_{\text{э}} \cdot T_{\text{нар}} \cdot q_{\text{вм}} \cdot a \cdot \varsigma}, \quad (1.13)$$

где K_c – коэффициент сезонной неравномерности, $K_c = 1,2$;
 $x_э$ – эксплуатационная скорость автобуса, $x_э = 20$ км/ч;
 $T_{нар}$ – время работы автобуса на линии, $T_{нар} = 18$ ч;
 $q_{вм}$ – вместимость одного автобуса, принимается равной 100 чел.;
 a – коэффициент использования автобусного парка, $a = 0,8$;
 ζ – средний коэффициент наполнения автобуса, $\zeta = 0,5$.
 б) перспективное:

$$\Pi' = \frac{M' \cdot K_c}{365 \cdot x_э \cdot T_{нар} \cdot q_{вм} \cdot a \cdot \zeta}. \quad (1.14)$$

1.4.8. Суммарный суточный пробег автобусного парка, авт.-км/сут.:

а) существующий:

$$W_{авт} = \Pi \cdot x_э \cdot T_{нар} \cdot a, \quad (1.15)$$

б) перспективный:

$$W'_{авт} = \Pi' \cdot x_э \cdot T_{нар} \cdot a. \quad (1.16)$$

1.5. Расчёт показателей работы легковых автомобилей.

1.5.1. Суммарный суточный пробег парка легковых автомобилей, авт.-км/сут.:

а) существующий:

$$W_{л.а} = 0,64 \cdot q_{л} \cdot N_{гор} \cdot l_{п} / 1000, \quad (1.17)$$

где $q_{л}$ – количество легковых автомобилей на 1 тыс. населения города;

$l_{п}$ – средний суточный пробег легкового автомобиля, км/сут., принимается равным длине продольной оси города:

$$l_{п} = D. \quad (1.18)$$

б) перспективный:

$$W'_{л.а} = 0,64 \cdot q'_{л} \cdot N'_{гор} \cdot l_{п} / 1000, \quad (1.19)$$

где $q'_{л}$ – перспективное количество легковых автомобилей на 1 тыс. населения города.

1.6. Расчет показателей работы парка грузовых автомобилей.

1.6.1. Суммарный суточный пробег парка грузовых автомобилей, авт.-км/сут.:

а) существующий:

$$W_{г.а} = 0,64 \cdot q_{г} \cdot N_{гор} \cdot l_{п} / 1000, \quad (1.20)$$

где $q_{г}$ – количество грузовых автомобилей на 1 тыс. населения города
 $l_{п}$ – средний суточный пробег грузового автомобиля, авт.-км/сут.:

$$l_{п} = \frac{T_{нар.г} \cdot D}{n_{n-p} + t_{дв}}, \quad (1.21)$$

где $T_{нар.г}$ – время в наряде, принимается равным 9 ч;

n_{n-p} – время простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой, принимается равным 0,5 ч;

$t_{дв}$ – время движения автомобиля, ч:

$$t_{дв} = \frac{D}{x_э}. \quad (1.22)$$

б) перспективный:

$$W'_{г.а} = 0,64 \cdot q'_{г} \cdot N'_{гор} \cdot l_{п} / 1000. \quad (1.23)$$

1.7. Общая работа автомобильного парка города.

1.7.1. Суммарный суточный пробег грузового легкового и общественного пассажирского транспорта, авт.-км/сут., приведенного к легковому транспорту:

а) существующий:

$$\Sigma W_a = K_{л.а} \cdot W_{л.а} + K_{г.а} \cdot W_{г.а} + K_{авт} \cdot W_{авт}, \quad (1.24)$$

где $K_{л.а} = 1$; $K_{г.а} = 2$; $K_{авт} = 2,5$ – коэффициенты, приведенные соответственно для легковых, грузовых автомобилей и автобусов;

б) перспективный:

$$\Sigma W'_a = K_{л.а} \cdot W'_{л.а} + K_{г.а} W'_{г.а} + K_{авт} \cdot W'_{авт}. \quad (1.25)$$

1.8. Пропускная способность дорожно-уличной сети, авт/сут.:

$$P_{удс} = 10 \cdot P_1 \cdot n \cdot L_m \cdot k_{\Pi}, \quad (1.26)$$

где P_1 – пропускная способность одной полосы движения. Для магистралей регулируемого движения принимается равной 1 900 авт/ч;

n – число полос движения в двух направлениях;

k_{Π} – коэффициент использования пропускной способности, учитывающей снижение пропускной способности на перекрестках:

$$k_{\Pi} = \frac{1+\xi}{2+\xi}, \quad (1.27)$$

где ξ – коэффициент неравномерности распределения автомобильных потоков относительно центральной части магистральной улицы

$$\xi = \frac{k_{\Pi Д} + 2}{4}, \quad (1.28)$$

где $k_{\Pi Д}$ – количество пересечений дорожно-уличной сети:

$$k_{\Pi Д} = \frac{L_m}{l_m}. \quad (1.29)$$

1.9. Коэффициент загрузки дорожно-уличной сети:

а) существующий:

$$B = \frac{\sum W_a}{P_{удс}}, \quad (1.30)$$

б) перспективный:

$$B' = \frac{\sum W'_a}{P_{удс}}. \quad (1.31)$$

Решение задачи: хх вариант

1.1. Расстояние между магистральными улицами:

$$l_m = \frac{2}{\delta} = \frac{2}{1,7} = 1,176, \text{ км.}$$

1.2. Продольную ось города определим по формуле, км:

$$D = 1,2\sqrt{F} = 1,2\sqrt{320} = 21,47, \text{ км.}$$

1.3. Общая протяжённость улично-дорожной сети города, км:

$$L_m = F \cdot \delta = 320 \cdot 1,7 = 544, \text{ км.}$$

1.4. Определим показатели работы общественного пассажирского транспорта.

1.4.1. Годовое количество поездок пассажиров:

а) существующее:

$$\sum P_{\Gamma} = P_{\text{гор}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{др.г}} = 3402880 + 340288 + 340288 = 4083456.$$

1.4.2. Перемещения внутри города, образуются поездками трудящихся, служащих и учащихся в профессиональных учебных заведениях.

$$P_{\text{гор}} = N_{\text{гор}}(P_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} + P_{\text{уч}} \cdot n_{\text{уч}}) \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{кб}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{п}} = 3500 \cdot (240 \cdot 0,6 + 230 \cdot 0,3) \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 2,2 \cdot 1,9 \cdot 1,5 = 3402880.$$

1.4.3. Количество перемещений населения пригорода и приезжающих из других городов берутся в процентном отношении от количества перемещений внутри города, приблизительно от 5 до 10 %.

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{др.г}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot P_{\text{гор}} = 0,1 \cdot 3402880 = 340288.$$

1.4.4. Средняя дальность поездок пассажиров, км.

$$l_{\text{ср}} = a + b \cdot k_{\text{пл}} \cdot \sqrt{F} = 1,3 + 0,25 \cdot 1 \cdot \sqrt{320} = 5,8 \text{ км.}$$

1.4.5. Годовая работа общественного пассажирского транспорта, пас.-км:

а) существующая:

$$M = P_{\Gamma} \cdot l_{\text{ср}} = 4083456 \cdot 5,8 = 23684044, \text{ тыс. км.}$$

б) перспективная:

$$M' = P'_{\Gamma} \cdot l_{\text{ср}} = 5512665 \cdot 5,8 = 31973457, \text{ тыс. км.}$$

1.4.6. Инвентарное количество автобусов, ед.:

а) существующее:

$$\Pi = \frac{M \cdot K_{\text{с}}}{365 \cdot x_{\text{э}} \cdot T_{\text{нар}} \cdot q_{\text{вм}} \cdot a \cdot \zeta} = \frac{23684044 \cdot 1,2}{365 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 0,8} = 4,5, \text{ тыс. авт.}$$

б) перспективное:

$$\Pi' = \frac{M' \cdot K_c}{365 \cdot x_э \cdot T_{\text{нар}} \cdot q_{\text{вм}} \cdot a \cdot \zeta} = \frac{31973457 \cdot 1,2}{365 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 0,8} = 6,03, \text{ тыс. авт.}$$

1.4.7. Суммарный суточный пробег автобусного парка, авт.-км/сут.:

а) существующий:

$$W_{\text{авт}} = \Pi \cdot x_э \cdot T_{\text{нар}} \cdot a = 4,5 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 0,8 = 1296, \text{ тыс. км.}$$

б) перспективный:

$$W'_{\text{авт}} = \Pi' \cdot x_э \cdot T_{\text{нар}} \cdot a = 6,03 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 0,8 = 1737, \text{ тыс. авт.}$$

1.5. Расчёт показателей работы легковых автомобилей.

1.5.1. Суммарный суточный пробег парка легковых автомобилей:

а) существующий:

$$W_{\text{л.а}} = 0,64 \cdot q_{\text{л}} \cdot N_{\text{гор}} \cdot l_{\text{п}} / 1000 = 0,64 \cdot 270 \cdot 3500 \cdot 21,47 / 1000 = 12985, \text{ тыс. км,}$$

$$l_{\text{п}} = D = 21,47, \text{ км;}$$

б) перспективный:

$$W'_{\text{л.а}} = 0,64 \cdot q'_{\text{л}} \cdot N'_{\text{гор}} \cdot l_{\text{п}} / 1000 = 0,64 \cdot 350 \cdot 4725 \cdot 21,47 / 1000 = 22670, \text{ тыс. км.}$$

1.6. Расчёт показателей работы парка грузовых автомобилей.

1.6.1. Суммарный суточный пробег парка грузовых автомобилей, авт.-км/сут.:

а) существующий:

$$W_{\text{г.а}} = 0,64 \cdot q_{\text{г}} \cdot N_{\text{гор}} \cdot l_{\text{п}} / 1000 = 0,64 \cdot 85 \cdot 3500 \cdot 180,5 / 1000 = 34365, \text{ тыс. км.}$$

$$l_{\text{п}} = \frac{T_{\text{нар.г}} \cdot D}{n_{n-p} + t_{\text{дв}}} = \frac{9 \cdot 21,47}{0,5 + 1,07} = 180,5, \text{ км.}$$

$$t_{\text{дв}} = \frac{D}{x_э} = \frac{21,47}{20} = 1,07, \text{ час.}$$

б) перспективный:

$$W'_{г.а} = 0,64 \cdot q'_г \cdot N'_{гор} \cdot l_{п}/1000 = 0,64 \cdot 105 \cdot 4725 \cdot 180,5/1000 = 57309, \text{ тыс. км.}$$

1.7. Общая работа автомобильного парка города.

1.7.1. Суммарный суточный пробег грузового легкового и общественного пассажирского транспорта, авт.-км/сут., приведенного к легковому транспорту:

а) существующий:

$$\sum W_a = K_{л.а} \cdot W_{л.а} + K_{г.а} \cdot W_{г.а} + K_{авт} \cdot W_{авт} = 1 \cdot 12985 + 2 \cdot 34365 + 2,5 \cdot 1296 = 84955, \text{ тыс. км.}$$

б) перспективный:

$$\sum W_a = K_{л.а} \cdot W'_{л.а} + K_{г.а} W'_{г.а} + K_{авт} \cdot W'_{авт} = 1 \cdot 22670 + 2 \cdot 57309 + 2,5 \cdot 1737 = 141\,630, \text{ тыс. км.}$$

1.8. Пропускная способность дорожно-уличной сети, авт./сут.:

$$P_{удс} = 10 \cdot P_1 \cdot n \cdot L_m \cdot k_{п} = 10 \cdot 1900 \cdot 6 \cdot 544 \cdot 0,98 = 60775680;$$

$$k_{п} = \frac{1 + \xi}{2 + \xi} = \frac{1 + 116,2}{2 + 116,2} = 0,98;$$

$$\xi = \frac{k_{пд} + 2}{4} = \frac{464,6 + 2}{4} = 116,2;$$

$$k_{пд} = \frac{L_m}{l_m} = \frac{544}{1,176} = 462,6.$$

1.9. Коэффициент загрузки дорожно-уличной сети:

а) существующий:

$$B = \frac{\sum W_a}{P_{удс}} = \frac{84955 \cdot 1000}{60775680} = 1,24;$$

б) перспективный:

$$B' = \frac{\sum W'_a}{P_{удс}} = \frac{141630 \cdot 1000}{60775680} = 2,34.$$

$B > 1$, пропускная способность дорог не удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Практическая работа № 2

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ И СОСТАВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С МНОГОПОЛОСНОЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТЬЮ

Цель: выработать навыки определения пропускной способности многополосных автомобильных дорог, методом коэффициентов.

Задание. Определить пропускную способность многополосной автомобильной дороги с учетом конкретных дорожных условий, состава транспортного потока. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Методика выполнения

Пропускная способность автомобильных дорог определяется как суммарная пропускная способность каждой полосы движения.

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (2.1)$$

где P_1, P_2, P_3 – пропускная способность соответственно крайней левой, средней и крайней правой полос движения (для шестиполосных дорог), авт./ч.

Пропускная способность каждой из полос, входящих в сечение дороги с использованием метода коэффициентов, определяется по формуле:

$$P_{1,2,3} = P_{max} \prod_{i=1}^n \beta_i, \quad (2.2)$$

где P_{max} – максимальная пропускная способность полосы движения в идеальных условиях;

$\prod_{i=1}^n \beta_i$ – произведение коэффициентов, учитывающих снижение пропускной способности для соответствующей полосы.

Максимальную пропускную способность полосы движения в идеальных условиях принимают следующим образом:

на дорогах с четырьмя полосами – 1850 авт/ч;

на дорогах с шестью полосами – 1950 авт/ч.

Коэффициенты β_i определяем по табл. 2.2-2.8. Согласно проведенным исследованиям, одни и те же дорожные факторы, с различной интенсивностью влияют на снижение пропускной способности полосы движения. Поэтому коэффициенты подбираем раздельно для каждой полосы движения и сводим в табл. 2.9.

Таблица 2.1

**Исходные данные для определения пропускной способности
многополосной дороги**

Номер варианта	Тип дороги	Расстояние между пересечениями, км	Расстояние до застройки, м	Тип остановки	Наличие разметки	Тип и ширина разделительной полосы	Доля тяжёлых грузовиков	Доля средних и лёгких грузовиков (50/50)
1	4	>2,5	>100	I	+	<5 (2)	10	20
2	6	1,5	50-100	II	-	1-2 (1)	5	50
3	4	1,0	25-50	III	+	0,5-1,0(3)	10	70
4	6	0,5	15-25	IV	-	<5 (2)	15	10
5	4	<0,5	5-10	V	+	1-2 (1)	20	20
6	6	>2,5	<5	I	-	0,5-1,0 (3)	25	50
7	4	1,5	>100	II	+	<5 (2)	1	70
8	6	1,0	50-100	III	-	1-2 (1)	5	10
9	4	0,5	25-50	IV	+	0,5-1,0 (3)	1	20
10	6	<0,5	5-10	V	-	1-2(1)	15	50
11	4	<0,5	>100	I	+	<5 (2)	1	10
12	6	1,0	50-100	II	-	1-2 (1)	5	20
13	4	1,5	25-50	III	+	0,5-1,0(3)	10	70
14	6	2,5	15-25	IV	-	<5 (2)	15	50
15	4	0,5	5-10	V	+	1-2 (1)	25	15
16	6	1,5	5-10	I	-	0,5-1,0 (3)	20	50
17	4	>2,5	25-50	II	+	<5 (2)	1	10
18	6	<0,5	>100	III	-	1-2(1)	5	10
19	4	0,5	50-100	IV	+	0,5-1,0 (3)	15	70
20	4	>2,5	25-20	III	+	1-2 (1)	15	20
xx	6	1,0	<5	V	-	1-2(1)	10	50

Коэффициент β_1 учитывает снижение пропускной способности из-за частых пересечений и примыканий в одном уровне. Чем более близко расположены пересечения и примыкания друг от друга, тем сильнее влияние на снижение пропускной способности полосы. По полосам наиболее интенсивное влияние испытывают крайние правые полосы многополосных дорог.

Таблица 2.2

Значение коэффициента β_1

Тип дороги и полоса движения	Коэффициент снижения при расстояниях между пересечениями и примыканиями, км				
	более 2,5	1,5	1,0	0,5	менее 0,5
Четырёхполосная:					
– правая;	1,00	0,99	0,93	0,85	0,72
– левая;	1,00	1,00	0,97	0,96	0,94
– две полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,95	0,90	0,83
Шестиполосная:					
– крайняя правая;	1,00	0,98	0,93	0,87	0,80
– средняя;	1,00	0,99	0,97	0,94	0,90
– крайняя левая;	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95
– три полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,95	0,92	0,88

Коэффициент β_2 учитывает снижение пропускной способности многополосных дорог с учетом влияния застройки. Автомобили, движущиеся по крайним правым полосам движения, наиболее сильно снижают скорость из-за близости застройки. Застройка, расположенная на расстоянии более 100 м от края проезжей части, практически не оказывает влияния на скорости движения транспортных средств.

Таблица 2.3

Значение коэффициента β_2

Тип дороги и полоса движения	Коэффициент снижения β_2 при расстояниях от застройки до проезжей части, м					
	100, более	свыше 50 до 100 включит.	свыше 25 до 50 включит.	от 15 до 25 включит.	от 5 до 10 включит.	5, менее
Четырёхполосная:						
– правая;	1,00	0,99	0,95	0,90	0,80	0,70
– левая;	1,00	0,99	0,98	0,95	0,91	0,86
– две полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,96	0,93	0,85	0,78
Шестиполосная:						
– крайняя правая;	1,00	0,99	0,96	0,90	0,83	0,72
– средняя;	1,00	1,00	0,98	0,85	0,92	0,89
– крайняя левая;	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96
– три полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,97	0,95	0,90	0,86

Значительное влияние на интенсивность движения оказывают маршрутные транспортные средства. Остановочные пункты являются элементами обустройства дороги, которые понижают ее пропускную способность, согласно ранее проведенным исследованиям.

Выделены следующие типы автобусных остановок:

- с отделением автобусной остановки от проезжей части дороги при наличии полос обгона и переходно-скоростных полос (I тип);
- то же, но без отделения автобусной остановки от проезжей части основной дороги (II тип);
- то же, при наличии только отгона ширины (III тип);
- при наличии только уширения крайней правой полосы основной дороги (IV тип);
- размещенная на проезжей части основной дороги (V тип).

Значения коэффициентов снижения β_3 , показывающих снижение пропускной способности, в зависимости от способа расположения остановочного пункта, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Значение коэффициента β_3

Тип дороги и полоса движения	Коэффициент снижения β_3 в зависимости от типа автобусной остановки				
	I	II	III	IV	V
Четырехполосная:					
– правая;	1,00	0,98	0,92	0,84	0,72
– левая;	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90
– две полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,95	0,90	0,81
Шестиполосная:					
– крайняя правая;	1,00	0,98	0,93	0,86	0,81
– средняя;	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93
– крайняя левая;	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97
– три полосы в одном направлении	1,00	0,99	0,97	0,93	0,90

Интенсивность транспортных потоков на разных полосах одной и той же дороги распределяется не равномерно. Например, согласно правилам дорожного движения, крайняя правая полоса многополосной дороги предназначена для движения медленно движущегося транспорта, что снижает интенсивность движения на этой полосе. Крайняя левая полоса предназначена только для перестроения и потоки, движущиеся по ней, имеют более высокую скорость. Коэффициент β_4 в зависимости от числа полос в одном направлении, принимает значения согласно табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значение коэффициента β_4

Число полос	Значение коэффициента β_4
1	0,62
2	0,95
3	1,00

Разделительные полосы и продольная разметка являются элементами обустройства, организующими движение, способствуют повышению пропускной способности. Степень положительного влияния разделительной полосы зависит от способа ее организации и размеров. Учет влияния этих элементов обустройства отражен коэффициентами β_5 и β_6 , табл. 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6

Значение коэффициента β_5

Тип разделительной полосы	Коэффициент снижения β_5 при ширине разделительной полосы, м		
	до 5	до 2	0,5-1,0
1. Приподнятый в бордюрах без краевой полосы	1,00	0,96	0,90
2. С краевой полосой в одном уровне с проезжей частью и с установкой металлического ограждения	1,06	—	—
3. В виде двойной осевой разметки	—	0,85	0,85

Таблица 2.7

Значение коэффициента β_6

Наличие продольной разметки	Значение коэффициента β_6
Четырехполосные дороги:	
– без разметки;	0,85
– с разметкой	1,00
Шестиполосные дороги:	
– без разметки;	0,79
– с разметкой	1,00

Пропускная способность многополосной дороги в значительной мере зависит от структуры транспортного потока. Увеличение в составе потока тяжелых грузовых автомобилей приводит к сокращению пропускной способности. Влияние на пропускную способность состава транспортного потока учитывается коэффициентом β_7 , табл. 2.8.

Таблица 2.8

Значения коэффициента β_7

Доля тяжелых грузовых автомобилей в потоке, %	Коэффициент снижения β_7 при доле лёгких и средних грузовых автомобилей в потоке, %			
	10	20	50	70
1	1,00/1,00	0,98/0,99	0,95/0,96	0,89/0,90
5	0,99/0,99	0,97/0,98	0,93/0,95	0,87/0,89
10	0,98/0,99	0,96/0,97	0,90/0,93	0,85/0,87
15	0,95/0,98	0,93/0,95	0,87/0,91	0,82/0,85
20	0,92/0,96	0,90/0,93	0,84/0,89	0,80/0,82
25	0,90/0,93	0,87/0,91	0,78/0,87	0,78/0,81

Решение задачи: хх вариант

Для облегчения расчётов выбранные значения коэффициентов по полосам движения удобно свести в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Сводная таблица

Тип дороги	Максимальная пропускная способность P_{max}	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	Итоговая пропускная способность полосы P_j
Правая полоса	1 950	0,93	0,72	0,81	1	0,96	0,79	0,93	746
Средняя полоса	1 950	0,97	0,89	0,93	1	0,96	0,79	0,93	1 104
Левая полоса	1 950	0,98	0,96	0,97	1	0,96	0,79	0,93	1 250

Пропускная способность автомобильных дорог определяется как суммарная пропускная способность каждой полосы движения.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 746 + 1104 + 1205 = 3055, \text{ машин/час};$$

$$P_{ит} = 2P = 3055 \cdot 2 = 6110, \text{ машин/час.}$$

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПО ГРУЗОВЫМ МАГИСТРАЛЯМ

Цель: освоить метод теоретического определения проектной интенсивности грузового автомобильного движения по грузовым магистралям города.

Задание. Определить практическую интенсивность грузового автомобильного движения по грузовым магистралям города и междугороднего транзитного движения. Исходными данными для определения проектной интенсивности грузового автомобильного движения по городской грузовой магистрали являются: население города и годовой грузопоток по дороге и улице. Выбирают исходные данные в соответствии с номером в списке группы по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные для определения проектной интенсивности грузового автомобильного движения

Показатель	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Население города, тыс. чел.	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	150
Годовой грузопоток, тыс. т	500	1200	4000	6000	8000	8500	9000	12000	13000	15000	550
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Население города, тыс. чел.	250	350	450	550	650	750	860	950	350	950	975
Годовой грузопоток, тыс. т	1250	4500	6700	7500	8550	9600	10000	13500	6500	9500	15000

Методика выполнения

При проектировании грузовых магистралей необходимо собрать данные об годовых грузовых потоках по ним. Зная величину грузовых потоков (в тыс. т), можно определить приблизительную интенсивность транспортных потоков грузовых автомобилей. Для определения проектной максимальной часовой интенсивности грузового автомобильного движения по городским грузовым дорогам и улицам применяют

коэффициенты, характеризующие неравномерность грузового автомобильного движения в течение года и суток, по направлениям, а также учитывают грузоподъемность автомобилей и полезное использование пробега.

Значения коэффициентов устанавливают с учетом существующих технико-эксплуатационных показателей работы грузового автотранспорта. При разработке проектных решений необходим сбор статистических данных по работе грузового транспорта. В ходе выполнения практической работы можно принимать величины этих коэффициентов по табл. 3.2 ориентировочно.

Проектная интенсивность движения грузовых автомобилей по дороге или улице в одном направлении в час пик определяется по формуле:

$$И = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \Gamma}{2 \cdot K_{гр} \cdot K_{пр} \cdot P_{ср} \cdot 365 \cdot 100}, \quad (3.1)$$

где K_1 – коэффициент сезонной неравномерности;

K_2 – коэффициент суточной неравномерности;

K_3 – коэффициент неравномерности величины потока грузовых автомобилей по встречным направлениям дороги или улицы в час пик;

K_4 – процент часового максимума, т. е. отношение интенсивности движения грузовых автомобилей в час пик к суточному объёму их движения в обоих направлениях, выраженное в процентах на час; этот процент увеличивается с 9 до 13 %, при уменьшении города, для крупных городов принимается равным 10-11 %, а для крупнейших 9-10 %;

$K_{гр}$ – коэффициент статистического использования грузоподъёмности равный 0,95-0,9 %, который тем меньше, чем больше в будущем обеспечение города подвижным составом;

$K_{пр}$ – коэффициент использования пробега, равный в среднем 0,6;

$P_{ср}$ – расчетная средняя грузоподъёмность подвижного состава парка грузового автотранспорта для внутригородских перевозок, ориентировочно может приниматься к расчетному сроку развития города 4,5 т/авт;

Γ – грузопоток за год по дороге или улице, принимаемый на основании схемы картограммы корреспонденций грузов, т.

Коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 , K_4 следует принимать в зависимости от величины города с учетом данных табл. 3.2.

Таблица 3.2

Значения коэффициентов для расчета проектной интенсивности

Численность населения города, тыс. чел.	Ориентировочное значение коэффициента			
	К₁	К₂	К₃	К₄
До 100 включит.	1,10	1,20	1,8	2,4
Свыше 100 до 250 включит.	1,09	1,18	1,7	2,2
Свыше 250 до 500 включит.	1,08	1,16	1,6	1,8
Свыше 500 до 750 включит.	1,07	1,14	1,5	1,8
Свыше 750 до 1 000 включит.	1,06	1,12	1,4	1,7
Свыше 1 000	1,05	1,10	1,3	1,5

Формулой 3.1 междугородний транзитный грузовой автомобильный транспорт не учитывается. Его определяют отдельно в зависимости от категории дороги и проектного решения системы грузовых автомобилей (городских автомобильных дорог) данного города на основании проектных предложений развития общей сети дорог России, которые должны содержать данные о перспективной величине этого транзита.

При выполнении практической работы расчетную интенсивность междугороднего транзитного грузового автомобильного движения ориентировочно определяют в процентах от максимальной интенсивности движения грузовых автомобилей в час по грузовым магистралям в одном направлении, табл. 3.3. и вычисляют по формуле 3.2, а суммарную интенсивность грузового движения определяют по формуле 3.3.

$$I_{\text{тр}} = \frac{D}{100} \cdot I_p, \quad (3.2)$$

где D – доля междугороднего транзитного транспорта.

$$I_{\text{об}} = I_{\text{тр}} + I_p. \quad (3.3)$$

Таблица 3.3

**Доля международного транзитного автомобильного движения
в зависимости от величины города, %**

Показатель	Население города, тыс. чел.			
	до 100 включит.	свыше 100 до 250 включит.	свыше 250 до 500 включит.	свыше 500 до 750 и более
Процент междугороднего транзита	15-20	10-15	10-12	8-10

Решение задачи: xx вариант

Проектная интенсивность движения грузовых автомобилей по дороге или улице в одном направлении в час пик определяется по формуле:

$$I_p = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \Gamma}{2 \cdot K_{гр} \cdot K_{пр} \cdot P_{ср} \cdot 365 \cdot 100} =$$
$$= \frac{1,06 \cdot 1,12 \cdot 1,4 \cdot 1,7 \cdot 15000 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 4,5 \cdot 365 \cdot 100} = 230, \text{ ед/сут.}$$

$$I_{общ} = 2 \cdot \left(I_p + \frac{D}{100} \cdot I_p \right) = 2 \cdot \left(230 + \frac{10}{100} \cdot 230 \right) = 506, \text{ ед/сут.}$$

Общая пропускная способность дороги равна 506 ед/сут.

Практическая работа № 4

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ НА ОДНОМ УРОВНЕ

Цель: приобрести навык принятия проектных решений по организации пересечений на одном уровне на основании оценки уровня удобства обслуживания и уровня загрузки перекрестка. Освоить метод оценки на основании ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог».

Задание. Оценить уровень обслуживания пересечения на одном уровне и обосновать его планировочное решение. Для этого определить пропускную способность перекрестка и уровень его загрузки. Выбираются исходные данные в соответствии с номером в списке группы по табл. 4.1.

Чтобы оценить уровень обслуживания перекрестка необходимо рассчитать коэффициент загрузки движением по формуле:

$$z = \frac{N_{\text{пр.вт}}}{N_{\text{max}}}, \quad (4.1)$$

Полная пропускная способность перекрестка определится как сумма пропускных способностей по всем направлениям.

Таблица 4.1

Исходные данные для определения пропускной способности перекрестка в одном уровне

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$N_{\text{гл}}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Радиус съездов	10	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25
Продольный уклон дороги	20	30	40	50	20	30	40	50	60	70	80
Длина подъема	50	50	50	50	60	100	100	100	100	100	100
Доля медленно движущихся автомобилей	0	10	20	30	40	10	10	20	30	40	30
Расстояние от подъема	100 и менее	500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000 и более	100 и менее	500	1000	1000
$\eta_{\text{л}}$	5	15	10	20	25	30	35	25	20	15	5
$\eta_{\text{пр}}$	25	30	15	35	10	5	40	15	35	45	25
Доля легковых	20	50	100	20	50	100	20	50	100	100	20

Окончание табл. 4.1

Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
$N_{\text{гл}}$	420	440	460	480	500	520	540	560	880	720	580
Радиус съездов	11	13	15	17	19	21	22	23	16	18	24
Продольный уклон дороги	30	40	50	60	70	80	50	40	80	40	40
Длина подъема	200	200	200	200	200	200	300	400	90	600	50
Доля медленно движущихся автомобилей	10	20	30	40	20	10	20	30	20	30	40
Расстояние от подъема	1 500	2 000	3 000	4 000 и более	1 000	1 500	2 000	3 000	1 500	2 000	4 000 и более
$\eta_{\text{л}}$	15	10	20	25	30	35	25	20	30	20	15
$\eta_{\text{пр}}$	30	15	35	10	5	40	15	35	15	35	45
Доля легковых	50	100	20	50	100	20	50	100	80	70	100

Пропускную способность одного направления движения с второстепенной дороги, пересекающего или вливающегося в главный поток, можно определить по формуле 4.2:

$$P_i = N_{\text{гл}} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{\text{гл}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{\text{гл}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{\text{гл}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right), \quad (4.2)$$

где P_i – пропускная способность левого или правого поворота с второстепенной дороги;

$N_{\text{гл}}$ – интенсивность движения по главной дороге, авт./ч;

λ – $N_{\text{гл}}/3600$;

A, B, C – коэффициент, характеризующие различные части потока;

$\xi_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий количество медленно движущихся автомобилей в потоке (табл. 4.2);

$\xi_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий крутизну уклона и длину подъема (см. табл. 4.3);

$\Delta t_{\text{гл}}$ – граничный интервал, принимаемый водителем и определяемый по рис. 3 – для левого поворота при выезде на главную дорогу и по рис. 4 – для правого поворота при выезде на главную дорогу

δt – интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге определяют в зависимости от состава движения по табл. 4.3;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей; $\beta_1 = \varphi(A)$ определяют по графику (рис. 5), $\beta_2 = 3,5$ и $\beta_3 = 5,7$ (для двухполосных дорог).

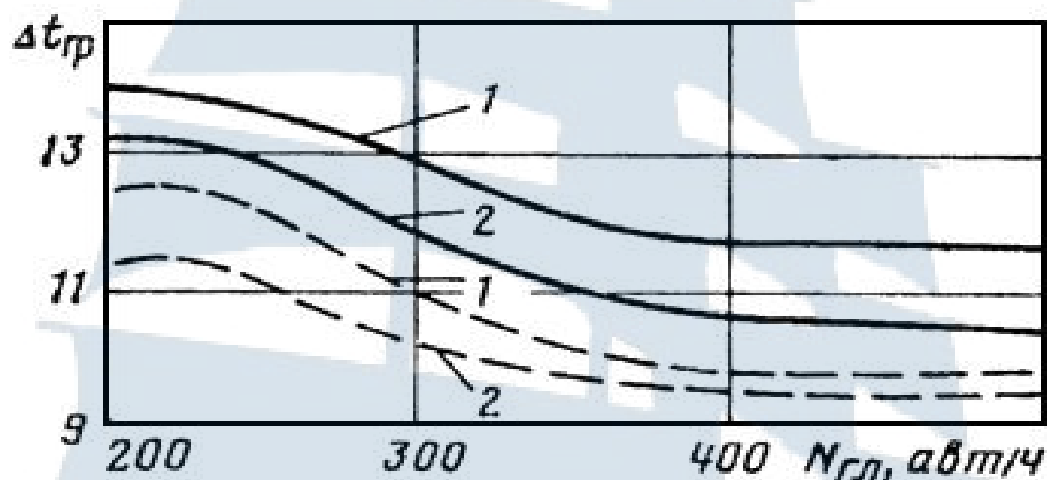


Рис. 3. Изменение граничного промежутка времени для левого поворота в зависимости от интенсивности движения по главной дороге:
1 – простое пересечение; 2 – канализованное пересечение; интенсивность движения по главной дороге $N_{гл} = 250-500$ авт./ч; интенсивность движения поворачивающих налево автомобилей $N_{гр} = 40-90$ авт./ч;
--- 85 % обеспеченности; — 50 % обеспеченности

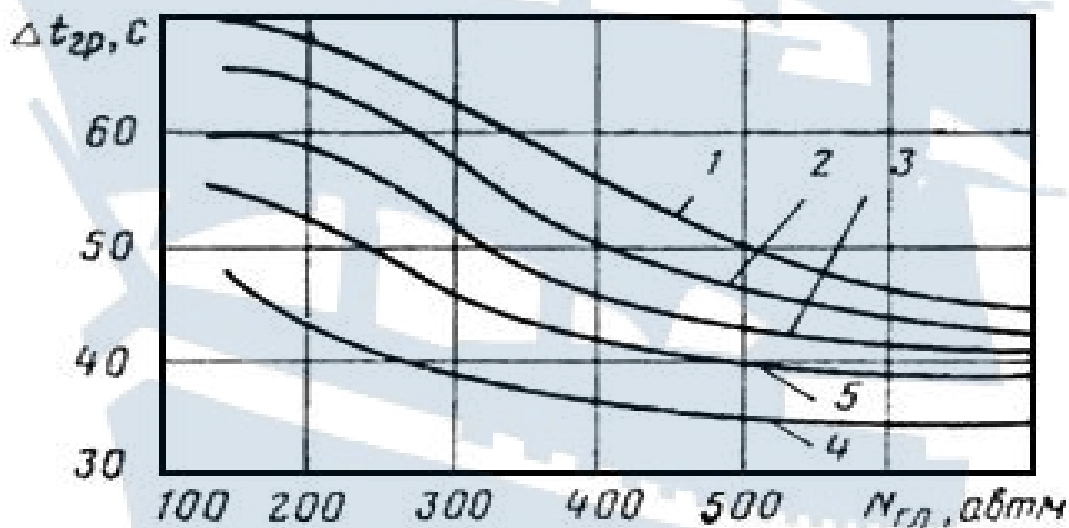


Рис. 4. Изменение граничного промежутка времени для правого поворота при различных радиусах съездов:
где 1 – $R = 10-12$ м; 2 – $R = 13-15$ м; 3 – $R = 16-24$ м;
4 – $R = 25-50$ м; 5 – $R > 50$ м

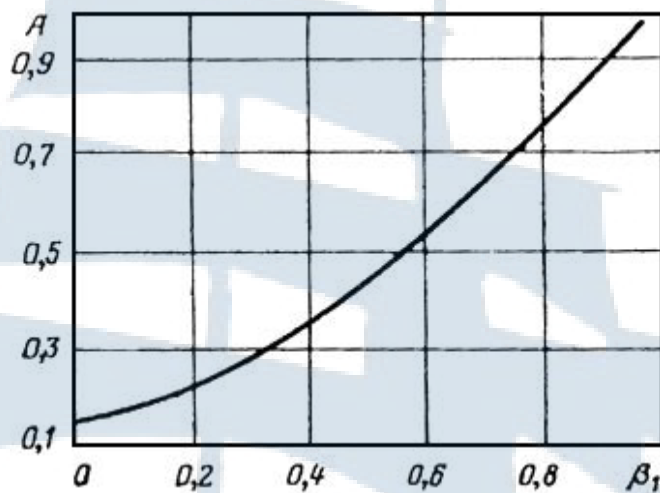


Рис. 5. Зависимость между коэффициентами A и β_1

Коэффициенты A , B , C определяются из соотношения:

$$A + B + C = 1, \quad (4.3)$$

где A – свободно движущиеся автомобили $A = \xi_m + \xi_n$ – для участков подъемов;

B – частично связанные;

C – связанная часть потока автомобилей;

Для населенных пунктов A определяют по рис. 6, а $B = f(A)$ по рис. 7.

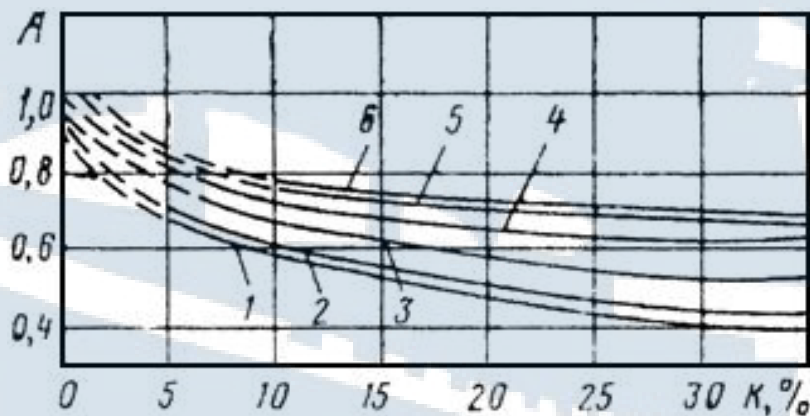


Рис. 6. Влияние населенного пункта на распределение интервалов в потоке в зависимости от состава движения, при расстоянии от населенного пункта:

1 – < 100 м; 2 – 200 м; 3 – 400 м; 4 – 600 м; 5 – 1 000 м; 6 – 1 500 м;
 k – доля медленно движущихся автомобилей в потоке

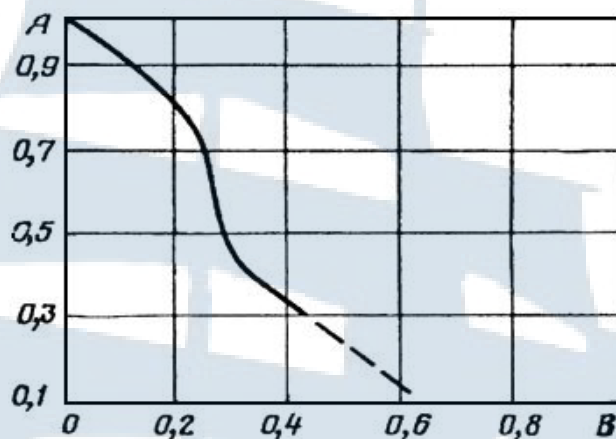


Рис. 7. Зависимость между коэффициентами A и B

Таблица 4.2

Рекомендуемые значения коэффициента ξ_m

К, %	ξ_m , при расстоянии от подъёма, м						
	≤ 100	500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000 и более
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,64	0,72	0,78	0,82	0,85	0,83	0,88
20	0,46	0,54	0,61	0,68	0,71	0,75	0,77
30	0,36	0,43	0,50	0,58	0,62	0,68	0,70
40	0,27	0,34	0,43	0,51	0,55	0,61	0,65

Примечание. К медленно движущимся относят автомобили, скорость которых на 10-15 км/ч меньше средней скорости для всего потока. Количество таких автомобилей определяют по материалам измерения скоростей на дороге.

Таблица 4.3

Рекомендуемые значения коэффициента ξ_n

Уклон, %	ξ_n , при длине подъёма, м				Уклон, %	ξ_n , при длине подъёма, м			
	50	100	200	300		50	100	200	300
< 20	0	0	0	0	60	0,05	0,10	0,17	0,30
30	0	0	0,02	0,04	70	0,09	0,12	0,19	0,34
40	0	0,02	0,05	0,12	80	0,11	0,15	0,24	0,42
50	0,02	0,06	0,11	0,19					

Таблица 4.4

**Интервал между выходами автомобилей из очереди
на второстепенной дороге в зависимости от состава потока**

Доля легковых автомобилей в потоке, %	0	20	50	100
$\delta t, c$	2,4	3,2	3,7	4,2

Для упрощения расчета все поворачивающие потоки на пересечении приводят к одному условному потоку. Ввиду того, что основным параметром, определяющим пропускную способность пересечения, является граничный промежуток времени, приведение его осуществляется путем сопоставления этого показателя для разных направлений. Значения коэффициентов приведения $\psi_{пр}$ при разных планировочных решениях даны в табл. 4.5.

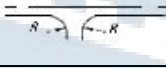
Интенсивность движения приведенного потока на второстепенной дороге:

$$N_{пр.вт} = N_{вт}(\psi_{пр.л}\eta_{л} + \psi_{пр.пп}\eta_{пп} + \psi_{пр.пр}\eta_{пр}) + \psi_{пр.л(пп)}P_{л}, \quad (4.4)$$

где $N_{вт}$ – интенсивность движения на второстепенной дороге рис. 8 и рис. 9.

Таблица 4.5

Рекомендуемые значения коэффициента $\psi_{пр}$

Тип пересечения	Схема планировки	Коэффициент приведения $\psi_{пр}$			
		Левый поворот с дороги		Прямое пересечение	Правый поворот
		главной	второстепенной		
Простое необорудованное пересечение, $R = 10$ м		1,1	1,1	1,0	0,62
Необорудованное пересечение; $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$		1,0	1,0	1,0	0,45
Разделительные направляющие островки на второстепенной дороге, правоповоротные съезды с переходными кривыми или коробовые кривые; главная дорога не оборудована		1,0	0,85	0,9	0,27

Тип пересечения	Схема планировки	Коэффициент приведения $\psi_{пр}$			
		Левый поворот с дороги		Прямое пересечение	Правый поворот
То же, переходно-скоростные полосы на главной дороге (не полное канализированное)		1,0	0,85	0,9	0,1
То же, разделение встречных потоков на главной дороге		0,9	0,65	0,7	0,1
То же, левоповоротные островки на главной дороге с переходно-скоростными полосами (канализированное пересечение)		0,60	0,65	0,7	0,1
То же, переходно-скоростные полосы для левого поворота на главной дороге		0,60	0,6	0,2	0,1

Предельное значение приведенной интенсивности движения, т. е. суммарная интенсивность на второстепенной дороге:

– для необорудованных пересечений:

$$N_{max} = \frac{N_{пр.вт} - \psi_{пр.л(пп)} N_{гл}}{\psi_{пр.л} \eta_l + \psi_{пр.пп} \eta_{пп} + \psi_{пр.пр} \eta_{пр}}, \quad (4.5)$$

– для канализированных пресечений:

$$N_{max} = \frac{N_{пр.вт} - \psi_{пр.л(пп)} P_l}{\psi_{пр.л} \eta_l + \psi_{пр.пп} \eta_{пп}} + P_n, \quad (4.6)$$

где $N_{вт}$, $N_{гл}$ – интенсивность движения на второстепенной и главной дороге;

$\psi_{пр}$ – коэффициент приведения;

η – доля поворачивающего движения;

P_n – пропускная способность правого поворота с второстепенной дороги, определяемая по формуле (4.2), при значении по рис. 6;

N_{max} – пропускная способность пересечения в одном уровне.

На основе номограмм (рис. 8, 9) определяют предельные интенсивности движения для некоторых типов пересечений в одном уровне.

При выборе планировки пересечения в одном уровне необходимо обеспечивать такой же уровень обслуживания движения, как и на всей дороге. Величины предельных загрузок движением пересечений приведены в табл. 4.6.

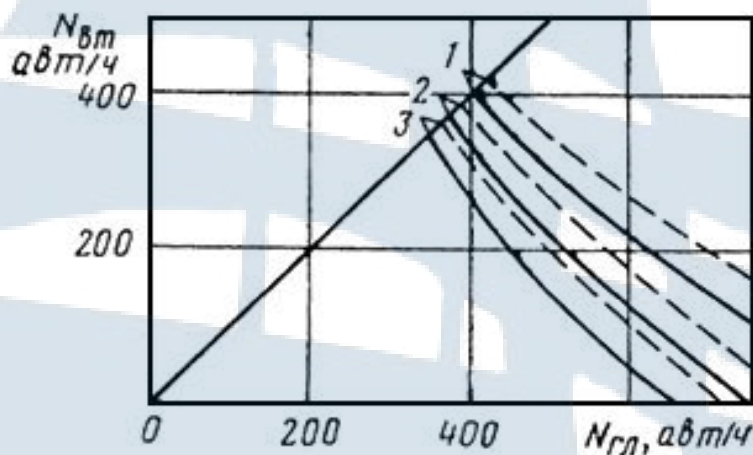


Рис. 8. Номограмма для определения пропускной способности нерегулируемых пересечений в одном уровне:
1 – теоретическая; 2 – максимальная практическая;
3 – практическая; — — — — — необорудованные пересечения;
————— — канализированные

Планировку пересечений в одном уровне с учетом обеспечения наименьшей загрузки основной дороги следует принимать с учетом рекомендаций рис. 9.

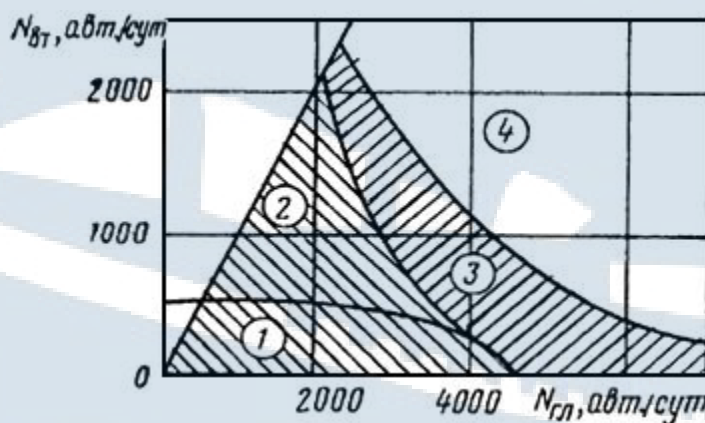


Рис. 9. Номограмма для определения практической пропускной способности пересечений в одном уровне:
1 – простое пересечение; 2 – направляющие островки на второстепенной дороге; 3 – направляющие островки на обеих дорогах с разметкой проезжей части; 4 – пересечение в разных уровнях

Таблица 4.6

Величины предельных загрузок движением пересечений

Уровень обслуживания движения на главной дороге	Коэффициент загрузки	Загрузка второстепенной дороги	
		предельно допустимая	оптимальная
A	< 0,2	0,11 P _{гл}	0,09 P _{гл}
B	0,2-0,45	0,22 P _{гл}	0,17 P _{гл}
C	0,45-0,7	0,37 P _{гл}	0,28 P _{гл}
D	0,7-1,0	0,56 P _{гл}	0,42 P _{гл}

Примечание. Практическая пропускная способность главной дороги в рассматриваемых дорожных условиях.

Решение задачи: хх вариант

$$P_{л.п.} = N_{гл} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right) =$$

$$= 580 \left(0,65 \frac{2,7^{-0,6 \cdot 0,16 \cdot 10}}{1 - 2,7^{-0,6 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} + 0,1 \frac{2,7^{-3,5 \cdot 0,16 \cdot 10}}{1 - 2,7^{-3,5 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} + 0,25 \frac{2,7^{-5,7 \cdot 0,16 \cdot 10}}{1 - 2,7^{-5,7 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} \right) = 493.$$

$$A = \xi_m + \xi_n = 0,65 + 0 = 0,65.$$

$$\lambda = N_{гл}/3600 = 580/3600 = 0,16.$$

$$P_{п.п.} = N_{гл} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{гл}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right) =$$

$$= 580 \left(0,65 \frac{2,7^{-0,6 \cdot 0,16 \cdot 42}}{1 - 2,7^{-0,6 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} + 0,1 \frac{2,7^{-3,5 \cdot 0,16 \cdot 42}}{1 - 2,7^{-3,5 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} + 0,25 \frac{2,7^{-5,7 \cdot 0,16 \cdot 42}}{1 - 2,7^{-5,7 \cdot 0,16 \cdot 3,6}} \right) = 10.$$

Для дальнейшего решения задачи мы выбираем канализированное пересечение:

$$\begin{aligned} N_{\text{пр.вт}} &= N_{\text{вт}}(\psi_{\text{пр.л}}\eta_{\text{л}} + \psi_{\text{пр.пп}}\eta_{\text{пп}} + \psi_{\text{пр.пр}}\eta_{\text{пр}}) + \psi_{\text{пр.л}}N_{\text{гл}} = \\ &= 240(0,65 \cdot 0,15 + 0,7 \cdot 0,4 + 0,1 \cdot 0,45) + 0,6 \cdot 580 = 450. \end{aligned}$$

Предельное значение приведенной интенсивности движения, т. е. суммарная интенсивность на второстепенной дороге:

– для канализированных пресечений:

$$N_{\text{max}} = \frac{N_{\text{пр.вт}} - \psi_{\text{пр.л(пп)}}N_{\text{гл}}}{\psi_{\text{пр.л}}\eta_{\text{л}} + \psi_{\text{пр.пп}}\eta_{\text{пп}}} + P_n = \frac{450 - 0,6 \cdot 580}{0,65 \cdot 0,15 + 0,1 \cdot 0,4} + 10 = 741.$$

$$z = \frac{N_{\text{пр.вт}}}{N_{\text{max}}} = \frac{450}{741} = 0,6.$$

Вывод: уровень обслуживания движения на главной дороге соответствует уровню С, табл. 4.6.

Практическая работа № 5

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Цель: приобрести навык принятия проектных решений по организации пересечений на разных уровнях на основании оценки уровня удобства обслуживания и уровня загрузки перекрестка.

Задание. Оценить уровень обслуживания пересечения в одном уровне и обосновать его планировочное решение. Для этого определить пропускную способность съездов и уровень их загрузки. Выбираются исходные данные в соответствии с номером в списке группы по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные для расчёта правоповоротного съезда

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Интенсивность движения на главной дороге по внешней полосе	240	280	320	360	410	450	500	550	620	680	720
Радиус съезда	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	550
Продольный уклон	70	70	70	40	50	30	60	60	60	50	50
Длина подъёма	200	500	800	200	500	800	200	500	800	200	800
Расстояние видимости	50	70	80	100	120	140	150	160	180	190	200
Состав потока: – легковой %; – грузовой %	10 15	20 15	50 15	60 30	70 10	10 2	20 2	50 2	60 2	70 2	10 10
Расстояние между развязками	200	400	600	800	1000	600	120	400	600	200	400
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Интенсивность движения на главной дороге по внешней полосе	780	820	870	920	960	1 100	1 300	1 500	1 200	1 000	1 700
Радиус съезда	600	650	570	590	650	670	700	750	550	650	800
Продольный уклон	40	40	40	30	30	30	20	20	30	40	20
Длина подъёма	200	500	800	200	500	800	200	500	400	300	800
Расстояние видимости	210	250	260	280	290	300	310	320	270	240	350
Состав потока: – легковой %; – грузовой %	20 10	50 10	60 10	70 10	10 5	20 5	50 5	60 5	50 10	60 5	70 5
Расстояние между развязками	1000	800	400	600	1200	400	600	200	400	600	800

На многополосных дорогах основным считается поток автомобилей на правой внешней полосе. Интенсивность движения в местах слияния следует определять, учитывая следующие факторы: распределение интенсивности движения по съездам в соответствии с программой, распределение интенсивности движения по полосам проезжей части многополосной дороги. Для четырехполосных автомагистралей это распределение следует из табл. 5.2.

Таблица 5.2

Распределение интенсивности по полосам движения

Общая интенсивность движения в одном направлении, авт./ч	200	400	600	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 500
Интенсивность по внешней правой полосе, авт./ч	180	310	410	510	600	700	800	900	1 000	1 010	1 190

Пропускная способность пересечений в разных уровнях определяется пропускной способностью съездов. Основными факторами, влияющими на пропускную способность съездов транспортных развязок, являются: возможность вливания автомобилей в основной поток при выходе со съезда и размеры геометрических элементов съезда. Пропускную способность съездов, имеющих различные планировочные решения участков слияния, оценивают по табл. 5.3, составленной для случая, когда количество тяжелых автомобилей в транспортном потоке не превышает 10-15 %.

Назначая уровень обслуживания движения на пересечениях, следует учитывать, что с ростом интенсивности на съезде и приближении ее к пропускной способности съезда условия движения на главной дороге и пересечении ухудшаются (табл. 5.4).

Увеличения пропускной способности участников примыкания съездов можно достигнуть, применяя переходно-скоростные полосы или выделяя отдельные полосы на главной дороге.

Пропускная способность съездов пересечений в разных уровнях, выходные участки которых имеют зоны слияния потоков автомобилей, определяется в следующей последовательности:

– устанавливают по формуле 5.1 максимальную интенсивность движения на съезде $N_{max}^{(c)}$ из условий возможности влияния в основной поток интенсивностью N_0 ;

Таблица 5.3

Расчётные значения пропускной способности съездов

Уровень обслуживания на главной дороге	Интенсивность движения на правой полосе главной дороги, авт/ч	Пропускная способность съезда, авт/ч	
		при наличии переходно-скоростной полосы	без переходно-скоростной полосы
<i>A</i>	100	900	850
	300	850	650
<i>B</i>	500	800	500
	700	750	450
<i>C, D</i>	900	700	350
<i>E, F</i>	1000	600	250

За исключением петлевых левоповоротных съездов развязок полный «клеверный лист».

Таблица 5.4

Характеристика уровней обслуживания на пересечениях

Уровень обслуживания движения на съезде	<i>z</i>	Скорость на правой полосе четырехполосной автомагистрали в зоне съезда, % от скорости вне пересечения	
		съезды с переходно-скоростными полосами	съезды без переходно-скоростных съездов
<i>A</i>	<0,2	90-100	80-90
<i>B</i>	0,2-0,45	85-90	60-70
<i>C</i>	0,45-0,7	70-80	40-50*
<i>D</i>	0,7-1,0	45-55	30-40**
<i>E, F</i>	1,0	35-40	15-25***

Примечания

* Наблюдается остановка отдельных автомобилей на внешней полосе, обгоны затруднены.

** Наблюдаются кратковременные заторы на внешней полосе и остановки отдельных автомобилей на внутренней полосе.

*** Наблюдаются заторы на обеих полосах движения.

Промежуточные значения определяются интерполяцией.

$$N_c = N_o \left(A \frac{e^{-\beta_1 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_1 m \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_2 m \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_3 m \delta t}} \right), \quad (5.1)$$

где N_o – интенсивность движения на основной полосе дороги и переходно-скоростной полосе, авт/ч;

$A, B, C, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты, определяющие состояние потока на основной полосе дороги;

m – параметр, равный $N_0/3600$;

$\Delta t_{гр}$ – граничный интервал времени при вливании, с. Граничный промежуток $\Delta t_{гр}$, при вливании определяют по графикам (рис. 10 и рис. 11);

δt – интервал времени между автом обилиями, вливающимися со съезда в транспортный поток на основной полосе дороги, с;

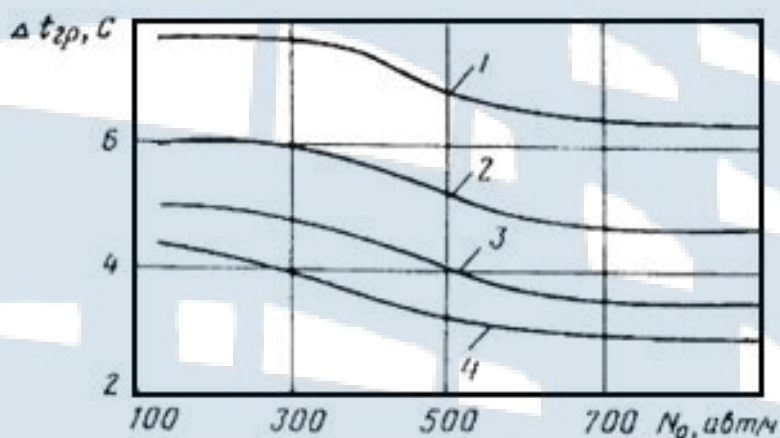


Рис. 10. Зависимость граничного интервала времени от интенсивности движения по основной полосе:

- 1 – вливание после остановки, 85 % обеспеченности; 2 – то же, 50 %;
- 3 – скорость вливающихся автомобилей 25-35 км/ч, 85 % обеспеченности;
- 4 – вливание с полосы ускорения, 85 % обеспеченности

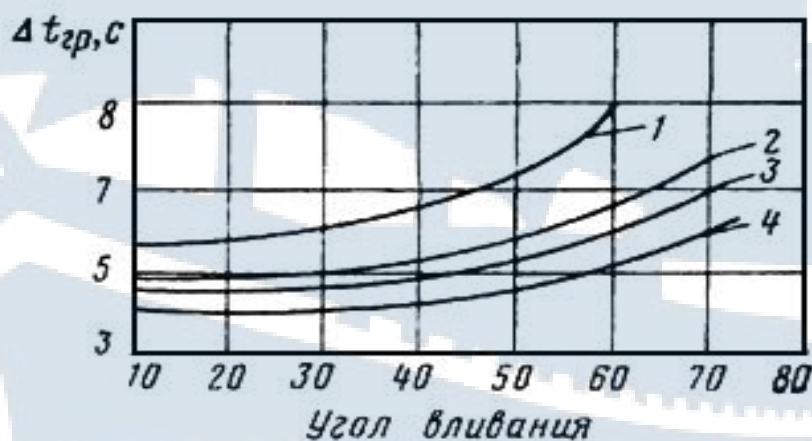


Рис. 11. Влияние угла вливания на граничный промежуток времени:

- 1 – вливание в основной поток после предварительной остановки, 150 авт/ч; 2 – то же, без остановки, 150 авт/ч; 3 – то же, 300 авт/ч;
- 4 – то же, 450 авт/ч

Для левополосных съездов пересечений типа полный «клеверный лист», не имеющих переходно-скоростных полос, коэффициент определяют в зависимости от интенсивности движения на смежном левоповоротном съезде, по которому движутся автомобили, уходящие с главной дороги (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Рекомендуемые значения коэффициента A

Интенсивность движения, авт/ч	Коэффициент A при наличии на основной полосе тяжёлых автомобилей, %			
	10-15	15-20	20-25	25-30
100	0,70	0,37	0,62	0,60
150	0,63	0,59	0,55	0,52
200	0,59	0,55	0,48	0,45
250	0,57	0,51	0,45	0,40
>300	0,53	0,48	0,42	0,38

В табл. 5.6 приведены данные о размере коэффициента A для следующих случаев: левоповоротные съезды пересечений всех типов, за исключением пересечений типа полный «клеверный лист»; правоповоротные съезды пересечений всех типов.

Таблица 5.6

Рекомендуемые значения коэффициента A^*

Расстояние от предыдущего съезда, м	Коэффициент A^* при		Расстояние от предыдущего съезда, м	Коэффициент A^* при	
	отсутствии переходно-скоростных полос	наличии переходно-скоростных полос		отсутствии переходно-скоростных полос	наличии переходно-скоростных полос
200	0,57-0,63	0,77-0,88	800	0,93-0,91	0,90-0,96
400	0,63-0,70	0,82-0,92	1 000	0,87-0,92	0,90-0,96
600	0,72-0,82	0,87-0,96	1 200	0,88-0,93	0,90-0,96

Примечание. Меньшее значение коэффициента соответствует присутствию в потоке на основной полосе 20-25 % тяжелых автомобилей, большее – 10-15 %.

Для левоповоротных съездов переходно-скоростные полосы, коэффициент A^* принимают равным в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Значения коэффициента A^* для левоповоротных полос

Тяжелые автомобили в основном потоке, %	10-15	15-20	20-25	30-35
A^*	0,60	0,58	0,55	0,48

Другие коэффициенты и параметры, входящие в формулу (5.1), определяют: коэффициент B – по графику рис. 12; коэффициент $C = 1 - (A + B)$; β_1 – по графику рис. 13; $\beta_2 = 1,8$; $\beta_3 = 3,0$; δt принимают равной 3,2 с, когда легковых автомобилей в потоке на съезде более 50 %, и 3,6 с, если их менее 50 %.

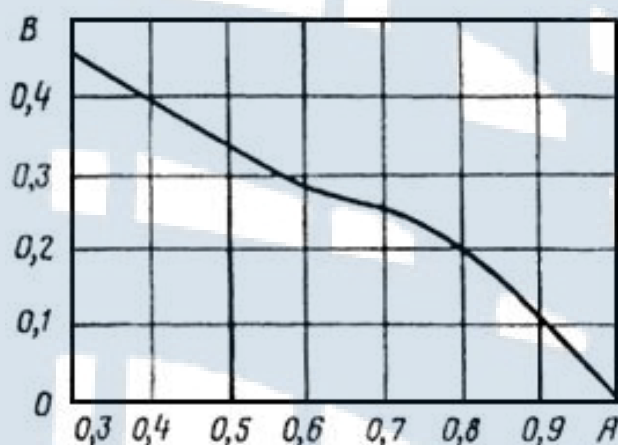


Рис. 12. Зависимость между коэффициентами A и B для дорог с четырьмя полосами движения

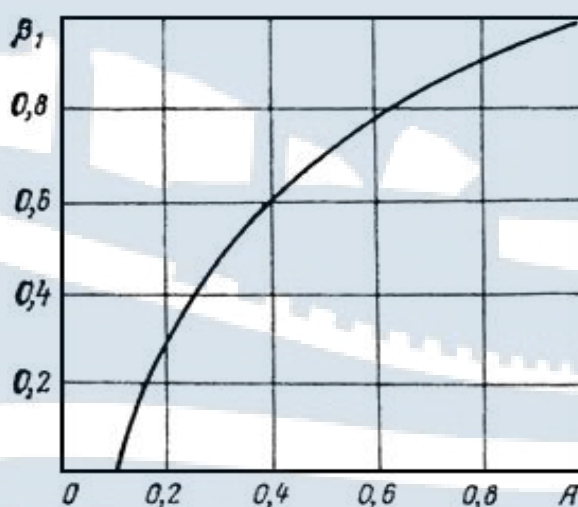


Рис. 13. Зависимость коэффициента β_1 от коэффициента A

Для оценки пропускной способности петель левоповоротных съездов пересечений типа полный «клеверный лист» из условий возможности вливания используют график (рис. 14).

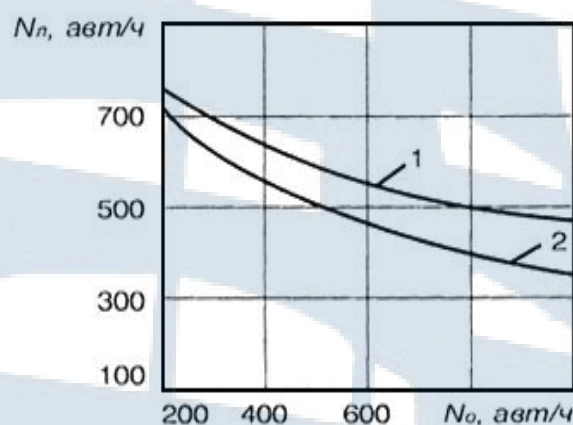


Рис. 14. Пропускная способность петель левоповоротных съездов пересечения «клеверный лист»:

- 1 – теоретическая пропускная способность, $A = 1$;
2 – практическая пропускная способность, $A = 0,4$.

Устанавливают пропускную способность съездов P_c по формуле (5.2), используя соответствующие планировке съезда размеры частных коэффициентов, учитывая влияние геометрических элементов съезда и состава потока автомобилей на съезде. При этом в формуле (5.2) за P_{max} принимают значение, рекомендуемое в табл. 5.2.

Пропускная способность съездов, выходные участки которых не являются зонами слияния потоков, а представляют собой участки перехода к дополнительной полосе проезжей части главной дороги, определяется как пропускная способность одной полосы движения с учетом значений четных коэффициентов снижения пропускной способности согласно формуле 5.2.

$$P_n = k\beta_1\beta_2(1700 + 66,6b - 9,54p - 6,84i), \quad (5.2)$$

где k – коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей:

$$k = \frac{1}{\sum \psi_{cj} \cdot n_j}, \quad (5.3)$$

β_1 – коэффициент, учитывающий радиус кривой в плане;

β_2 – коэффициент, учитывающий влияние пересечений в разных уровнях (см. табл. 2.2);

b – ширина полосы, м ($b = 3-3,75$ м);

p – количество грузовых автомобилей, % ($p < 30$ %);

i – продольный уклон, % ($0 < i < 40$);

ψ_{cj} – коэффициент приведения к легковому автомобилю отдельных типов транспортных средств;

n_j – количество транспортных средств различных типов, в долях единицы.

Коэффициент β_1 в формуле (5.3) следует учитывать только при определении пропускной способности левой полосы на кривой. Его рекомендуется принимать равным 0,85, если радиус кривой в плане менее 1 000 м, и 1 – при радиусе более 1 000 м.

Определяя пропускную способность полосы в соответствии с формулой (5.3) и используя коэффициенты ψ_{cj} и n_j , необходимо учитывать особенности распределения автомобилей разного типа по полосам. При интенсивности для одной полосы четырехполосной автомагистрали сравнивают N_{max} и P_c .

Если P_c оказалось больше $N_{max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают $N_{max}^{(c)}$. Когда P_c меньше $N_{max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают P_c , так как в этих случаях пропускная способность съезда ограничивается не участком слияния потоков, а участками с кривыми, подъемами и т. д.

Пропускную способность пересечения в целом определяют как сумму пропускных способностей отдельных съездов.

В табл. 5.8 приведены характеристики условий движения на съездах пересечений в разных уровнях, при разных уровнях обслуживания движения на съезде.

Решение задачи: хх вариант

$$P_c = N_0 \left(A \frac{e^{-\beta_1 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_1 m \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_2 m \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 m \Delta t_{rp}}}{1 - e^{-\beta_3 m \delta t}} \right) =$$
$$= 850 \left(0,42 \frac{2,7^{-0,65 \cdot 0,24 \cdot 3}}{1 - 2,7^{-0,65 \cdot 0,24 \cdot 3,6}} + 0,37 \frac{2,7^{-1,8 \cdot 0,24 \cdot 3}}{1 - 2,7^{-1,8 \cdot 0,24 \cdot 3,6}} + 0,21 \frac{2,7^{-3 \cdot 0,24 \cdot 3}}{1 - 2,7^{-3 \cdot 0,24 \cdot 3,6}} \right) = 654.$$
$$A + B + C = 1.$$

$$C = 1 - (0,42 + 0,37) = 0,21.$$

$$m = N_0/3600 = 850/3600 = 0,24.$$

$$P_{\text{л}} = \kappa \beta_1 \beta_2 (1700 + 66,6b - 9,54p - 6,84i) = \\ = 0,76 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot (1700 + 66,6 \cdot 3,75 - 9,54 \cdot 15 - 6,94 \cdot 20) = 880.$$

$$k = \frac{1}{\sum \psi_{cj} n_j} = \frac{1}{0,7 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 2} = 0,76.$$

$$z = \frac{N_{\text{л}}}{N_{\text{max}}} = \frac{741}{880} = 0,85.$$

Условия движения на съезде относятся к уровню обслуживания. *D* – большая часть съезда заполнена автомобилями, поток движется с остановками, возникают заторы, выход автомобиля со съезда сходу невозможен.

Таблица 5.8

Характеристика условий движения на съездах пересечений в разных уровнях

Уровень обслуживания движения на съезде	z_c	Характеристика движения потока автомобилей на съезде	Состояние потока автомобилей на съезде	Удобство работы водителя на выходе со съезда
<i>A</i>	0,2	Движение автомобилей по съезду свободное. Задержек автомобилей при выходе со съезда нет	свободное	удобно
<i>B</i>	0,2-0,45	Автомобили движутся по съезду группами (2-3 автомобиля). Свободный выход со съезда при наличии переходно-скоростной полосы, без переходно-скоростной полосы – затруднен	частично связанное	малоудобно
<i>C</i>	0,45-0,7	На съезде постоянно находится группа автомобилей. Интервалы между автомобилями незначительны. Выход со съезда сходу возможен только при наличии переходно-скоростной полосы	связанное	неудобно
<i>D</i>	0,7-1,0	Большая часть съезда заполнена автомобилями. Поток движется с остановками, возникают заторы. Выход автомобиля со съезда сходу невозможен	плотное насыщенное	очень неудобно
<i>E, F</i>	1,0	Весь съезд заполнен автомобилями, очередь автомобилей выходит на второстепенную дорогу. Затор. Возможен выход со съезда одиночных автомобилей	то же	то же

Практическая работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Цель: определение пропускной способности полосы движения с использованием упрощенных динамических моделей ТП.

Задание № 6.1

Определить теоретическую пропускную способность полосы движения для легкового ТП тремя способами. Расчёт произвести при следующем допущении: автомобиль-лидер считать новым, а ведомый автомобиль – автомобилем в эксплуатации.

Таблица 6.1

Исходные данные для задачи 6.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина автомобиля	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	4,4	3,4
Скорость движения, км/ч	65	70	75	80	85	90	55	60	95	100	55
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Длина автомобиля	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,2	4,7	4,8	3,5	4,5	4,9
Скорость движения, км/ч	60	67	68	70	77	78	65	85	65	90	45

Задание № 6.2

Определить пропускную способность тремя способами для легкового ТП на сухом асфальтобетонном покрытии при скорости, км/ч и следующих параметрах: t_p , с; t_2 , с; t_3 , с; l_a , м; l_o , м; $K_э$, $K_{э2}$ – данные табл. 6.2. Как изменится пропускная способность полосы движения для тех же условий, но при мокром покрытии (t_3)?

Таблица 6.2

Исходные данные для задачи 6.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина автомобиля, м	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	4,4	3,4
Скорость движения, км/ч	65	70	75	80	85	90	55	60	95	100	55
Время реакции водителя, с	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,6	0,65	0,95	1	0,6
Время запаздывания тормозного привода, с	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3	0,35	0,2	0,35	0,4	0,4	0,2
Время нарастания замедления, с	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,15	0,5	0,55	0,6	0,2
Зазор безопасности, м	1	1	1	2	2	2	1	3	3	3	1

Окончание табл. 6.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведущего автомобиля	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведомого автомобиля	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3
Тип покрытия	щебеночное	цементобетонное	асфальтобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное	цементобетонное	гравийное	цементобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное	щебеночное
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Длина автомобиля, м	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,2	4,7	4,8	4,0	3,8	4,9
Скорость движения, км/ч	60	67	68	70	77	78	65	85	60	70	45
Время реакции водителя, с	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,6	0,65	0,95	0,75	0,8	1
Время запаздывания тормозного привода, с	0,25	0,2	0,25	0,3	0,35	0,2	0,35	0,4	0,25	0,35	0,4
Время нарастания замедления, с	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,15	0,5	0,55	0,5	0,4	0,6
Зазор безопасности, м	1	1	2	2	2	1	3	3	2	3	3
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведущего автомобиля	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведомого автомобиля	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2
Тип покрытия	цементобетонное	асфальтобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное	цементобетонное	гравийное	цементобетонное	цементобетонное	щебеночное	гравийное	асфальтобетонное

Задание № 6.3

Какова должна быть скорость (в км/ч) легкового ТП на сухом асфальтобетоне, чтобы динамический габарит считался приемлемым? Известны по табл. 6.3 следующие параметры: t_p , с; t_2 , с; t_3 , с; l_a , м; l_o , м; K_3 , K_{32} .

Таблица 6.3

Исходные данные для задачи 6.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина автомобиля, м	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,2	4,7	4,8	4,9	4,1
Динамический габарит, м	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	29
Время реакции водителя, с	0,85	0,9	0,6	0,65	0,95	1	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85
Время запаздывания тормозного привода, с	0,3	0,35	0,2	0,35	0,4	0,4	0,2	0,25	0,2	0,25	0,3
Время нарастания замедления, с	0,4	0,45	0,15	0,5	0,55	0,6	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Зазор безопасности, м	2	2	1	3	3	3	1	1	1	2	2
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведущего автомобиля	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведомого автомобиля	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
Тип покрытия	асфальтобетонное	щебеночное	асфальтобетонное	цементобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное	гравийное	цементобетонное	цементобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Длина автомобиля, м	4,3	4,5	4,6	4,8	4,4	3,7	3,8	3,9	4		
Динамический габарит, м	26	23	27	28	30	29	26	28	29		
Время реакции водителя, с	0,9	0,6	0,65	0,95	1	0,6	0,7	0,75	0,8		

Окончание табл. 6.3

Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Время запаздывания тормозного привода, с	0,35	0,2	0,35	0,4	0,4	0,2	0,25	0,2	0,25		
Время нарастания замедления, с	0,45	0,15	0,5	0,55	0,6	0,2	0,25	0,3	0,35		
Зазор безопасности, м	2	1	3	3	3	1	1	1	2		
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведущего автомобиля	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3		
Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов ведомого автомобиля	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2		
Тип покрытия	щебеночное	асфальтобетонное	цементобетонное	цементобетонное	асфальтобетонное	гравийное	цементобетонное	цементобетонное	цементобетонное		

Методика выполнения

Состав транспортного потока (ТП) характеризуется соотношением в нём автотранспортных средств (АТС) различного типа. Этот показатель оказывает значительное влияние на все параметры дорожного движения. Вместе с тем состав ТП в значительной степени отражает общий состав парка АТС в данном регионе. Состав ТП влияет на загрузку дорог, что объясняется прежде всего существенной разницей в габаритных размерах автомобилей: длина легковых автомобилей в среднем 4-5,5 м; грузовых автомобилей – 6-8 м; автобусов – 11-16,5 м; автопоездов – около 24 м. Однако при движении в ТП важна разница не только в статическом, но и в динамическом габарите автомобиля, который зависит в основном от времени реакции водителя и тормозных качеств АТС. Под динамическим габаритом L_d подразумевается участок дороги, минимально необходимый для безопасного движения в ТП с заданной (желаемой) скоростью автомобиля, длина которого включает длину автомобиля l_a и дистанцию d , называемую *дистанцией без-*

опасности. Существуют три различных подхода к расчётному определению динамического габарита автомобиля.

При расчёте минимальной теоретической дистанции исходят из абсолютно равных тормозных свойств АТС и учитывают только время реакции водителя ведомого автомобиля. Тогда:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + l_o, \quad (6.1)$$

где V_a – скорость автомобиля, м/с;

t_p – время реакции водителя ведомого автомобиля, с;

l_o – зазор до остановившегося впереди автомобиля (для легковых автомобилей $l_o = 1-3$ м), м.

В этом случае возможная интенсивность ТП увеличивается по мере увеличения скорости. Однако это не соответствует реальным характеристикам и приводит к завышению возможной интенсивности потока. Здесь главную роль играет значительное увеличение t_p при высоких скоростях.

При расчёте на «полную безопасность» исходят из того, что дистанция d должна быть равна полному остановочному пути заднего (второго) автомобиля S_{o2} .

Тогда:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + \frac{V_a^2}{2 \cdot j_a} + l_o, \quad (6.2)$$

где j_a – установившееся максимальное замедление автомобиля, м/с².

В этой формуле не выделен отрезок, проходимый за время нарастания замедления, а учитывается только установившееся замедление j_a . В этом случае интенсивность имеет предел при определенном значении скорости V_a (скорость ТП). Такой подход больше соответствует требованиям обеспечения безопасности движения при высоких скоростях.

Наиболее реальный подход основан на той предпосылке, что при расчёте d надо учитывать разницу тормозных путей (или замедлений) автомобилей, и то обстоятельство, что лидер в процессе торможения также перемещается на расстояние, равное своему тормозному пути:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + \frac{V_a^2}{2} \left(\frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right) + l_o, \quad (6.3)$$

где j_1, j_2 – установившиеся замедления соответственно ведущего и ведомого автомобилей, м/с.

Тормозные качества как однотипных, так и АТС различных типов в эксплуатации существенно отличаются. Кроме того, фактический динамический габарит автомобиля зависит также от обзорности, лёгкости управления, маневренности АТС. При колонном движении легковых автомобилей каждый водитель благодаря большой поверхности остекления, а также небольшим габаритам впереди идущих автомобилей может достаточно хорошо видеть и прогнозировать обстановку впереди нескольких автомобилей. В то же время, если перед легковым автомобилем движется грузовой автомобиль или автобус, то водитель лишён возможности оценивать и прогнозировать обстановку впереди этого АТС и его действия по управлению становятся менее уверенными. В этом случае резко возрастает опасность при обгоне, а также в случае экстренной остановки автомобилей, движущихся в плотной колонне. Особое влияние на формирование ТП в городе оказывают троллейбусы, которые, кроме больших габаритов, имеют связь с контактной линией, что затрудняет им маневрирование.

При расчёте динамического габарита по 2-му и 3-му методу необходимо знать установившееся замедление j_a , зависящее от тормозных качеств АТС. Как известно, эти качества как у однотипных, так и разнотипных АТС существенно отличаются. Поэтому стандартами на техническое состояние АТС регламентируются требования к эффективности торможения и, в частности, требования к установившемуся замедлению (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Значения установившегося замедления

Тип транспортного средства	Установившееся замедление, j_a , м/с
Легковые автомобили	7,2/5,2
Автобусы полной массой свыше 5 т	6,0/4,5
Грузовые автомобили полной массой до 12 т	5,0/4,0
Автопоезда полной массой свыше 12 т	5,0/4,0

Примечание. Первая цифра – нормативы для новых автомобилей; вторая цифра – для автомобилей в эксплуатации.

Однако нормативы не учитывают условия движения. Поэтому замедление можно найти по формуле:

$$j_a = \frac{\phi_x \cdot g}{K_9}, \quad (6.4)$$

где ϕ_x – коэффициент продольного сцепления шин с дорогой;

K_3 – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов (табл. 6.5).

Коэффициент K_3 обычно принимается для легковых АТС 1,2-1,3; для грузовых АТС 1,3-1,4; для автобусов 1,25-1,35.

При расчёте L_d по второму и третьему методу не учитывается отрезок, проходимый за время нарастания замедления. Для компенсации этого, вместо времени реакции водителя t_p в формулах используется время, необходимое для начала полного торможения $T_{нт}$:

$$T_{нт} = t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3, \quad (6.5)$$

где t_2 – время запаздывания тормозного привода, с;

t_3 – время нарастания замедления, с.

Таблица 6.5

Значения коэффициента сцепления

Покрытия	φ_x
Асфальтобетонное и цементобетонное	0,7-0,8/0,4-0,5
Щебеночное, обработанное вяжущими веществами	0,85/0,6
Щебеночное и гравийное	0,6-0,7/0,3-0,4
Грунтовое улучшенное	0,5-0,6/0,3-0,4
Уплотненный снег	0,2-0,3/0,15
Обледененное во время гололедицы	0,1-0,15/0,1-0,15

Примечание. Первое число – для сухого покрытия, второе – для мокрого покрытия.

Время реакции t_p зависит от водителя и сложности дорожной обстановки (от вероятности возникновения опасной ситуации). Обычно принимают $t_p = 0,6-1,0$ с.

Время t_2 зависит от типа и конструкции тормозного привода (системы). Обычно принимают $t_2 = 0,2-0,4$ с.

Время t_3 зависит от дорожных условий. Обычно принимают $t_3 = 0,15-0,6$ с.

Зазор безопасности l_0 для легковых автомобилей принимают $l_0 = 1-3$ м; для грузовых автомобилей и автобусов $l_0 = 3-4$ м.

При расчёте пропускной способности полосы дороги на практике используют упрощённую динамическую модель на основе динамического габарита автомобиля:

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d}. \quad (6.6)$$

В формуле (6.6) скорость АТС имеет размерность км/ч, динамический габарит в метрах.

Решение задачи: хх вариант

Задача 6.1

Первый способ:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + l_0 = 4,9 + 45 \cdot 1000/3600 \cdot 1 + 3 = 20,4, \text{ м.}$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{20,4} = 612, \text{ ед.}$$

Второй способ:

$$L_d = l_a + V_a \cdot p_a + \frac{V_a^2}{2j_a} + l_0 = 4,9 + 12,5 \cdot 1 + \frac{12,5^2}{2 \cdot 7,2} + 3 = 31, \text{ м.}$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{31} = 403, \text{ ед.}$$

Третий способ:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + \frac{V_a^2}{2} \left(\frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right) + l_0 =$$

$$= 4,9 + 12,5 \cdot 1 + \frac{12,5^2}{2} \left(\frac{1}{5,2} - \frac{1}{7,2} \right) + 3 = 24,5, \text{ м.}$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{24,5} = 510, \text{ ед.}$$

Задача 6.2

Первый способ:

$$L_d = l_a + V_a \cdot t_p + l_0 = 4,9 + 45 \cdot 1000/3600 \cdot 1 + 3 = 20,4, \text{ м.}$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{20,4} = 612, \text{ ед.}$$

Второй способ:

На сухом покрытии

$$L_d = l_a + V_a \cdot (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) + \frac{V_a^2}{2j_a} + l_o =$$
$$= 4,9 + 12,5 \cdot (1 + 0,4 + 0,5 \cdot 0,6) + \frac{12,5^2}{2 \cdot 6,5} + 3 = 41,1, \text{ м.}$$

$$j_a = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_3} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,2} = 6,5, \text{ м/с}^2.$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{41,1} = 304, \text{ ед.}$$

На мокром покрытии

$$L_d = l_a + V_a \cdot (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) + \frac{V_a^2}{2j_a} + l_o =$$
$$= 4,9 + 12,5 \cdot (1 + 0,4 + 0,5 \cdot 0,6) + \frac{12,5^2}{2 \cdot 4} + 3 = 48,7, \text{ м.}$$

$$j_a = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_3} = \frac{0,5 \cdot 9,8}{1,2} = 4 \text{ м/с}^2.$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{48,7} = 256, \text{ ед.}$$

На мокром покрытии пропускная способность уменьшилась на $304 - 256 = 49, \text{ ед.}$

Третий способ:

На сухой дороге

$$L_d = l_a + V_a \cdot (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) + \frac{V_a^2}{2} \left(\frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right) + l_o =$$
$$= 4,9 + 12,5 \cdot (1 + 0,4 + 0,5 \cdot 0,6) + \frac{12,5^2}{2} \left(\frac{1}{6,5} - \frac{1}{6,5} \right) + 3 = 29,1, \text{ м.}$$

$$j_{a1} = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_9} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,2} = 6,5, \text{ м/с}^2,$$

$$j_{a2} = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_9} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,2} = 6,5, \text{ м/с}^2.$$

$$P_n = 1000 \cdot \frac{V_a}{L_d} = 1000 \cdot \frac{12,5}{29,1} = 429, \text{ ед.}$$

На мокром покрытии

Не измениться, так как состояние тормозов ведущей и ведомой машины одинаковы.

Задача 6.3

$$L_d = l_a + V_a \cdot (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) + \frac{V_a^2}{2} \left(\frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right) + l_o$$

$$29 = 4 + x(0,8 + 0,25 + 0,5 \cdot 0,35) + \frac{x^2}{2} \left(\frac{1}{6,5} - \frac{1}{6} \right) + 2 =$$

$$= -23 + 1,225x - 0,075x^2.$$

$$j_{a1} = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_9} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,3} = 6, \text{ м/с}^2, \quad j_{a2} = \frac{\varphi_x \cdot g}{K_9} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,2} = 6,5, \text{ м/с}^2.$$

$$-0,0064x^2 + 1,225x - 23 = 0.$$

Найдем дискриминант квадратного уравнения:

$$D = b^2 - 4ac = (1,225)^2 - 4 \cdot (-0,006) \cdot (-23) = 1,500625 - 0,552 = 0,948625.$$

Так как дискриминант больше нуля, то квадратное уравнение имеет два действительных корня:

$$x_1 = -1,225 - \sqrt{0,948625} \cdot (-0,006) = 122512 + 512\sqrt{37945} \approx$$

$$\approx 183,24781824583133,$$

$$x_2 = -1,225 + \sqrt{0,948625} \cdot (-0,006) = 122512 - 512\sqrt{37945} \approx$$

$$\approx 20,918848420835364,$$

$$V = 75,6 \text{ км/ч.}$$

Практическая работа № 7

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

Цель: наработать навыки определения пропускной способности пересечений автомобильных и железных дорог в одном уровне.

Задание 7.1

Автомобильная дорога III категории с шириной проезжей части 7,5 м пересекает железную дорогу. Количество путей определяем по табл. 7.1. Автомобильная дорога на подходах к переезду имеет прямые горизонтальные участки. Железнодорожный переезд большую часть времени открыт. Интенсивность движения по железной дороге, свободная скорость автомобилей через переезд, состав движения в каждом направлении, плотность движения автомобилей, состоянии проезжей части – определяем по табл. 7.1. Установить пропускную способность переезда.

Таблица 7.1

Исходные данные для решения задания 7.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Интенсивность поездов	2	3	1	4	5	6	7	8	10	15	16
Количество путей	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
Свободная скорость	50	45	35	44	42	35	36	37	40	30	31
Плотность движения	11	12	13	15	16	22	25	16	28	38	39
Процент легковых авт.	100	70	50	70	70	50	70	70	100	50	70
Состояние переезда	хор.	уд.	неуд.	хор.	уд.	неуд.	уд.	хор.	хор.	неуд.	неуд.
Под углом	30	35	45	65	75	30	35	45	65	30	35
Расстояние от центра до переезда	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50
Радиус кривой в плане	200	110	150	60	30	200	110	150	60	200	110
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	хх
Интенсивность поездов	17	18	19	20	21	22	23	24	21	20	25
Количество путей	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4
Свободная скорость	32	33	34	35	15	16	19	18	20	15	20
Плотность движения	40	41	42	44	48	49	50	51	45	50	52
Процент легковых авт.	100	70	100	70	50	70	100	100	90	80	70
Состояние переезда	уд.	уд.	хор.	хор.	неуд.	уд.	хор.	хор.	уд.	хор.	хор.

Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	хх
Под углом	45	65	75	85	30	35	45	65	55	60	75
Расстояние от центра до переезда	100	50	100	50	100	50	100	50	50	100	100
Радиус кривой в плане	150	60	30	200	140	110	150	60	80	100	30

Задание 7.2

Определить, как изменится пропускная способность железнодорожного переезда, если автомобильная дорога в зоне переезда имеет кривую. Характеристики кривой определить по табл. 7.1 (радиус в плане, расположение кривой от переезда, угол пересечения автомобильной дороги с железной, состав движения в каждом направлении).

Методические указания: пропускная способность железнодорожных переездов зависит от скорости автомобилей, интенсивности движения по железной дороге, состояния покрытия, размеров геометрических элементов на подходах к переездам, средств регулирования движением, числа пересекаемых путей, состава движения по автомобильной и железной дорогам и т. д.

Расчет пропускной способности железнодорожных переездов основан на определении скорости движения автомобилей; распределении интервалов между следующими друг за другом автомобилями; распределении интервалов между автомобилями при разъезде очереди; определении плотности движения автомобилей.

Определение фактической пропускной способности железнодорожных переездов и факторов, оказывающих влияние на ее уменьшение, является решающим условием для назначения сроков и степени реконструкции переездов, мероприятий, повышающих их пропускную способность.

Пропускную способность железнодорожных переездов необходимо оценивать для двух случаев:

- железнодорожный переезд большую часть времени открыт для движения автомобилей;
- железнодорожный переезд продолжительное время закрыт для движения автомобилей.

Пропускная способность железнодорожного переезда, который большую часть открыт для проезда автомобилей:

$$P_{\text{жел}} = \left[v_0; q; \left(1 - \frac{q - q_0}{q_{\text{max}} - q_0} \right) \right], \quad (7.1)$$

где v_0 – скорость свободного движения на железнодорожном переезде (табл. 7.2);

q_0 – плотность движения при скорости v_0 (табл. 1);

q – текущая величина плотности движения, авт./км,

q_{max} – максимальная плотность движения, авт./км.

$$P = v_0 \cdot q, \quad \text{при } q \leq q_0. \quad (7.2)$$

$$P = 0,5 \cdot v_0 \cdot q_{\text{max}} \cdot \left(1 - \frac{q_{\text{max}} - 2q_0}{2(q_{\text{max}} - q_0)} \right), \quad \text{при } q > q_0. \quad (7.3)$$

Таблица 7.2

Характеристика транспортного потока в зависимости от количества пересекаемых железнодорожных путей

Число пересекаемых железнодорожных путей	v_0 , км/ч	q_0 , авт/км	q_{max} , авт/км
1	50	15	80-85
2	40	25	80-85
3	35	40	80-87
≥ 4	20	50	85-90

Пропускная способность регулируемых железнодорожных переездов зависит от продолжительности закрытия и открытия переезда, интервала между автомобилями при разъезде из очереди.

Максимальная пропускная способность полосы движения в течение одного открытия переезда:

$$\sum_{i=1}^k \delta \cdot t_i = t_{\text{зел}}, \quad (7.4)$$

где δt_i – интервал между автомобилями при разъезде очереди, с;

k – число автомобилей в очереди;

$t_{\text{зел}}$ – продолжительность открытия переезда, с.

Ориентировочные значения пропускной способности полосы движения для железнодорожных переездов с различным числом путей приводятся в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Характеристика транспортного потока в зависимости от количества пересекаемых железнодорожных путей

Число пересекаемых железнодорожных путей	Максимальная пропускная способность полосы движения, авт/ч, при 100 % автомобилей	
	легковых	грузовых
1	1 500	900
2	1 200	700
3	900	660
4	800	540

На пропускную способность железнодорожных переездов влияют дорожные условия на подходах к переездам: кривые в плане, подъемы и спуски, ровность покрытия.

Пропускная способность железнодорожных переездов в разных дорожных условиях (авт/ч):

$$P_{\text{ж.п.}} = P_{\text{д}} \prod_{i=1}^n \beta_i, \quad (7.5)$$

где $P_{\text{д}}$ – пропускная способность полосы движения, авт/ч (табл. 1 или табл. 2);

β_i – коэффициенты снижения пропускной способности, учитывающие состав движения, характеристики железнодорожных переездов и дорожные условия в зоне переезда.

Коэффициенты снижения пропускной способности приведены в табл. 7.4-7.8.

Таблица 7.4

Коэффициент снижения пропускной способности β_1 в зависимости от количества путей

Число железнодорожных путей	β_1	Число железнодорожных путей	β_1
1	0,93	3	0,66
2	0,82	4 и более	0,54

Таблица 7.5

**Коэффициент снижения пропускной способности β_1
в зависимости от состояния дорожного полотна в районе проезда**

Характеристика ровности проезжей части	Число железнодорожных путей	β_2
Хорошая	1	0,98
	2	0,98
Удовлетворительная	1	0,80
	2	0,87
Неудовлетворительная	1	0,66
	2	0,69

Таблица 7.6

**Коэффициент снижения пропускной способности β_3
в зависимости от интенсивности движения поездов
и структуры транспортного потока автомобилей**

Интенсивность движения по железной дороге, поездов/ч	Число железнодорожных путей											
	Коэффициент β_3											
	1			2			3			4		
	Число легковых автомобилей в потоке, %											
	100	70	50	100	70	50	100	70	50	100	70	50
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,81	0,80	0,80	0,76	0,76	0,75	0,78	0,76	0,71	0,77	0,77	0,77
10	—	—	—	0,59	0,59	0,58	0,75	0,56	0,55	0,56	0,56	0,56
15	—	—	—	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42
20	—	—	—	—	—	—	0,30	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,20	0,19	0,19
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,15	0,15	0,15
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11	0,11	0,11

Примечание. Промежуточные значения находить методом интерполяции.

Таблица 7.7

**Коэффициент снижения пропускной способности β_4
в зависимости от кривизны автомобильной дороги**

Радиус кривой в плане, м	β_4 при расстоянии от переезда до центра кривой, м		Радиус кривой в плане, м	β_4 , при расстоянии от переезда до центра кривой, м	
	50	100		60	100
200	0,98	0,99	50-75	0,85	0,89
100-150	0,92	0,93	30-36	0,75	0,78

Таблица 7.8

**Коэффициент снижения пропускной способности β_5
в зависимости от угла наклона дороги к железнодорожным путям**

Угол пересечения, град	β_5 , при числе железнодорожных путей			
	1	2	3	4
30	0,89	0,78	0,74	0,71
30-45	0,95	0,88	0,83	0,82
46-60	0,96	0,94	0,89	0,84
60-75	0,97	0,97	0,96	0,95
75-90	0,99	0,98	0,98	0,98
90	1,00	1,00	1,00	1,00

Решение задачи: хх вариант

Задача 7.1

Пропускная способность железнодорожного переезда, который большую часть открыт для проезда автомобилей:

$$\begin{aligned}
 q &> q_0; 52 > 50. \\
 P &= 0,5 \cdot v_0 \cdot q_{max} \cdot \left(1 - \frac{q_{max} - 2q_0}{2(q_{max} - q_0)}\right) = \\
 &= 0,5 \cdot 2 \cdot 90 \cdot \left(1 - \frac{92 - 2 \cdot 50}{2 \cdot (90 - 50)}\right) = 990, \text{ ед.}
 \end{aligned}$$

Задача 7.2

Пропускная способность железнодорожных переездов в разных дорожных условиях (авт./ч):

$$P_{ж.п.} = P_d \prod_{i=1}^n \beta_i = 990 \cdot 0,54 \cdot 0,98 \cdot 0,3 \cdot 0,75 \cdot 0,98 = 115, \text{ авт./час.}$$

Практическая работа № 8

ПОСТРОЕНИЕ ОСНОВНОЙ ДИАГРАММЫ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МАКРОМОДЕЛЕЙ

Цель: сравнить оптимальные параметры движения при использовании различных макромоделей транспортного потока (ТП).

Задание. Для заданного однородного ТП известны его максимальная плотность q_{max} и скорость свободного движения $v_{св}$. Построить основную диаграмму заданного ТП в координатах «интенсивность-плотность», используя различные макромодели. Определить значения оптимальной скорости, плотности и максимальную интенсивность движения ТП. Сравнить полученные результаты. Шаг расчёта принять 1,0 авт/км, начальное значение 1,0. Данные для расчета выбрать в соответствии с номером в списке группы по табл. 8.1.

Таблица 8.1

Исходные данные для построения диаграммы транспортного потока

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Скорость свободного движения потока $v_{св}$	28	30	32	35	38	40	42	45	48	25	27
q_{max}	14	13	12	11	9	8	7	7	9	15	16
n	-0,3	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-0,4	-0,5	-0,3
Номер варианта	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	xx
Скорость свободного движения потока $v_{св}$	29	31	33	34	36	37	39	41	40	35	26
q_{max}	14	12	10	12	9	8	10	11	10	12	17
n	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-0,4	-0,5	-0,8	-0,5

Методические указания

Основными характеристиками ТП являются: интенсивность (q), плотность (q), скорость (v). В общем виде соотношение между ними описывается основным уравнением ТП:

$$N = q \cdot v, \text{ авт/час,} \quad (8.1)$$

Графическое изображение формулы (8.1) носит название основной диаграммы ТП, где прослеживаются основные базовые законы движения ТП. Однако основная диаграмма не может отразить всю сложность процессов, происходящих в ТП, так как на протекание этих процессов оказывает влияние большое число факторов системы ВАДС. Для этого требуются модели движения ТП. Модели ТП подразделяются на два вида: микроскопические, макроскопические. Макроскопические рассматривают поток в целом и поведение конкретного АТС в потоке имеет второстепенное значение. Большинство макромоделей строятся на применении аналогий ТП и потока жидкости или газа. Используя эту аналогию и различные законы (закон сохранения массы, количества движения, энергии), были получены различные макромоделей ТП. Эти макромоделей выражаются в виде обобщённых уравнений состояния ТП. При изменении значения n получают различные макромоделей ТП при его различных состояниях, что имеет большое значение при исследованиях. Их общий вид представлен ниже.

Общий случай ($n > -1$). Уравнение состояния

$$N = q \cdot v_{\text{св}} \cdot \left[1 - \left(\frac{q}{q_{\text{max}}} \right)^{\frac{n+1}{2}} \right], \text{ авт/ч,} \quad (8.2)$$

где q_{max} – максимальная плотность ТП, авт/км;
 $v_{\text{св}}$ – скорость свободного движения, км/ч.

Оптимальная плотность q_m (значение плотности, при котором интенсивность движения максимальна):

$$q_m = \left(\frac{n+3}{2} \right)^{\frac{2}{n+1}} \cdot q_j, \text{ авт/км.} \quad (8.3)$$

Оптимальная скорость v_m (значение скорости, при котором интенсивность движения максимальна):

$$v_m = \frac{n+1}{n+3} \cdot v_{\text{св}}, \text{ км/ч.} \quad (8.4)$$

Пропускная способность N_m :

$$N_m = \frac{(n+1) \cdot v_{\text{св}} \cdot q_j}{\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{2}{n+1}} \cdot (n+3) \left[\frac{2}{n+1} + 1 \right]}, \text{ авт/км.} \quad (8.5)$$

Экспоненциальное уравнение ($n = -1$) (модель Гринберга)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_m \cdot \ln \frac{q_{max}}{q}, \text{ авт/ч.} \quad (8.6)$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{q_{max}}{e}, \text{ авт/км.} \quad (8.7)$$

Оптимальная скорость принимается постоянной величиной.

Пропускная способность N_m :

$$N_m = q \cdot v_m \cdot \ln \frac{q_{max}}{q}, \text{ авт/км.} \quad (8.8)$$

Параболическое уравнение ($n = 0$) (модель Дрю)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \left(\frac{q}{q_{max}} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \text{ авт/ч.} \quad (8.9)$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{4}{9} \cdot q_{max}, \text{ авт/км.} \quad (8.10)$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot v_{св}, \text{ км/ч.} \quad (8.11)$$

Пропускная способность N_m :

$$N_m = \frac{1}{4} \cdot v_{св} \cdot q_{max}, \text{ авт/км.} \quad (8.12)$$

Линейное уравнение ($n = 1$) (модель Гриншилдса)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \frac{q}{q_{max}} \right], \text{ авт/ч.} \quad (8.13)$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{1}{2} \cdot q_{max}, \text{ авт/км.} \quad (8.14)$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot v_{св}, \text{ км/ч.} \quad (8.15)$$

Пропускная способность N_m :

$$N_m = \frac{1}{4} \cdot v_{св} \cdot q_{max}, \text{ авт/км.} \quad (8.16)$$

Решение задачи: xx вариант

Общий случай ($n > -1$). Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \left(\frac{q}{q_{max}} \right)^{\frac{n+1}{2}} \right] = q \cdot 26 \cdot \left[1 - \left(\frac{q}{17} \right)^{0,25} \right]$$

интенсивность движения максимальна.

$$q_m = \left(\frac{n+3}{2} \right)^{\frac{2}{n+1}} \cdot q_{max} = \left(\frac{-0,5+3}{2} \right)^{\frac{2}{-0,5+1}} \cdot 17 = 41,5, \text{ авт/км.}$$

Оптимальная скорость v_m (значение скорости, при котором интенсивность движения максимальна):

$$v_m = \frac{n+1}{n+3} \cdot v_{св} = \frac{-0,5+1}{-0,5+3} \cdot 26 = 5,2, \text{ км/ч.}$$

Пропускная способность N_m :

$$\begin{aligned} N_m &= \frac{(n+1) \cdot v_{св} \cdot q_{max}}{\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{2}{n+1}} \cdot (n+3) \left[\frac{2}{n+1} + 1 \right]} = \\ &= \frac{(-0,5+1) \cdot 26 \cdot 17}{\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{2}{-0,5+1}} \cdot (-0,5+3) \left[\frac{2}{-0,5+1} + 1 \right]} = 282, \text{ авт/км.} \end{aligned}$$

Значения уравнения представлены на рис. 15.

Экспоненциальное уравнение ($n = -1$) (модель Гринберга)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_m \cdot \ln \frac{q_{max}}{q} = q \cdot 26 \cdot \ln \frac{17}{q}, \text{ авт/ч.}$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{q_{max}}{e} = \frac{17}{2,7} = 6,3, \text{ авт/км.}$$

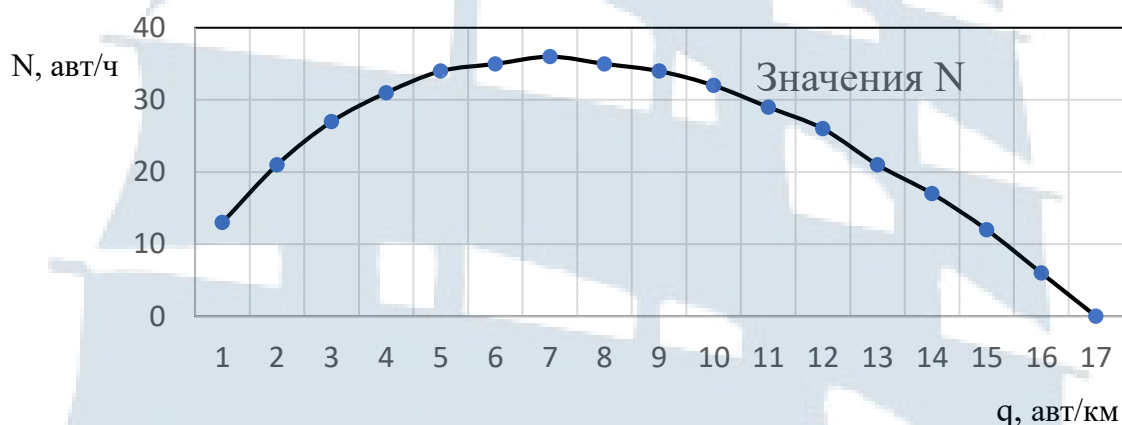


Рис. 15. Значение количества машин от плотности потока по общему случаю ($n > -1$). Уравнения состояния

Оптимальная скорость принимается постоянной величиной. Значения уравнения представлены на рис. 16.

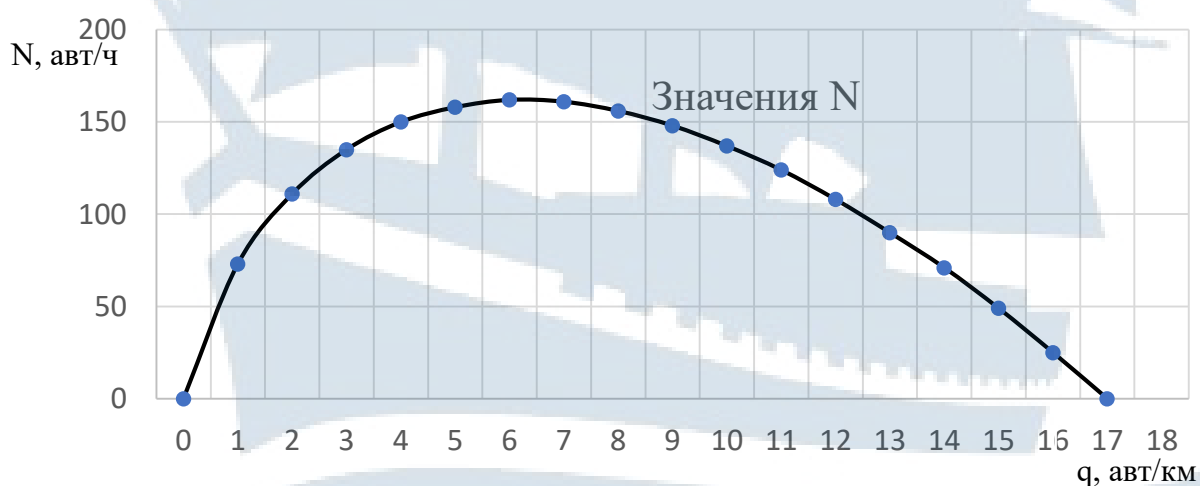


Рис. 16. Значение количества машин от плотности потока по экспоненциальному уравнению ($n = -1$) (модель Гринберга)

Параболическое уравнение ($n = 0$) (модель Дрю)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \left(\frac{q}{q_{max}} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \text{ авт/ч.}$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{4}{9} \cdot q_{max} = \frac{4}{9} \cdot 17 = 7,5, \text{ авт/км.}$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot v_{св} = 13, \text{ км/ч.}$$

Пропускная способность N_m :

$$N_m = \frac{1}{4} \cdot v_{св} \cdot q_{max} = 110, \text{ авт/км.}$$

Значения уравнения представлены на рис. 17.

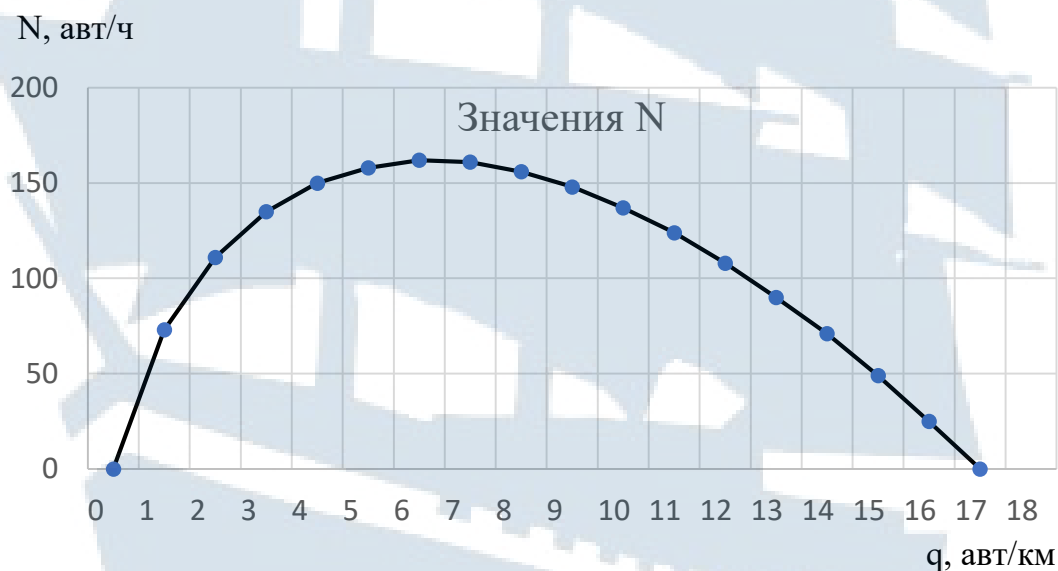


Рис. 17. Значение количества машин от плотности потока по параболическому уравнению ($n = 0$) (модель Дрю)

Параболическое уравнение ($n = 1$) (модель Гриншилдса)

Уравнение состояния:

$$N = q \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \frac{q}{q_{max}} \right], \text{ авт/ч.}$$

Оптимальная плотность:

$$q = \frac{1}{2} \cdot q_{max} = 8,5, \text{ авт/км}$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot v_{св} = 13, \text{ км/ч}$$

Пропускная способность N_m :

$$N_m = \frac{1}{4} \cdot v_{св} \cdot q_{max} = 110,5, \text{ авт/км.}$$

Значения уравнения представлены на рис. 18.

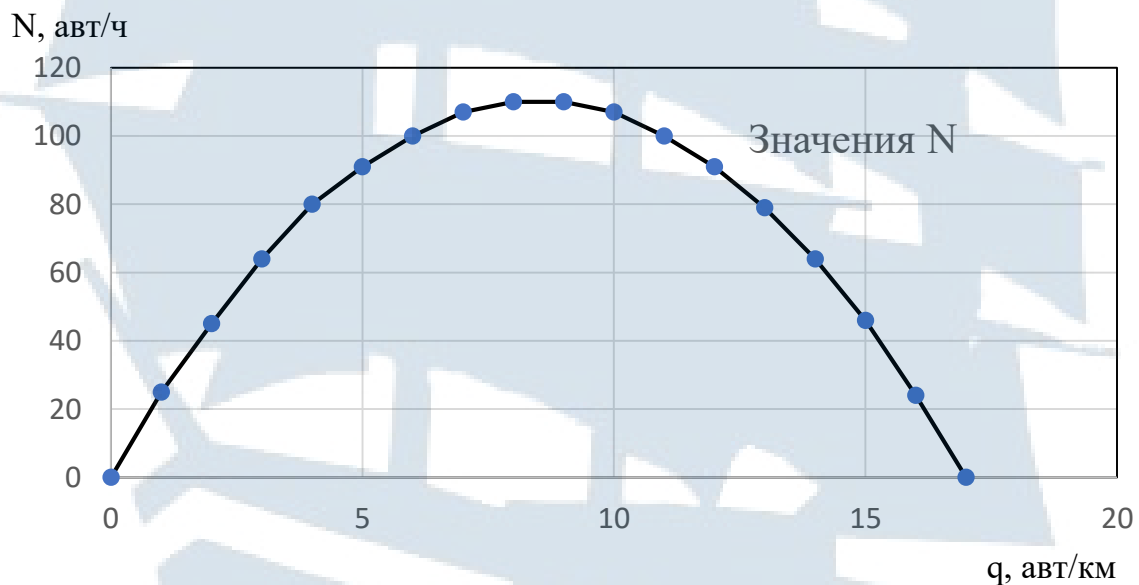


Рис. 18. Значение количества машин от плотности потока по параболическому уравнению ($n = 1$) (модель Гриншилдса)

Практическая работа № 9

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ УЧАСТКОВ В ПРЕДЕЛАХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

Цель: изучить методику определения пропускной способности участков в пределах населённых пунктов.

Задание 9.1

Определить свободную скорость и пропускную способность участка дороги в пределах населенного пункта. Населенный пункт A расположен на прямом горизонтальном участке автомобильной дороги, сооружения обслуживания автомобилей отсутствуют. Длина застройки L , расстояние от кромки проезжей части до линии застройки l_1 , интенсивность движения на пешеходном переходе в часы «пик» N_n , ширина проезжей части автомобильной дороги 7,5 м, ширина обочины 2,5-3 м, интенсивность движения автомобилей N , число легковых автомобилей в потоке – принимаются по табл. 9.1 в соответствии с номером в списке группы. Также оценить пропускную способность участка дороги с расстоянием от кромки проезжей части до линии застройки l_2 , м. Сравнить с пропускной способностью определенную для расстояния l_1 и l_2 .

Таблица 9.1

Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
L , км	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
l_1 , м	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
l_2 , м	21	20	19	18	21	19	7	8	9	7	8
N_n	80	90	100	150	200	250	300	350	400	150	100
Состав потока легковых автомобилей	70 %	50 %	100 %	50 %	100 %	70 %	50 %	100 %	70 %	50 %	100 %
Радиус кривизны	100	200	300	400	500	600	550	450	350	250	150
Способ организации стоянки	не обор.	удалена	на обочине	не обор., с лев. пов.	удалена с лев. пов.	на обочине с лев. пов.	не обор.	удалена	на обочине	не обор., с лев. пов.	удалена с лев. пов.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кол-во маршрутов автобусов	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
N	500	600	700	900	1 200	900	700	1 200	600	900	1 500
Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	29	21	xx
L, км	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,25	1,75	2,2
l_1 , м	18	19	20	21	21	20	19	10	12	20	11
l_2 , м	9	7	8	9	8	9	7	8	10	8	9
N_n	270	280	350	360	80	90	250	150	90	200	100
Состав потока легковых автомобилей	70 %	50 %	100 %	70 %	70 %	50 %	100 %	50 %	70 %	80 %	100 %
Радиус кривизны	175	375	475	375	200	300	400	500	600	500	600
Способ организации стоянки	на обочине с лев. пов.	не обор.	удалена	на обочине	не обор., с лев. пов.	удалена с лев. пов.	на обочине с лев. пов.	не обор.	не обор.	удалена	удал. с лев. пов.
Кол-во маршрутов автобусов	1	2	3	4	4	5	2	3	6	5	2
N	800	1 000	1300	600	700	950	760	1 300	1 200	1 100	560

Задание 9.2

Населенный пункт *В* расположен на скругленном участке автомобильной дороги. В населенном пункте имеется стоянка у сооружения обслуживания автомобилей, автобусная остановка и два пешеходных перехода. Определить пропускную способность дороги в пределах малого населённого пункта, исходные данные взять по табл. 9.2.

Методические указания

Участки дороги в пределах малых населенных пунктов сельского типа характеризуются пониженной пропускной способностью вслед-

ствие влияния следующих факторов: неорганизованного движения пешеходов через дорогу, наличия близкой застройки, автомобилей и автобусов, стоящих на обочине или на специальных площадках, включения в состав потока сельскохозяйственных машин и т. д.

Связь между скоростью и плотностью движения для участков дорог в пределах малых населенных пунктов сельского типа описывают уравнением:

$$v_q = v_0 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{q}{q_{max}} \right)^\beta \right]^\gamma. \quad (9.1)$$

В табл. 9.2 приведены параметры формулы (9.1) для участков с различной протяженностью населенного пункта и при расстоянии от кромки проезжей части по линии застройки 15-20 м (к малым отнесены населенные пункты сельского типа, насчитывающие до 1 тыс. жителей и имеющие линейную однорядную форму застройки (деревни улицы)).

Таблица 9.2

Данные к формуле 9.1

Длина участка в пределах населённого пункта, км	v_0	β	γ
0,3-0,7	68,71	2,15	4,80
0,7-1,25	64,37	2,03	4,85
1,25-1,75	60,20	1,89	4,90
1,75-2,25	55,90	1,75	5,00

При определении пропускной способности участков в пределах малых населенных пунктов сельского типа максимальную плотность потока автомобилей можно принимать равной максимальной плотности на двухполосной дороге.

Для дорог с проезжей частью шириной 7-7,5 м и обочинами не уже 3 м свободная скорость автомобилей v_0 в населенных пунктах, расположенных на прямолинейных горизонтальных участках, может быть получена расчетным путем:

$$v_0 = 57,28 - 8,1 \cdot L + 2,3 \cdot l - 0,38 \cdot L \cdot l, \quad (9.2)$$

где L – длина участка в пределах населённого пункта ($0,5 < L < 2,5$ км);

l – расстояние от кромки проезжей части до линии застройки, м ($5 < l < 25$ км).

На снижение пропускной способности и скорости автомобилей большое влияние оказывают пешеходы, переходящие проезжую часть.

Пешеходный переход является «узким» местом дороги в пределах населенного пункта.

Скорость автомобилей на пешеходном переходе:

$$v_{\text{п}} = 25,4 - 0,06 \cdot N_{\text{п}} - 0,008 \cdot N + 0,038 \cdot v_0, \quad (9.3)$$

где $N_{\text{п}}$ – интенсивность движения пешеходов в час «пик», чел./ч;

N – интенсивность движения автомобилей, авт./ч;

v_0 – свободная скорость движения в населённом пункте, км/ч.

Зависимость (9.3) применима для наиболее характерного пешеходного потока (18-20 % детей, 50-60 % взрослых, 20-35 % пожилых людей).

Для пешеходных переходов, где наблюдается изменение процентного соотношения пешеходов по группам, необходимо пользоваться зависимостью:

$$v_{\text{п}} = 14,95 - 0,081N_{\text{дет.}} - 0,041N_{\text{взр.}} - 0,029N_{\text{ст.}} - 0,008N + 0,62v_0, \quad (9.4)$$

где $N_{\text{дет.}}$ – интенсивность движения детей через дорогу;

$N_{\text{взр.}}$ – интенсивность движения взрослых через дорогу;

$N_{\text{ст.}}$ – интенсивность движения пожилых людей;

Скорость автомобилей на участках в пределах населенных пунктов, имеющих кривые в плане:

$$v_{\text{кр}} = v_0 - 1,29K, \quad (9.5)$$

где $K = 1\,000/R$;

R – радиус кривой в плане ($50 > R > 100$ м).

На снижение скорости автомобилей в населенных пунктах оказывают влияние стоянка автомобилей и ее планировочное решение.

Пропускная способность дороги в пределах населенного пункта сельского типа, расположенного на прямом горизонтальном участке,

$$P_{\text{нп}} = (1968,8 - 487,5L + 11,2l + 7,5L \cdot l) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (9.6)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий влияние пешеходного перехода (табл. 9.3);

k_2 – коэффициент, учитывающий влияние стоянки у пункта обслуживания (табл. 9.4);

k_3 – коэффициент, учитывающий влияние кривой в плане, (табл. 9.5);

k_4 – коэффициент, влияние автобусной остановки, (табл. 9.6).

При определении пропускной способности участка дороги в зоне пешеходного перехода в формуле (9.6) используют коэффициент снижения пропускной способности (табл. 9.4).

Пропускная способность изменяется на расстоянии 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода. Инженерное оборудование пешеходных переходов повышает пропускную способность участков дороги. Так, для зоны пешеходного перехода в разных уровнях значение коэффициента снижения пропускной способности $k_1 = 1$.

Таблица 9.3

Значение коэффициента k_1

Интенсивность движения пешеходов в часы пик, чел/ч	k_1 , при числе легковых автомобилей в потоке, %		
	100	70	50
меньше 100	1,00	1,00	0,90
100-200	0,95	0,90	0,80
200-300	0,90	0,80	0,70
300-400	0,80	0,70	0,60

При определении пропускной способности участка дороги в зоне стоянки автомобилей в формуле (9.6) используют коэффициент k_2 .

Пропускная способность изменяется на расстоянии 50 м в каждую сторону от границы стоянки автомобилей у пункта обслуживания.

Таблица 9.4

Значение коэффициента k_2

Способ организации стоянки	K_2
Стоянка удалена от кромки проезжей части, имеются переходно-скоростные полосы	1,0
Стоянка оборудована за счет уширения обочины	0,8
Оборудованной стоянки нет	0,6

Примечание. Если оборудованная стоянка расположена с одной стороны проезжей части и не запрещен левый поворот, необходимо коэффициент уменьшить в 1,5 раза.

При определении пропускной способности участка дороги, расположенного на горизонтальной кривой, следует пользоваться коэффициентом снижения, представленным в табл. 9.6.

Таблица 9.5

Значение коэффициента k_3

Длина населенного пункта, км	k_3 , при радиусе горизонтальной кривой, м				
	100	100-250	250-460	450-600	600
0,3-0,7	0,81	0,89	0,95	0,96	0,97
0,7-1,25	0,84	0,92	0,97	0,98	0,98
1,25-1,75	0,96	0,94	0,97	1,0	1,0
1,75-2,25	0,88	0,95	0,98	1,0	1,0
2,25-2,75	0,90	0,96	1,0	1,0	1,0

Таблица 9.6

Рекомендуемые значения коэффициента, учитывающего влияние маршрутных автобусов, k_4

Количество маршрутных автобусов в транспортном потоке, %	k_4 – значения коэффициента, учитывающего влияние маршрутных автобусов			
	со съездом с проезжей части	с остановкой на проезжей части, %		
		15	25	40
2	0,81	0,89	0,95	0,96
4	0,84	0,92	0,97	0,98
6	0,96	0,94	0,97	1,0
8	0,88	0,95	0,98	1,0

Задачу решают в следующей последовательности:

- определяют снижение скорости в зонах влияния элементов, снижающих пропускную способность;
- определяют пропускную способность участка дороги в пределах ограничивающих элементов.

Решение задачи: хх вариант**Задача 9.1**

$$\begin{aligned}
 v_1 &= 57,28 - 8,1 \cdot L + 2,3 \cdot l_1 - 0,38 \cdot L \cdot l_1 = \\
 &= 57,8 - 8,1 \cdot 2,2 + 2,3 \cdot 11 - 0,38 \cdot 2,2 \cdot 11 = 55,6 \text{ км/ч.}
 \end{aligned}$$

$$v_2 = 57,28 - 8,1 \cdot L + 2,3 \cdot l_2 - 0,38 \cdot L \cdot l_2 = \\ = 57,8 - 8,1 \cdot 2,2 + 2,3 \cdot 9 - 0,38 \cdot 2,2 \cdot 9 = 53 \text{ км/ч.}$$

$$v_{\Pi 1} = 25,4 - 0,06 \cdot N_{\Pi} - 0,008 \cdot N + 0,038 \cdot v_0 = \\ = 25,4 - 0,06 \cdot 100 - 0,008 \cdot 560 + 0,038 \cdot 55,62 = 19,4.$$

$$v_{\Pi 2} = 25,4 - 0,06 \cdot N_{\Pi} - 0,008 \cdot N + 0,038 \cdot v_0 = \\ = 25,4 - 0,06 \cdot 100 + 0,008 \cdot 560 + 0,038 \cdot 53 = 19,2.$$

Задача 9.2

$$v_{\text{кр}1} = v_0 - 1,29K = 55,6 - 1,29 \cdot 1,7 = 53,4 \text{ км/ч.}$$

$$v_{\text{кр}2} = v_0 - 1,29K = 53 - 1,29 \cdot 1,7 = 50,8 \text{ км/ч.}$$

где $K = 1000/R = 1000/600 = 1,7$;

$$P_{\text{нп}1} = (1968,8 - 487,5 \cdot L + 11,2 \cdot l + 7,5 \cdot L \cdot l) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = \\ = (1968,8 - 487,5 \cdot 2,2 + 11,2 \cdot 11 + 7,5 \cdot 2,2 \cdot 11) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 720.$$

$$P_{\text{нп}2} = (1968,8 - 487,5 \cdot L + 11,2 \cdot l + 7,5 \cdot L \cdot l) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = \\ = (1968,8 - 487,5 \cdot 2,2 + 11,2 \cdot 9 + 7,5 \cdot 2,2 \cdot 9) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 683.$$

Практическая работа № 10

СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Цель: приобретение навыков прокладки линий хода поездов на графике движения участка однопутной линии на 8-часовой период и определение пропускной способности однопутного участка железнодорожного пути.

Задание. Однопутный участок $A-E$, схема которого представлена ниже, оборудован полуавтоматической блокировкой и включает в себя участковые станции A и E , разъезды $б$ и $д$, а также промежуточные станции $в$ и $г$. Станция A является пунктом оборота локомотивов.

$A \quad б \quad в \quad г \quad д \quad E$

Длина перегонов и чистое время хода по ним (при движении без остановок) представлены в табл. 10.1. Время на разгон и замедление поездов при остановках условно задано одинаковым для всех поездов и перегонов участка и равным 1 мин.

Станционные интервалы неодновременного прибытия $T_{\text{нп}}$ и скрещения T_c (см. рис. 19) для упрощения также считают одинаковыми для всех раздельных пунктов и равными соответственно 4 и 2 мин.

Время отправления поезда четного пассажирского поезда от станции E – 5ч 30 мин.

Станционные интервалы неодновременного прибытия $T_{\text{нп}}$ и скрещения T_c (см. рис. 19) для упрощения также считают одинаковыми для всех раздельных пунктов и равными соответственно 4 и 2 мин.

На графике необходимо проложить одну пару пассажирских поездов и грузовых поездов, которые возможно отправить с целью обеспечения максимальной пропускной способности участка дороги. Время отправления нечетного поезда № 181 и четного поезда № 182 со станции E принять по табл. 10.1. Стоянка поездов на всех промежуточных раздельных пунктах 2 мин.

Методика выполнения

Процесс составления графика движения включает в себя следующие этапы, которые рассмотрены на примере с исходными данными табл. 10.2.

Вычерчиваем сетку графика вместе с таблицей (рис. 20). В эту таблицу вписываем заданные значения длины перегонов и чистого времени хода поездов по ним.

Таблица 10.1

Исходные данные для решения задач

1-й вариант					
Перегон	Длина перегона, км	Чистое время хода поездов, мин.			
		пассажирских		грузовых	
		нечётных	чётных	нечётных	чётных
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	22	14	16	20	22
<i>вг</i>	24	22	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					6 ч 30 мин.
2-й вариант					
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	22	18	18	22	24
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 38 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					6 ч 30 мин.
3-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
4-й вариант					
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	22	18	18	22	24
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	14	9	11	14	16
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					2 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
5-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					2 ч 38 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.

Продолжение табл. 10.1

6-й вариант					
Перегон	Длина перегона, км	Чистое время хода поездов, мин.			
		пассажирских		грузовых	
		нечётных	чётных	нечётных	чётных
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	14	9	11	14	16
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					2 ч 38 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
7-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	20	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	14	9	11	14	16
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 10 мин.
8-й вариант					
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	22	18	18	22	24
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 00 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
9-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	20	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 10 мин.
5-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	20	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 38 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					6 ч 30 мин.

11-й вариант					
Перегон	Длина перегона, км	Чистое время хода поездов, мин.			
		пассажирских		грузовых	
		нечётных	чётных	нечётных	чётных
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	18	20	24	26
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	22	16	18	22	24
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
12-й вариант					
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	22	18	18	22	24
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	22	16	18	22	24
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 10 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
13-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	18	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 38 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
14-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 00 мин.
15-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	24	20	20	24	26
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 10 мин.

16-й вариант					
Перегон	Длина перегона, км	Чистое время хода поездов, мин.			
		пассажирских		грузовых	
		нечётных	чётных	нечётных	чётных
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	24	20	20	24	26
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	22	16	18	22	24
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 30 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 00 мин.
17-й вариант					
<i>Аб</i>	20	15	17	20	22
<i>бв</i>	22	16	18	22	24
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	20	15	17	20	22
<i>де</i>	18	13	15	18	20
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 30 мин.
18-й вариант					
<i>Аб</i>	16	11	13	16	18
<i>бв</i>	18	12	14	18	20
<i>вг</i>	22	18	18	22	24
<i>гд</i>	16	11	13	16	18
<i>де</i>	14	9	11	14	16
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 58 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 20 мин.
19-й вариант					
<i>Аб</i>	18	16	18	18	20
<i>бв</i>	22	18	20	20	22
<i>вг</i>	26	20	22	26	28
<i>гд</i>	22	15	17	20	22
<i>де</i>	18	13	15	17	19
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					1 ч 18 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 00 мин.
20-й вариант					
<i>Аб</i>	18	12	14	16	18
<i>бв</i>	18	14	15	17	16
<i>вг</i>	22	18	16	22	24
<i>гд</i>	16	11	13	15	18
<i>де</i>	14	9	11	14	16
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции <i>А</i>					0 ч 28 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции <i>Е</i>					5 ч 20 мин.

Таблица 10.2

Исходные данные для примера

Перегон	Длина перегона, км	Чистое время хода поездов, мин.			
		пассажирских		грузовых	
		нечётных	чётных	нечётных	чётных
Аб	18	13	15	18	20
бв	20	14	16	20	22
вг	24	18	20	24	26
гд	18	13	15	18	20
де	16	11	13	16	18
Время отправления поезда нечётного пасс. поезда от станции А					0 ч 14 мин.
Время отправления поезда чётного пасс. поезда от станции Е					5 ч 30 мин.

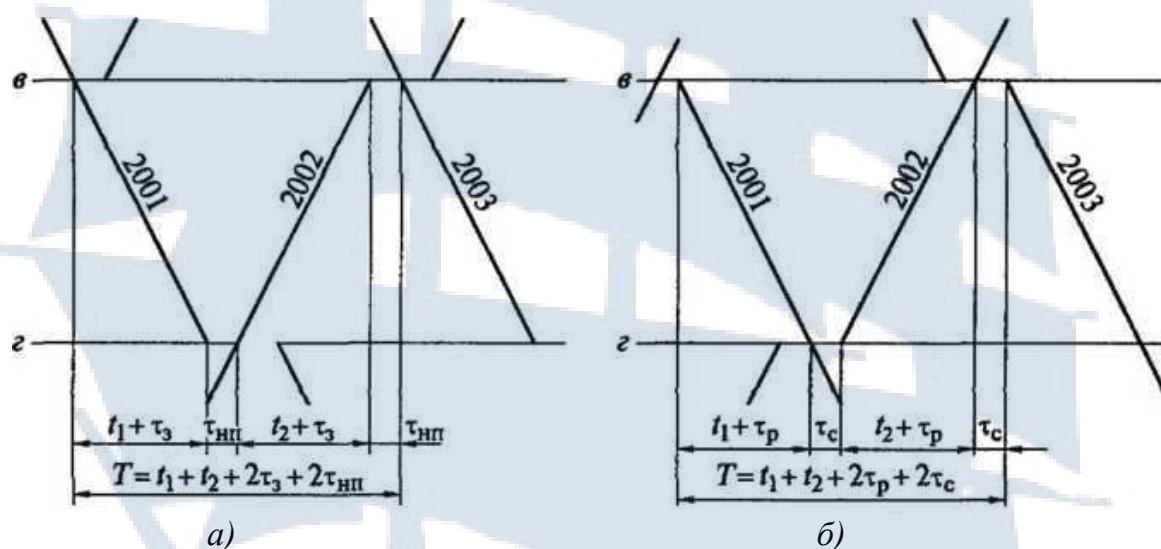


Рис. 19. Схемы пропуска поездов по ограничивающему перегону:
 а – на ограничивающий перегон с ходу; б – с ограничивающего перегона с ходу; T_1, T_2 – чистое время хода, соответственно, нечетных и четных поездов по перегону; T_3, T_p – время, соответственно, на замедление и разгон поездов; $T_{\text{нп}}, T_c$ – интервалы, соответственно, неодновременного прибытия и скрещения; T – период графика; 2001 и 2003 – номера поездов; в, г – оси раздельных пунктов

Вычерчиваем сетку графика вместе с таблицей (рис. 20). В эту таблицу вписываем заданные значения длины перегонов и чистого времени хода поездов по ним.

На графике прокладываем линии хода пассажирских поездов красным цветом. В связи с остановками поездов на всех отдельных пунктах к чистому времени их хода по перегонам добавляем по 2 мин. (1 мин. – на разгон и 1 мин. – на замедление). Так, для определения времени прибытия поезда № 181 на разъезд б к времени выхода его со станции А 0 ч 14 мин прибавляем $13 + 2 = 15$ мин. и получаем время прибытия на разъезд б 0 ч 29 мин. Прибавляем время стоянки и получаем время отправления поезда с разъезда б 0 ч 31 мин.

Аналогично прокладываем линии хода пассажирских поездов на остальных перегонах.

Устанавливаем ограничивающий перегон заданного участка, т. е. перегон, время занятия которого парой поездов (период графика) наибольшее. Таким будет перегон в-г. Прокладку грузовых поездов необходимо начинать с ограничивающего перегона в-г, предварительно выбрав схему пропуска поездов по этому перегону. Возможны две схемы пропуска поездов: на ограничивающий перегон с ходу (рис. 19, а) и с ограничивающего перегона с ходу (рис. 19, б).

Поскольку интервал скрещения T_c в рассматриваемом примере меньше интервала одновременного прибытия $T_{\text{нп}}$, в качестве расчетной схемы принимаем схему пропуска поездов, приведенную на рис. 19, б.

Наносим на график на ограничивающем перегоне максимальное число грузовых поездов (рис. 21).

Заполнение, ограничивающего перегона начинаем с поезда № 2006, для чего к времени прибытия поезда № 181 на станцию г прибавляем интервал скрещения (2 мин.). В результате определяем время отправления поезда № 2006: 1 ч 09 мин. + 2 мин. = 1 ч 11 мин.

Учитывая необходимость разгона (1 мин.), получим, что через станцию в поезд проследует 1 ч 11 мин. + 26 мин. + 1 мин. = 1 ч 38 мин. К этому времени прибавляем интервал скрещения (2 мин.) и получаем время отправления на ограничивающий перегон поезда № 2003, который проследует через станцию г 1 ч 40 мин. + 24 мин. + 1 мин. = 2 ч 05 мин.

Аналогично прокладываем линии хода остальных поездов, причем линию хода поезда № 2013 начинаем от поезда № 182, а для получения времени прибытия на станцию г поезда № 2011 к моменту его отправления со станции в прибавляем чистое время хода, время на разгон и замедление: 5 ч 24 мин. + 24 мин. + 1 мин. + 1 мин. = 5 ч 50 мин.

Заполнение ограничивающего перегона левее поезда № 181 начато с определения времени прибытия поезда № 2004 на станцию в

(0 ч 43 мин.), для чего от момента прибытия на разъезд поезда № 181 отложен влево интервал неодновременного прибытия (4 мин.). Далее, вычитая из 0 ч 45 мин. время хода четного поезда, а также время на разгон и замедление, получим время отправления поезда № 2004 со станции *г* (0 ч 15 мин.). Отступая влево на 2 мин. (интервал скрещения), получим время следования через станцию *в* поезда № 2001 (0 ч 13 мин.).

После заполнения ограничивающего перегона намеченные на нем линии хода поездов продолжаем вверх и вниз на следующие перегоны (пунктирные линии на рис. 21). После этого проверяем возможность прокладки на перегонах *А-б* и *б-в* поездов № 2002-2004, а на перегонах *г-д* и *д-Е* – поездов № 2001, 2006, 2008, 2011, 2013 и 2016 (см. рис. 21). Как видно из рис. 21, при зафиксированных временах пропуска поездов по ограничивающему перегону прокладка поездов № 2003 и 2004 на перегонах *А-б* и *б-в* невозможна из-за несоблюдения интервалов неодновременного прибытия. Это связано с разницей во времени хода по перегонам пассажирских и грузовых поездов.

Поэтому, проложив на перегоне *А-б* поезд № 2002, а затем поезд № 2003 с остановкой на разъезде *б* (рис. 22), получаем время его прибытия: 1 ч 55 мин. + 18 мин. + 1 мин. + 1 мин. = 2 ч 15 мин., после чего сдвигаем линию хода поезда № 2004 вправо, чтобы между прибытием поезда № 2003 и следованием поезда № 2004 соблюдался интервал неодновременного прибытия (4 мин.). Время отправления поезда № 2004 со станции *в* получаем вычитанием из времени его следования по разъезду *б* чистого времени хода и времени разгона: 1 ч 19 мин. – 22 мин. – 1 мин. = 0 ч 56 мин.

Чтобы не нарушить схему прокладки поездов на ограничивающем перегоне, линию хода поезда № 2003 на перегоне *б-в* прокладываем с учетом его разгона и замедления и, отложив от времени его прибытия на станцию *в* 4 мин., получим время следования по этой станции поезда № 2006 1 ч 47 мин. Исходя из этого момента находим время отправления поезда № 2006 со станции *г* (1 ч 47 мин. – 26 мин. – 1 мин. = 1 ч 20 мин.).

Далее строим новый вариант заполнения ограничивающего перегона до поезда № 182, соблюдая на станциях *в* и *г* интервал скрещения 2 мин. (см. рис. 22), а затем прокладываем нитки графика на остальных перегонах. При этом для сокращения времени хода поездов по участку на крайних перегонах *А-б* и *д-Е* нитки графика прокладываем с соблюдением интервала неодновременного прибытия на разъездах *б* и *в*

(4 мин.), а на средних перегонах предусматриваем отправление поездов с соблюдением интервала скрещения. Это обеспечивает возможность экономии на указанных перегонах топлива или электроэнергии за счет согласованного с поездным диспетчером увеличения времени хода вследствие временного отключения тяговых двигателей локомотивов.

Около точек пересечения линий хода с горизонтальными линиями, обозначающими оси отдельных пунктов, в тупом угле (рис. 20) ставится последняя цифра времени отправления, прибытия или следования поездов; исключение составляет цифра 0, которая не проставляется.

Во всех случаях остановка грузовых поездов (кроме сборных) на разъездах и промежуточных станциях предусматривается только для скрещения и обгона, причем из двух встречных поездов, один, как правило, должен проходить станцию без остановки.

В окончательном виде график движения поездов представлен на рис. 22.

Намечаем порядок оборота локомотивов, прибывающих с четными грузовыми поездами на станцию *A* (см. рис. 22), учитывая при этом время, необходимое для подготовки локомотива в пункте оборота к следующему рейсу (при электровозной и тепловозной тяге – не менее 25 мин.). Локомотив от поезда № 2002 может вести поезд № 2005, локомотив от поезда № 2004 – поезд № 2007 и т. д. Учитывая, что из-за пропуска четного пассажирского поезда № 182 под грузовой поезд № 2019 не оказывается локомотива, предусматриваем пропуск поезда № 2014 с двумя локомотивами, один из которых будет подан под поезд № 2017, а другой – под поезд № 2019.

График движения поездов и намеченный оборот локомотивов определяют продолжительность непрерывной работы локомотивных бригад, не превышающую установленную норму (7-8 ч), считая от момента выезда со станции *E* до возвращения на нее с учетом времени на прием и сдачу локомотивов.

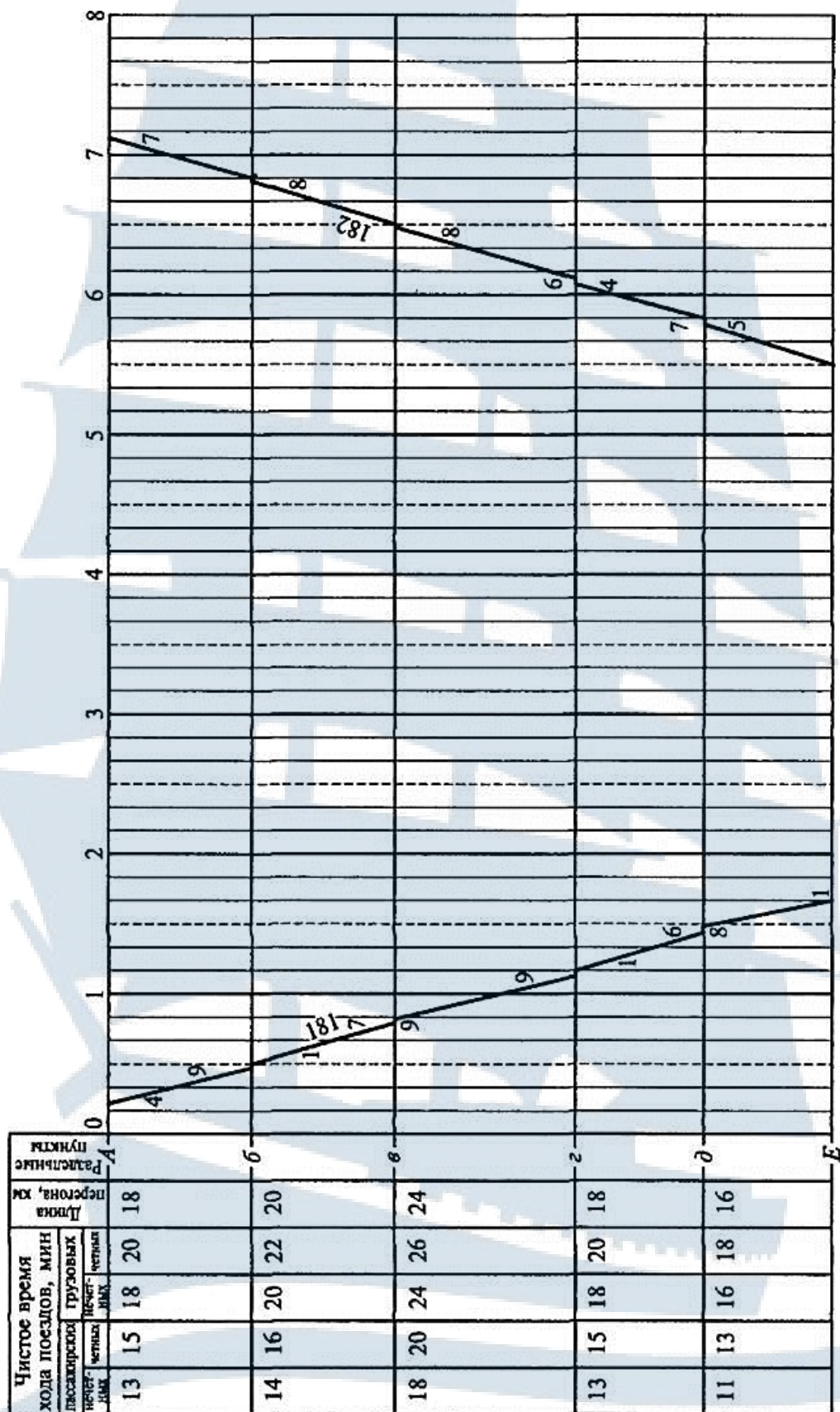


Рис. 20. Прокладка линий хода пассажирских поездов на графике

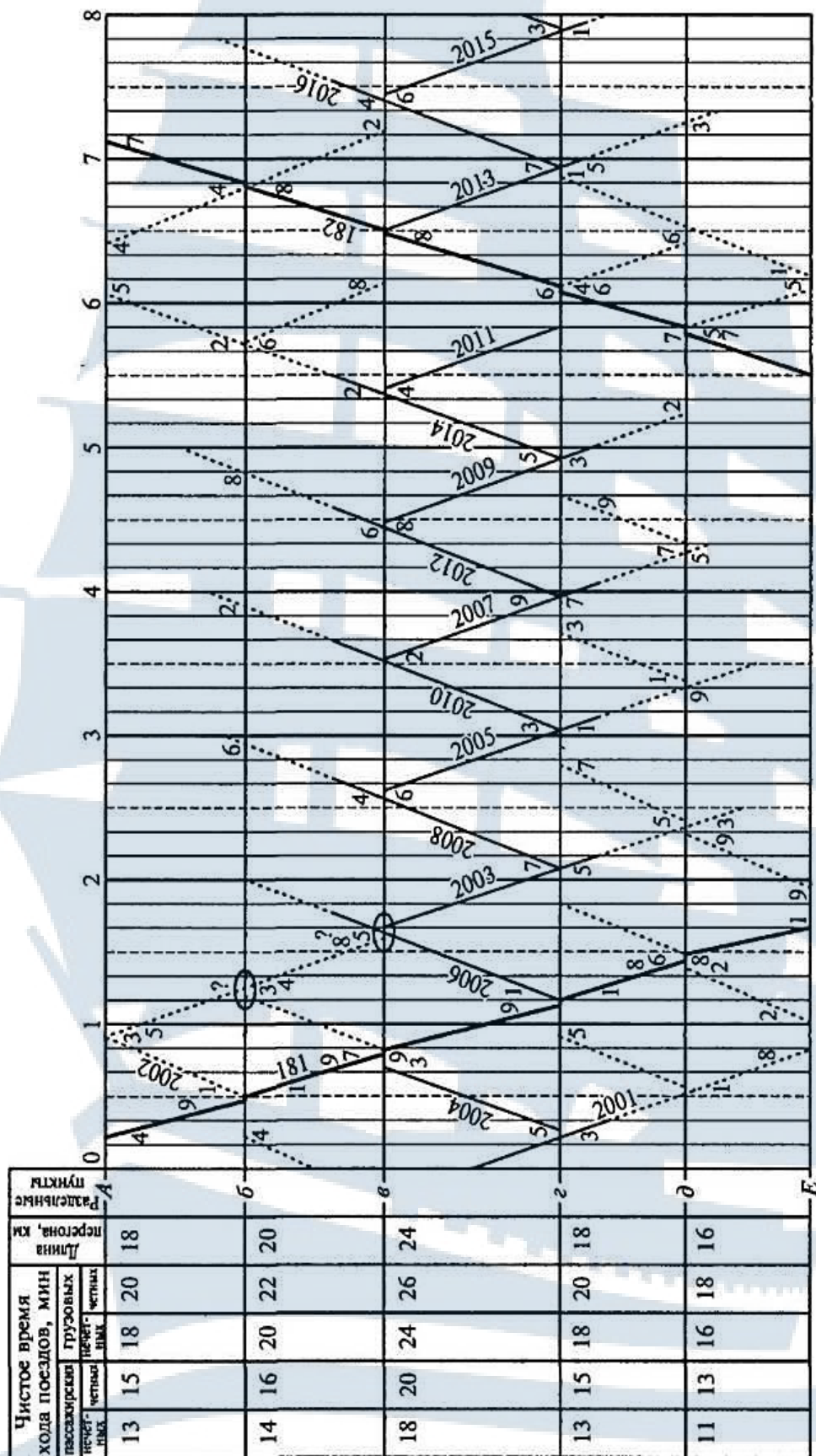


Рис. 21. Предварительная прокладка линий хода грузовых поездов на ограничивающем и смежных с ним перегонах

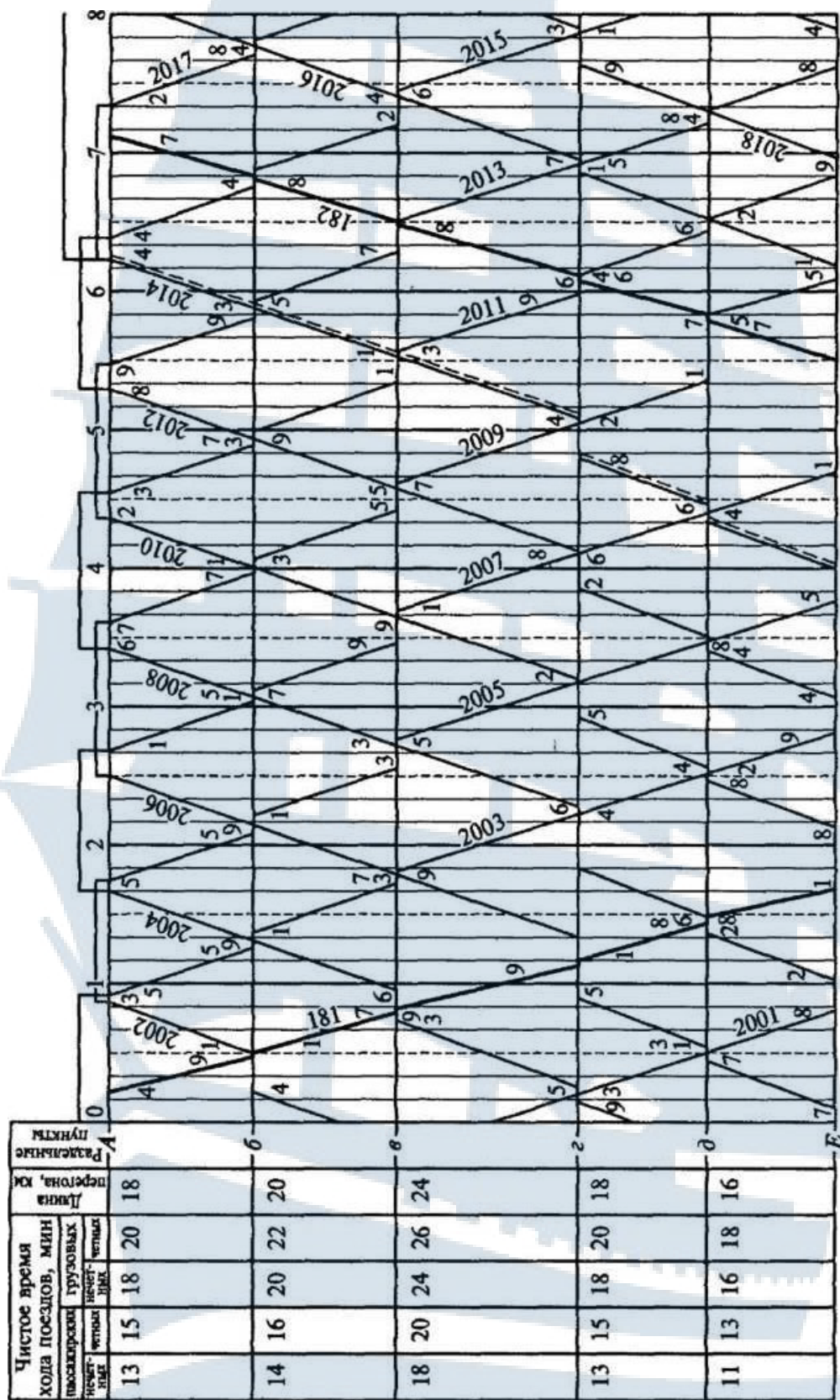


Рис. 22. Окончательный вариант графика движения поездов с увязкой локомотивов в пункте оборота

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодкий А.И. Транспортная инфраструктура: учебник / А.И. Солодкий, А.Э. Горев, Э.Д. Бондарева; под ред. А.И. Солодкого. – М.: Изд-во «Юрайт», 2021 – 290 с.
2. Транспортная инфраструктура: учеб. пособие / В.И. Потопов. – Электрон. текст. дан. (1,7 Мб). – Самара: Издательство Самарского университета, 2018. – 1 опт. компактдиск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК Pentium, Adobe Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.
3. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог / Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – М.: Информавтодор, 2012.
4. ГОСТ 32965-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».
5. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

**Чечеткина Анна Андреевна
Абросимов Евгений Александрович
Бураковская Марина Васильевна**

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Практикум
для студентов направления подготовки 23.03.01
«Технология транспортных процессов»
всех форм обучения

Ведущий редактор Н.В. Желтухина

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

Младший редактор Г.В. Деркач

Печать офсетная.

*Компьютерное редактирование
О.В. Савина*

Формат 60х90/16.

*Подписано в печать 29.09.2021 г.
Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 5,5.*

Заказ № 1695. Тираж 55 экз.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:

<https://bgarf.ru/akademia/#biblioteka>

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.

БГАРФ