

Министерство образования и науки Российской Федерации
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени ЯРОСЛАВА
МУДРОГО»

В. М. НИКИТИН

**ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И
ГОРОДСКИХ УЛИЦ**

Великий Новгород
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

В. М. НИКИТИН

**ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И
ГОРОДСКИХ УЛИЦ**

Учебное пособие к практическим занятиям

для студентов специальности 190600.62 – Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов

Великий Новгород
2014

УДК 625.7/8.004(075.8)
С50

Печатается по решению
РИС НовГУ

Рецензент

кандидат технических наук, доцент **Б. И. Чурсинов**,
кандидат технических наук, доцент **А. Н. Чадин**

Никитин В. М.

С50 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог
и городских улиц.: Учебное пособие к практическим занятиям / НовГУ
им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. – с.

В учебном пособии рассмотрены способы оценки пропускной способности автомобильных дорог.

Предназначено для студентов специальности 190600.62 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

УДК 629.114.3

© Новгородский государственный университет, 2014
© В. М. Никитин, составление 2014

ВВЕДЕНИЕ

Пропускная способность зависит от большого числа факторов: дорожных условий (ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости и др.), состава потока автомобилей, наличия средств регулирования, погодных-климатических условий, возможности маневрирования автомобилей по ширине проезжей части, психофизиологических особенностей водителей и конструкции автомобилей. Изменение каждого из этих факторов приводит к существенным колебаниям пропускной способности в течение суток, месяца, сезона и года. При частом расположении помех на дороге происходят значительные колебания скорости, приводящие к появлению большого числа автомобилей, движущихся в группах, а также снижению средней скорости всего потока.

На пропускную способность маршрута в целом существенно влияет время, затрачиваемое на преодоление узких мест отдельных участков дороги. Продолжительность этого времени может меняться от нескольких десятков секунд на регулируемых пересечениях до нескольких минут на затяжных подъемах и железнодорожных переездах. Увеличение этого времени может резко изменить пропускную способность и создать заторы, а также увеличить протяжение участка, на котором сказывается влияние затора на режим движения автомобилей. Поэтому снижение продолжительности преодоления узких мест позволяет улучшить условия движения не только в их зоне, но и в целом по дороге, повысить ее пропускную способность.

Определение пропускной способности необходимо не только для выявления участков, требующих улучшения условий движения, но и для оценки экономичности и удобства движения всего потока автомобилей по маршруту, выбора эффективных средств организации движения. Любая дорога может работать при нагрузках различной интенсивности. При этом предельной будет интенсивность, соответствующая пропускной способности дороги. Эффективность транспортной работы дороги может характеризоваться как пропускной способностью, так и интенсивностью, при которой движение по дороге наиболее экономично и оптимально по условиям работы водителя.

Пропускная способность автомобильных дорог может быть повышена:

- 1) проектированием сочетания элементов плана и продольного профиля, не вызывающих резкого изменения скоростей;
- 2) назначением ширины проезжей части, позволяющей разделить поток автомобилей по составу (дополнительные полосы на подъемах, на пересечениях в одном уровне) и обеспечивающей оптимальную загрузку, при которой движение происходит с достаточно высокими скоростями;

- 3) повышением ровности покрытия и его сцепных качеств;
- 4) реконструкцией пересечений в одном уровне (например, устройство разных типов канализированных пересечений) или устройством пересечений в разных уровнях;
- 5) выбором средств регулирования, обеспечивающих рациональный режим движения;
- 6) снабжением водителей полной информацией об условиях движения по маршруту;
- 7) улучшением работы дорожно-эксплуатационной службы, особенно зимой.

Существенное увеличение пропускной способности дорог можно достигнуть путем повышения динамических качеств автомобилей, особенно их приемистости (возможности быстро набирать скорость с места), и мастерства водителей. Повышая пропускную способность, можно добиться и увеличения скоростей с одновременным обеспечением безопасности движения. Это будет способствовать значительному повышению производительности автомобильного транспорта.

Учитывая сложность определения пропускной способности и ее зависимость от большого числа факторов, в Методических указаниях приведены не только общий метод оценки пропускной способности, но и методы, позволяющие детальнее учитывать условия движения на наиболее сложных участках дорог.

1. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ

Пропускная способность – максимальное число автомобилей, которое может пропустить участок в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодно-климатических условиях.

Следует различать: теоретическую, практическую и расчетную пропускные способности.

Теоретическую пропускную способность P_T определяют расчетом для горизонтального участка дороги, считая постоянными интервалы между автомобилями и однородным составом транспортного потока (состоящим только из легковых автомобилей). Теоретическая пропускная способность полосы автомобильной магистрали составляет около 2900 легковых авт/ч.

Под практической понимают пропускную способность, которая обеспечивается на дорогах в реальных условиях движения. Различают два вида практической пропускной способности: максимальную P_{max} ,

наблюдаемую на эталонном участке; практическую P в конкретных дорожных условиях.

Эталонный участок с максимальной практической пропускной способностью $P_{\max}$ характеризуется следующими дорожными условиями: имеются горизонтальные прямолинейные участки; расстояние между пересечениями более 5 км; полос движения не менее двух; ширина полосы 3,75 м; укрепленные обочины шириной 3 м; расстояние видимости превышает 800 м; сухое покрытие ровное, шероховатое; транспортный поток состоит только из легковых автомобилей; на обочинах отсутствуют боковые препятствия, снижающие скорость; благоприятные погодные-климатические условия.

Практическая пропускная способность P соответствует пропускной способности участков, имеющих худшие условия по сравнению с эталонным участком.

Расчетная пропускная способность характеризует экономически целесообразное число автомобилей, которое может пропустить в единицу времени участок в рассматриваемых дорожных условиях при принятой схеме организации движения.

Расчетная пропускная способность рассматривается как проектный показатель в совокупности с расчетной интенсивностью движения, который служит основой для назначения размеров геометрических элементов дорог и их сочетаний и обеспечивает на расчетную 20-летнюю перспективу оптимальные параметры работы дороги в специфических погодных-климатических условиях рассматриваемого района проектирования.

Показатель расчетной пропускной способности обосновывают расчетом. При этом принимают во внимание погодные-климатические условия, условия формирования интенсивности движения на дороге, характеристик рельефа местности; интенсивность и состав движения.

Расчетная пропускная способность

$$P_{\text{рас}} = k_p P_T, \quad (1.1)$$

где k_p – коэффициент перехода от теоретической пропускной способности к расчетной; P_T – теоретическая пропускная способность, легковых авт./ч.

Значения коэффициентов k_p приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Вид дороги	Категория рельефа по СнИПу	k_p в зависимости от категории дороги				
		I	II	III	IV	V
Подходы к крупным городам	1	0,80	0,92	0,99	1,00	1,00
	2	0,75	0,87	0,95	0,99	1,00
	3	0,65	0,77	0,86	0,94	1,00
Дороги промышленных зон и районов	1	0,90	0,96	0,99	1,00	1,00
	2	0,80	0,90	0,97	1,00	1,00
	3	–	0,79	0,90	0,96	1,00
Дороги сельскохозяйственных районов	1	–	0,90	0,98	1,00	1,00
	2	–	0,85	0,92	0,97	1,00
	3	–	–	–	0,93	0,98
Дороги курортных районов	1	0,71	0,82	0,92	0,98	1,00
	2	0,65	0,77	0,87	0,95	0,99
	3	0,55	0,68	0,80	0,90	0,95

Пропускная способность зависит от скорости движения, обеспечиваемой дорогой (рис. 1.1).

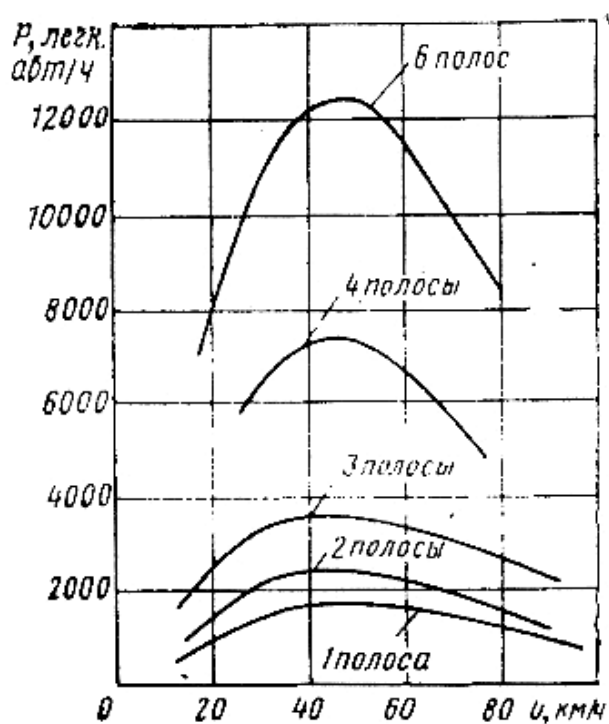


Рис. 1.1. Зависимость максимальной практической пропускной способности от скорости движения для дорог

2. МЕТОД РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ

При оценке практической пропускной способности в конкретных дорожных условиях рекомендуется использовать уравнение:

$$P = B \cdot P_{\max}, \quad (2.1)$$

где B – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов $\beta = \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{15}$; $P_{\max}$ – максимальная практическая пропускная способность, легковых авт/ч.

При оценке практической пропускной способности в реальных дорожных условиях для целей организации движения следует пользоваться уравнением:

$$P = \omega \cdot \alpha \cdot v_0 \cdot q_{\max}, \quad (2.2)$$

где ω – коэффициент, зависящий от загрузки встречной полосы движения ($\omega=1,3$ при малой загрузке встречной полосы $z \leq 0,4$; $\omega=1$ при равном распределении интенсивности по встречным полосам; $\omega=0,99$ при высокой загрузке встречной полосы $z \geq 0,4$); α – коэффициент, зависящий от дорожных условий и типа дорог; v_0 – скорость движения в свободных условиях на рассматриваемом участке, км/ч; $q_{\max} = L / l$ – максимальная плотность движения на рассматриваемом участке, авт/км; L – длина участка; l – интервал между автомобилями.

Таблица 2.1

Автомобильная дорога	Ширина, м		β_1
	полосы	проезжей части	
Многополосная	$\leq 3,0$	–	0,9
	3,5	–	0,96
	$\geq 3,75$	–	1,0
Двухполосная	–	6,0	0,85/0,54*
	–	7,0	0,9/0,71*
	–	7,5	1,0/0,87*

* В знаменателе приведены коэффициенты при наличии снежного наката на полосе движения.

При расчетах следует исходить из следующей максимальной практической пропускной способности ($P_{\max}$ легковых авт/ч):

Однополосные дороги, имеющие разъезды.....	800 в оба направления
Двухполосные дороги.....	2000 » »
Трехполосные дороги.....	4000 » »
Автомобильные магистрали, имеющие 4 полосы..	2000 по одной полосе
То же, 6 полос.....	2200 » »
То же, 8 полос.....	2300 » »

Значения коэффициента β_1 приведены в табл. 2.1. Коэффициент β_2 имеет следующие значения:

Ширина обочины, м.....	3,75	3,0	2,50	2,0	1,5
β_2	1,0	0,97	0,92	0,8	0,7

Коэффициенты $\beta_3 - \beta_5$ приведены в табл. 2.3–2.5.

Коэффициенты $\beta_6 - \beta_8$ имеют следующие значения:

Расстояние видимости, м	<50	50–100	100–150	150–250	250–350	>350
β_6	0,68	0,73	0,84	0,80	0,98	1,0
Радиус кривой в плане, м	<100	100–250	250–450	450–600	>600	
β_7	0,85	0,90	0,96	0,99	1,0	
Ограничение скорости знаком, км/ч.....	10	20	30	40	50	60
β_8	0,44	0,76	0,88	0,96	0,98	1,0

Таблица 2.3

Расстояние от кромки проезжей части до препятствия, м	β_3 при ширине полосы движения, м					
	Боковые помехи с одной стороны			Боковые помехи с обеих сторон		
2,5	1,0	1,0	0,98	1,0	0,98	0,96
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75
0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,70

Таблица 2.4

Количество автопоездов в потоке, %	β_4 при числе легких и средних грузовых автомобилей, %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,86
5	0,97	0,96	0,91	0,88	0,84
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70

Примечание. Коэффициент β_4 на подъемах не учитывают, так как состав движения учтен при определении коэффициента β_5 .

Таблица 2.5

Продольный уклон, %	Длина подъема, м	β_5 при количестве автопоездов в потоке, %				Продольный уклон, %	Длина подъема, м	β_5 при количестве автопоездов в потоке, %			
		2	5	10	15			2	5	10	15
20	200	0,98	0,97	0,94	0,89	50	200	0,90	0,85	0,80	0,74
	500	0,97	0,94	0,92	0,87		500	0,86	0,80	0,75	0,70
	800	0,96	0,92	0,90	0,84		800	0,82	0,76	0,71	0,64
30	200	0,96	0,95	0,93	0,86	60	200	0,83	0,77	0,70	0,63
	500	0,95	0,93	0,91	0,83		500	0,77	0,71	0,64	0,55
	800	0,93	0,90	0,88	0,80		800	0,70	0,63	0,53	0,47
40	200	0,93	0,90	0,86	0,80	70	200	0,75	0,68	0,60	0,55
	500	0,91	0,88	0,83	0,76		300	0,63	0,55	0,48	0,41
	800	0,88	0,85	0,80	0,72						

Значения коэффициента β_9 приведены в таб.2.6.

Таблица 2.6

Число автомобилей, поворачивающих налево, %	Тип пересечения					
	Т–образное			четырёхстороннее		
	β_9 при ширине проезжей части основной дороги, м					
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
Необорудованное пересечение						
0	0,97	0,98	1,00	0,94	0,95	0,98
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,91
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70
Частично оборудованное пересечение с островками без переходно–скоростных полос						
0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,99	1,0
20	0,97	0,98	1,0	0,98	0,97	0,99
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92
Полностью канализированное пересечение						
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	0,97	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98

Коэффициенты $\beta_{10} - \beta_{14}$ имеют следующие значения:

	β_{10}
Обочины имеют то же покрытие, что и проезжая часть	1,0
Обочины укреплены: щебнем с краевой полосой из бетонных плит;	
щебнем без краевой полосы	0,99
засевом трав.....	0,95
Неукрепленные обочины в сухом состоянии.....	0,90
Скользкие, покрытые грязью обочины.....	0,45

	β_{11}
Шероховатое асфальто– или цементобетонное, черное	
щебеночное покрытие.....	1,0

Асфальтобетонное покрытие без поверхностной обработки.....	0,91
Сборное бетонное покрытие.....	0,86
Булыжная мостовая.....	0,42
Грунтовая дорога без пыли, сухая.....	0,90
То же, размокшая.....	0,1–0,3

β_{12}

Площадка отдыха, бензозаправочные станции или остановочные площадки с полным отделением от основной дороги и наличием специальной полосы для въезда.....	1,0
То же, при наличии только отгона ширины.....	0,98
То же, при отсутствии полосы и отгона.....	0,80
То же, без отделения от основной проезжей части.....	0,64

β_{13}

Осевая разметка.....	1,02
Краевая и осевая разметки.....	1,05
Разметка полос на подъемах с дополнительной полосой.....	1,50
То же, на четырехполосной дороге.....	1,23
То же, на трехполосной дороге.....	1,30
Двойная осевая разметка.....	1,12

β_{14}

Знак ограничения скорости.....	$\beta_{14} \approx \beta_8$
Указатели полос движения.....	1,10

Значения коэффициента β_{15} приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Число автобусов в потоке, %	β_{15} при числе легковых автомобилей в потоке, %					
	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Приведение различных транспортных средств к легковым автомобилям производят с помощью коэффициента (СНиП П-Д.5-72):

Легковые автомобили	1,0
Мотоциклы с коляской	0,75
» и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т	1,5
То же, 6 т	2,0
» 8 т	2,5
» 14 т	3,0
» свыше 14 т	3,5
Автопоезда грузоподъемностью до 6 т	2,5
То же, 12 т	3,0
» 20 т	4,0
» 30 т	5,0
» свыше 30 т	6,0
Автобусы	3,5

3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1 Расчет пропускной способности дорог с учетом погодно- климатических факторов

Задача 1. Исходные данные: прямолинейный горизонтальный участок двухполосной дороги; состав движения: легковые автомобили – 20%; грузовые – 65%; автопоезда – 15%. Проезжая часть покрыта плотным слоем снежного наката (коэффициент сцепления равен 0,3); слабый туман (видимость встречного автомобиля 350 м); загрузка дороги движением равномерная в обоих направлениях.

Пропускную способность полосы движения определяют по формуле 2.2.

$K_{p.c.}$ определяют по рис.2.4,б [2] для коэффициента сцепления 0,3 и видимости встречного автомобиля 360 м: $K_{p.c.}=0,6$.

Максимальную скорость в эталонных условиях $v_{эmax}$ принимают равной 120 км/ч [2].

Максимальную скорость в фактических условиях вычисляют по формуле (2.13) [2] $v_{фmax}=K_{p.c.} \cdot v_{эmax}=0,6 \cdot 120=72$ км/ч.

Среднее квадратичное отклонение определяют по рис. 2.2,а [2]. для $v_{фmax}=72$ км/ч: $\sigma_v=8,5$ км/ч.

Среднюю скорость движения определяют по формуле (2.12) [2].

$$v_0=v_{фmax}-3\sigma_v=72-3 \cdot 8,5=46,5 \text{ км/ч.}$$

Коэффициент $\omega=0,7$.

Коэффициент α вычисляют по формуле (2.15) [2]:

$$\alpha=0,65-0,00425 \cdot v_{\text{фmax}}=0,65-0,0045 \cdot 72=0,326.$$

Максимальная плотность для заданного состава движения $q_{\text{max}}=85$.

Подставляя полученные значения в формулу (2.2) пропускной способности, получим: $P=0,7 \cdot 0,326 \cdot 46,5 \cdot 85=902$ авт/ч.

Задача 2. Исходные данные: прямолинейный участок двухполосной дороги со спуском в 40‰. Состав движения: легковые автомобили – 20%; грузовые – 65%, автопоезда – 15%. Проезжая часть мокрая ($\varphi=0,45$), состояние погоды – ясно; загрузка дороги движением равномерная в обоих направлениях.

Пропускную способность полосы движения определяют по формуле (2.2).

$K_{\text{р.с.}}$ определяют по рис.2.4,б [2] для коэффициента сцепления 0,45 и продольного уклона 40‰: $K_{\text{р.с.}}=0,8$.

Максимальную скорость в эталонных условиях $v_{0\text{max}}$ принимают равной 120 км/ч.

Максимальную скорость в фактических условиях вычисляют по формуле (2.13) [2]: $v_{\text{фmax}}=0,8 \cdot 120=96$ км/ч.

Среднее квадратичное отклонение скорости определяют по рис.2.2,а [2] для $v_{\text{фmax}}=108$ км/ч; $\sigma_v=12$ км/ч.

Среднюю скорость движения определяют по формуле (2.12) [2]

$$v_0=96-3 \cdot 12=60 \text{ км/ч.}$$

Коэффициент $\omega=0,8$.

Коэффициент α определяют по формуле (2.16) [2]:

$$\alpha=0,65-0,00425 \cdot 96=0,242.$$

Максимальная плотность для заданного состава движения $q_{\text{max}}=85$.

Подставляя полученные значения в формулу (2.2), получаем:

$$P=0,8 \cdot 0,242 \cdot 60 \cdot 85=987 \text{ авт/ч.}$$

Задача 3. Исходные данные: прямолинейный участок автомобильной магистрали с подъемом 20‰; состав движения: легковые автомобили – 20%; грузовые – 65%; автопоезда – 15%. Проезжая часть покрыта слоем рыхлого снега ($\varphi=0,2$), состояние погоды – сильный снегопад; загрузка дороги движением равномерная в обоих направлениях.

Пропускную способность полосы движения определяют по формуле (5.2).

$K_{p.c.}$ определяют по рис. 2.6,б[2] (для $f=0,10$ и $h=40$ мм при продольном уклоне 20%); $K_{p.c.}=0,40$.

Максимальную скорость в эталонных условиях принимают равной 120 км/ч.

Максимальную скорость в фактических условиях вычисляют по формуле (2.13) [2] $v_{фmax}=0,40 \cdot 120=48$ км/ч.

Среднее квадратичное отклонение определяют по рис.2.2,б [2] для $v_{фmax}=48$ км/ч; $\sigma_v=1,8$ км/ч.

Среднюю скорость движения определяют по формуле (2.12) [2]

$$v_0=48-3 \cdot 1,8=42,6 \text{ км/ч.}$$

Коэффициент $\omega=0,8$.

Коэффициент α вычисляют по формуле (2.16) [2] :

$$\alpha=0,68-0,005 \cdot 48=0,44.$$

Максимальная плотность $q_{max}=85$ авт·км.

Подставляя полученные значения в формулу (2.2). получаем

$$P=0,8 \cdot 0,44 \cdot 42,6 \cdot 85=1274 \text{ авт/ч.}$$

Задача 4. Исходные данные: горизонтальный участок двухполосной дороги на кривой в плане $R=400$ м; состав движения: легковые автомобили – 20% , грузовые – 65% ; автопоезда – 15% . Проезжая часть покрыта слоем снежного наката ($\phi=0,2$); загрузка дороги движением равномерная в обоих направлениях; состояние погоды – ясно, скорость ветра 5 м/с.

Пропускную способность полосы движения определяют по формуле (2.2).

$K_{p.c.}$ определяют по рис. 2.7,в [2]; для снежного наката на покрытии с коэффициентом сцепления $0,2$ и скоростью ветра 5 м/с при $R=400$ м $K_{p.c.}=0,8$.

Максимальную скорость в эталонных условиях $v_{эmax}$ принимают равной 120 км/ч.

Максимальную скорость в фактических условиях определяют по формуле (2.13) [2] : $v_{фmax}=0,8 \cdot 120=96$ км/ч.

Среднее квадратичное отклонение определяют по рис.2.2, а [2] для $v_{фmax}=96$ км/ч: $\sigma_v=12$ км/ч.

Среднюю скорость движения определяют по формуле (2.12) [2]:

$$v_0=96-3 \cdot 12=60 \text{ км/ч.}$$

Коэффициент ω принимают $\omega=0,8$.

Коэффициент α определяют по формуле (2.15) [2]:

$$\alpha=0,65-0,00425 \cdot 96=0,242.$$

Максимальная плотность для заданного состава движения $q_{max}=85$ авт·км.

Подставляя полученные значения в формулу (2.2), получаем

$$P=0,8 \cdot 0,242 \cdot 60 \cdot 85=987 \text{ авт/ч.}$$

Задача 5. Исходные данные: прямолинейный участок двухполосной дороги; состав движения: легковые автомобили – 20%; грузовые – 65%; автопоезда – 15%; ширина проезжей части 7,5 м (по 0,25 м от кромки – обледенелые прикромочные полосы); состояние погоды – ясно; загрузка дороги движением равномерная в обоих направлениях.

Пропускную способность полосы движения определяют по формуле (2.2.).

$K_{p.c.}$ определяют по рис. 2.6, а [2] для чистой проезжей части шириной 7м и при обледенении прикромочной полосы по 0,25 м от кромки для схемы ЗИЛ-130+ВАЗ-2103: $K_{p.c.}=0,7$.

Максимальную скорость в эталонных условиях $v_{\max}$ принимают равной 120 км/ч.

Максимальную скорость в фактических условиях вычисляют по формуле (2.13) [2] $v_{\phi \max}=0,7 \cdot 120=84$ км/ч.

Среднее квадратичное отклонение определяют по формуле (2.2,а) [2] для $v_{\phi \max}=84$ км/ч: $\sigma_v=10$ км/ч.

Среднюю скорость движения определяют по формуле (2.12) [2]:

$$v_0=84-3 \cdot 10=54 \text{ км/ч.}$$

Коэффициент ω принимают $\omega=0,7$.

Коэффициент α определяют по формуле (2.15) [2]:

$$\alpha=0,65-0,00425 \cdot 84=0,293.$$

Максимальная плотность для заданного состава движения $q_{\max}=85$ авт·км.

Подставляя полученные значения в формулу (2.2), получаем

$$P=0,7 \cdot 0,293 \cdot 54 \cdot 85=941 \text{ авт/ч.}$$

3.2. Расчет пропускной способности пересечений в одном уровне

Задача 1. Исходные данные для расчета пропускной способности пересечения в одном уровне: пересечение необорудованное, суммарная интенсивность движения по главной дороге $N_{гд} = 240$ авт/ч, радиусы съездов равны 10 м, продольный уклон главной дороги 25‰, длина подъема 200 м. Доля медленно движущихся автомобилей составляет 15%. Распределение интенсивности по направлениям: $n_{л} = 15\%$; $n_{пп} = 36\%$.

1. Параметры функции распределения автомобилей в транспортном потоке по главной дороге определяют по формуле 3.3 [2].

По табл. 3.2 [2] $\xi_M=0,55$, так как расстояние от подъема равно 0; по табл. 3.3 [2]: $\xi=0,01$ при длине подъема 200 м и уклоне 25‰. $A = 0,55 e^{-0,01}$; $A = 0,55 \cdot 1,01005 = 0,56$.

Параметр B определяют по рис. 3.4 [2]; $B=0,27$, $A+B+C=1$.

$C = 1 - 0,56 - 0,27 = 0,17$.

Коэффициент β_i определяют по рис. 3.57 [2] с учетом A : $\beta_1 = 0,68$.

Параметр t_{cp} определяют по рис. 3.6 [2]. При заданной интенсивности движения $\Delta t_{cp} = 13,8$ с.

Пропускная способность пересечения в приведенных единицах

$$N_{BT \max} = 240 \left(\frac{0,56 e^{-0,68}}{1 - e^{-0,18}} + \frac{0,27 e^{-3,2}}{1 - e^{-0,93}} + \frac{0,17 e^{-5,8}}{1 - e^{-1,5}} \right) =$$

$$= 240 \left(\frac{0,56 \cdot 0,53}{1 - 0,83} + \frac{0,27 \cdot 0,04}{1 - 0,37} + \frac{0,17 \cdot 0,05}{1 - 0,22} \right) = 785 \text{ авт / ч.}$$

Предельная интенсивность движения по второстепенной дороге (см. формулу (3.3) [2].

$$N_{\max} = \frac{785 - 1,1 \cdot 240 \cdot 0,15}{1,1 \cdot 0,15 + 1,0 \cdot 0,5 + 0,67 \cdot 0,35} = 830 \text{ авт / ч.}$$

Следовательно, при заданной интенсивности движения по главной дороге наибольшая суммарная интенсивность движения по второстепенной дороге составляет 830 авт/ч.

Задача 2. Исходные данные для расчета пропускной способности канализированного пересечения в одном уровне: $N_{ГЛ} = 540$ авт/ч, продольный уклон главной дороги 5‰, расстояние до подъема протяжением 200 м и уклоном 40‰ составляет 750 м, доля медленно движущихся автомобилей в потоке 20%; $n_{л} = 0,4$; $n_{пр} = 15$; $N_{ГЛ.Л} = 180$ авт/ч. $A = \xi_M \cdot e^{-\xi_{л}}$; $\xi_M = 0,57$; $\xi_{л} = 0,05$; $A = 0,55$; $B = 0,24$; $C = 0,21$; $\beta_1 = 0,67$; $\Delta t_p = 11,6$ с;

$$\begin{aligned}
N_{BT \max} &= 540 \left(\frac{0,55e^{-1,17}}{1-e^{-0,4}} + \frac{0,24e^{-6,1}}{1-e^{-2,1}} + \frac{0,21e^{-10}}{1-e^{-23,4}} \right) = \\
&= 540 \left(\frac{0,55 \cdot 0,31}{1-0,67} + \frac{0,24 \cdot 0,02}{1-0,12} + 0 \right) = 307 \text{ авт / ч.}; \\
N_{\max} &= \frac{307 - 180 \cdot 0,6}{0,65 \cdot 0,4 + 0,7 \cdot 0,45 + 0,1 \cdot 0,15} = 330 \text{ авт / ч.}
\end{aligned}$$

Следовательно, при заданных условиях движения и планировке пересечения на главную дорогу со второстепенной может выйти 330 авт/ч.

3.3. Оценка пропускной способности кольцевых пересечений

Задача 1. Оценить пропускную способность кольцевого пересечения, по которому получены данные по интенсивности движения и распределению потоков по направлениям (картограмму интенсивностей движения см. на рис. 3.9). Состав движения: легковые автомобили – 22%; грузовые малой грузоподъемности – 18%; средней грузоподъемности – 30%; большой грузоподъемности – 16%; автобусы – 6%, автопоезда – 8%. Диаметр центрального островка $D_{\text{ЦО}} = 46\text{м}$. Пересекающиеся дороги – двухполосные II категории. Все въезды на кольцевом пересечении однополосные $n_1 = n_2 = 1$.

Для всех въездов определяют коэффициенты состава движения k_C по формуле (3.7) [2]:

$$k_C = 1 \cdot 0,22 + 1,4 \cdot 0,18 + 1,7 \cdot 0,3 + 2,3 \cdot 0,16 + 2,9 \cdot 0,06 + 3,5 \cdot 0,08 = 1,8$$

Для всех въездов $n_1 = n_2 = 1$; по табл. 3.6 [2] находим: $A = 1500$; $B = 0,67$. При $D_{\text{ЦО}} = 46\text{м}$; $C = 1$ (см. стр. 63) [2].

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение

$$P_B = \frac{C}{k_C} (A - B N_K).$$

Расчет ведется в табличной форме (табл. 1).

Сравнение коэффициентов загрузки движением на въездах с $z_{\text{опт}} = 0,65$ показывает (см. табл. 1), что на въездах 1 и 3 загрузка движением превышает экономически эффективный уровень, а на въезде 1 близка к режиму практической пропускной способности.

Для повышения пропускной способности данного кольцевого пересечения въезды 1 и 2 необходимо уширить до двухполосного.

При уширении наиболее загруженного въезда 1 до двухполосного будем иметь $n_1 = 1$; $n_2 = 2$; $C = 1$; $A = 1800$; $B = 0,45$.

Отсюда:

$$P_B = \frac{1}{1,8} (1,8 - 0,45 \cdot 703) = 824 \text{ авт / ч};$$

$$z = \frac{456}{824} = 0,55 < 0,65.$$

Выводы. 1. Данное кольцевое пересечение работает в режиме, близком к практической пропускной способности, что приводит к большим потерям времени автотранспортом.

Для улучшения условий движения необходимо уширить въезды 1 и 3 до двух полос (см. табл. 6.1) [2].

Таблица 1

№ въезда	k_C	C	A	B	N_K прив. легковых авт/ч	P_B , авт/ч	N_B , авт/ч	Z
1	1,80	1,00	1500	0,67	706	570	456	0,80
2	1,80	1,00	1500	0,67	738	559	352	0,63
3	1,80	1,00	1500	0,67	661	587	396	0,67
4	1,80	1,00	1500	0,67	698	574	358	0,62

Примечание. Значения N_K прив. получены по картограмме интенсивностей движения (см. рис. 3.9 [2]) с учетом коэффициентов k_C . Для каждого въезда определяют коэффициент загрузки движения (см. табл. 1).

Таблица 2

№ въезда	k_C	C	n_1	n_2	A	B	N_K прив. легковых авт/ч	P_B , авт/ч	N_B , авт/ч	Z
1	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	441	845	320	0,38
2	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	540	601	180	0,30
3	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	577	858	260	0,30
4	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	432	639	240	0,38

2. При дальнейшем росте интенсивности движения для обеспечения высокой пропускной способности и эффективной работы кольцевого пересечения необходимо уширение до двух полос движения и въездов 2 и 4 (см. табл. 6.1) [2].

3.4. Расчет пропускной способности пересечений в одном уровне на многополосной дороге

Задача 1. Определить пропускную способность участка разворота с остановкой автомобилей на многополосной дороге при следующих условиях. Интенсивность движения по главной дороге в одном направлении $N_{гд} = 1000$ легковых авт/ч. Интенсивность движения по второстепенной дороге в часы пик 200 легк. авт/ч. Суммарная интенсивность движения левоповоротных и правоповоротных потоков 120 легковых авт/ч, через участок разворота проходит 60 легковых авт/ч. Минимальные интервалы времени между автомобилями, выполняющими маневр разворота с остановкой, $\delta t = 2,2$ с. Граничный интервал времени при 85% обеспеченности $\Delta t_{гр} = 8,2$ с. (табл. 3.8).

Используя формулу (3.14) [2], определяем пропускную способность участка разворота:

$$P_B = 1000 \left(\frac{e^{-1000 / 3600(8,2-1)}}{1 - e^{-1000 / 3600 \cdot 2,2}} \right) = 249 \text{ авт / ч};$$

Таким образом, участок, на котором автомобили выполняют маневр разворота с остановкой, может пропустить 249 легковых автомобилей за 1 ч.

3.5. Расчет пропускной способности железнодорожного переезда

Задача 1. Автомобильная дорога II категории пересекает однопутную железную дорогу. Ширина проезжей части 7,5 м. Автомобильная дорога на подходах к переезду имеет прямые горизонтальные участки. Железнодорожный переезд большую часть времени открыт. Интенсивность движения по железной дороге не превышает 1 – 2 поезда/ч.

Расчет пропускной способности переезда осуществляют в такой последовательности.

1. Определяют свободную скорость автомобилей через переезд: $v_0=45\text{км/ч}$.

2. Устанавливают, что легковых автомобилей в потоке 50% и через переезд проходит 1 поезд в 1 ч.

3. По результатам обследования определяют, что плотность движения автомобилей равна 20 авт-км.

Из табл. 3.7 [2] берут значения q_0 и $q_{\max}$, которые соответственно равны 15 и 80 авт-км.

4. По результатам измерений ровности определяем, что она является хорошей.

5. Из табл. 3.9 – 3,3 [2] находят коэффициенты снижения пропускной способности: $\beta_1^{(n)} = 0,93$; $\beta_2^{(n)} = 0,98$; $\beta_3^{(n)} = 0,96$; $\beta_4^{(n)} = 1$; $\beta_5^{(n)} = 1$.

Пропускную способность железнодорожного переезда для первого случая определяют по формуле (3.17) [2]:

$$P_{ж.л} = N_{\max} = 0,5 \cdot 45 \cdot 80 \cdot \left(1 - \frac{80 - 2 \cdot 15}{2(80 - 15)}\right) = 1100 \text{ авт/ч.}$$

Если нельзя получить данные экспериментальным путем, пропускную способность железнодорожного переезда определяют по формуле (3.19), используя данные табл. 3.9–5.3 [2]. Для данного примера пропускная способность $P_{ж.л}$ переезда равна 1300 авт/ч.

Коэффициенты снижения пропускной способности $\beta_1^{(n)}$; $\beta_2^{(n)}$; $\beta_3^{(n)}$; $\beta_4^{(n)}$; $\beta_5^{(n)}$.

Подставляя все значения, получим

$$P_{ж.л} = 1300(0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1) = 1144 \text{ авт/ч.}$$

3.6. Расчет пропускной способности съездов пересечений в разных уровнях

Задача 1. Определить пропускную способность правоповоротного съезда пересечения по типу полного клеверного листа, имеющего полосу ускорения. Радиус съезда 125 м, продольный уклон на подъеме съезда 30‰, длина подъема 200 м, расстояние видимости 200 м; легковых автомобилей— 20%, тяжелых (автопоездов) в потоке на съезде – 10%. Дорожные условия на главной дороге: интенсивность движения по основной полосе – 600 авт/ч, тяжелых автомобилей – 12%, расстояние от предыдущего съезда, на которой нет переходно-скоростной полосы, – 600 м.

Для этих условий коэффициент A равен 0,82 (табл. 4.3) [2]; по графику (рис.4.3) [2] коэффициент $B = 0,18$; $D = 12(A + B) = 0$ по графику (рис. 4.4) [2] коэффициент $\beta = 0,91$; $\Delta t_{гр} = 3$ с; $\delta t = 3,6$ с.

Параметр распределения

$$\lambda = \frac{N_0}{3600} \Delta t_{гр} = \frac{600}{3600} = 0,5.$$

Максимальная интенсивность движения на съезде из условия вливания в основной поток

$$N_C = N_0 \cdot \left(\frac{0,82e^{-99 \cdot 0,5}}{1 - e^{-91 \cdot 0,6}} + \frac{0,18e^{-1,8 \cdot 0,5}}{1 - e^{-1,8 \cdot 0,6}} \right) = 600 \cdot \left(\frac{0,82 \cdot 0,64}{1 - 0,57} + \frac{0,18 \cdot 0,407}{1 - 0,34} \right) = 795 \quad \text{авт ч.}$$

По формуле (2.1) устанавливают пропускную способность съезда: $P_C = P_{\max} \psi_4 \psi_5 \psi_6 = 1800 \cdot 0,93 \cdot 0,90 \cdot 0,9 = 1355$ авт/ч.

Пропускная способность съезда определяется условиями вливания в основной поток $P_C > N_C$ и составляет 795 авт/ч.

3.7. Расчет пропускной способности участков в пределах населенных пунктов сельского типа

Задача 1. Населенный пункт А расположен на прямом горизонтальном участке автомобильной дороги, длина застройки $L = 0,6$ км, расстояние от

кромки проезжей части до линии застройки $l=8$ м, сооружения обслуживания отсутствуют, интенсивность движения на пешеходном переходе в часы «пик» $N_{\Pi} = 70$ чел/ч. Для всех рассматриваемых далее примеров принято, что ширина проезжей части автомобильной дороги 7,5 м, ширина обочины 2,5 – 3 м, интенсивность движения автомобилей $N=1200$ авт/ч.

Свободная скорость движения в населенном пункте А по формуле (2.2) $v = 57,28 - 8,1 \cdot 0,6 + 2,3 \cdot 8 - 0,38 \cdot 0,6 \cdot 8 = 72,64$ км/ч.

Скорость движения автомобилей в зоне пешеходного перехода по формуле (2.3) $v = 25,4 - 0,06 \cdot 70 \cdot 0,008 \cdot 1200 + 0,38 \cdot 72,64 = 39,2$ км/ч.

Пропускная способность участка дороги в пределах населенного пункта А в первом приближении можно определить по графику (рис. 2.2). Она составит $P_{\Pi\Pi} = 1750$ авт/ч. Точнее вычисляют по формуле (2.6) [2]: $P_{\Pi\Pi} = (1968,8 - 487,5 \cdot 0,6 + 11,2 \cdot 8 + 7,5 \cdot 0,6 \cdot 8) \cdot 1 = 1801,9$ авт/ч. Коэффициент $k_1 = 1$ берут из табл. 2.2.

Определим пропускную способность участка дороги в пределах населенного пункта, аналогичного населенному пункту А, но с расстоянием от кромки проезжей части до линии застройки $l = 20$ м:

$$P_{\Pi\Pi} = (1968,8 - 487,5 \cdot 0,6 + 11,2 \cdot 20 + 7,5 \cdot 0,6 \cdot 20) \cdot 1 = 1990,3 \text{ авт/ч.}$$

3.8. Расчет пропускной способности мостовых переходов на двухполосных дорогах

Задача 1. Рассчитать пропускную способность большого мостового перехода. Исходные данные: ширина проезжей части на подходе к мосту 7,5 м, ширина проезжей части моста 7 м; длина моста 100 м. Подходы к мосту горизонтальные и прямолинейные; мост горизонтальный и прямолинейный. Загрузка встречной полосы движения более 0,8.

Пропускную способность полосы движения моста рассчитывают по формуле (2.7) [2]: $P_M = 420 + 43 \cdot 7 - 2,285 \cdot 100 + 0,257 \cdot 7 \cdot 100 = 680$ авт/ч.

Пропускную способность полосы движения на подходе к мосту определяют по формуле (2.4) [2]:

$$P = 413 + 27 \cdot 7,5 - 4,07 \cdot 0 + 434,6 \cdot 1 = 1050 \text{ легковых авт/ч}$$

Ввиду того что полученное значение пропускной способности моста (680 авт/ч) меньше пропускной способности на подходе (1050 авт/ч), пропускную способность мостового перехода принимают равной пропускной способности моста (680 авт/ч).

Задача 2. Определить пропускную способность мостового перехода. Исходные данные: ширина проезжей части моста 8 м, длина моста 200 м. Мост имеет продольный уклон 20‰, расположен на кривой в плане с $R=800$ м, ширина проезжей части на подходе 8 м, продольный уклон 30‰ и на подходе к мосту имеется кривая в плане $R=600$ м. Загрузка встречной полосы более 0,8.

Пропускную способность полосы движения моста определяют по формуле (2.8) [2], пропускную способность полосы движения (P) по формуле (2.4) [2] $P = 413 + 27 \cdot 8 - 4,07 \cdot 20 + 0,65 \cdot 800 + 434,6 \cdot 1 = 818,4$ легковых авт/ч.

По табл. 2.6 для данного моста коэффициент снижения пропускной способности $k_M = 0,6$.

Затем по формуле (2.9) [2] рассчитывают пропускную способность моста $P = 818,4 \cdot 0,6 = 491$ легковых авт/ч.

Пропускную способность полосы движения на подходе к мосту определяют по формуле (2.4) [2]:

$$P = 413 + 27 \cdot 8 - 4,07 \cdot 30 + 0,065 \cdot 600 + 43,46 = 980 \text{ легковых авт/ч.}$$

Полученное значение пропускной способности моста ($P_M = 491$ легк. авт/ч) меньше пропускной способности подхода, поэтому пропускную способность мостового перехода принимают равной пропускной способности моста (491 легковых авт/ч).

3.9. Расчет пропускной способности полосы движения участка в зоне придорожных сооружений обслуживания

Задача 1. Исходные данные: горизонтальный участок двухполосной автомобильной дороги с проезжей частью шириной $b = 7,5$ м, радиус кривой в плане $R=1000$ м, легковых автомобилей в составе движения 40% ($n=0,4$). На данном участке расположено придорожное предприятие питания. Стоянка не отделена от проезжей части, переходно-скоростные полосы отсутствуют.

Расчет пропускной способности полосы движения с учетом сочетания основных элементов дороги выполняют по формуле (2.4) [2]:

$$P = 413 + 27 \cdot 7,5 - 4,07 \cdot 0 + 0,065 \cdot 1000 + 434,6 \cdot 0,4 = 855 \text{ авт/ч.}$$

Пропускную способность полосы движения с учетом размещения придорожного предприятия питания определяют по табл. 2.5[2]: $P_{CO} = 855 \cdot 0,74 = 633$ авт/ч.

3.10. Примеры расчета пропускной способности дорог в горной местности

Задача 1. Определить пропускную способность участка горной дороги, находящегося в эксплуатации.

Исходные данные: угол поворота трассы 30° . радиус внешней кривой в плане 100 м; за кривой вставка длиной 120 м; загрузка встречной полосы $z > 0,45$; плотность $q = 80$ авт/км.

Согласно формуле (2.15) [2] определяют исходные данные в следующем порядке:

- 1) коэффициент $w = 0,7$;
- 2) скорость свободного движения определяют согласно формуле (2.18) [2] $v = 69,25 \cdot I^{-0,192} = 69,25 \cdot 3^{-0,192} = 56,07$ км/ч;
- 3) ввиду того что длина прямой равна 120 м, вводят дополнительный коэффициент, учитывающий пространственное расположение трассы ($\gamma = 0,80$);
- 4) эмпирический коэффициент $\alpha = 0,15$;
- 5) подставляем полученные данные в формулу $P = 0,7 \cdot 0,80 \cdot 0,15 \cdot 56,07 \cdot 80 = 377$ авт/ч.

Задача 2. Определить пропускную способность перевального участка горной дороги.

Исходные данные: участок с продольным уклоном 60‰, на километр приходится пять кривых в плане; радиус кривой 80 м; высота 2000 м над уровнем моря, до следующей смежной кривой 300 м.

Из табл. 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 [2] находят коэффициенты снижения пропускной способности: $\beta_1^2 = 0,82$; $\beta_2^2 = 0,86$; $\beta_3^2 = 0,95$; $\beta_4^2 = 0,66$.

Определяют пропускную способность по формуле (2.13) [2] $P = 0,82 \cdot 0,86 \cdot 0,66 \cdot 0,95 \cdot 1800 = 796$ авт/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сильянов В. В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомо-бильных дорог и городских улиц. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.-352с.

2. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.: «Транспорт», 1982.- 88 с.

Содержание

1. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ	5
2. МЕТОД РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ	8
3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	13
3.1 Расчет пропускной способности дорог с учетом погодно-климатических факторов	13
3.2. Расчет пропускной способности пересечений в одном уровне	16
3.3. Оценка пропускной способности кольцевых пересечений	18
3.4. Расчет пропускной способности пересечений в одном уровне на многополосной дороге	20
3.5. Расчет пропускной способности железнодорожного переезда	21
3.6. Расчет пропускной способности съездов пересечений в разных уровнях	22
3.7. Расчет пропускной способности участков в пределах населенных пунктов сельского типа	22
3.8. Расчет пропускной способности мостовых переходов на двухполосных дорогах	23
3.9. Расчет пропускной способности полосы движения участка в зоне придорожных сооружений обслуживания	24
3.10. Примеры расчета пропускной способности дорог в горной местности	25
Литература	25