ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГИ И УРОВНИ ЗАГРУЗКИ

1 Методика оценки по пропускной способности и уровням загрузки

Пропускная способность – максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определённый отрезок времени при определённом режиме движения.

Пропускная способность разделяется на виды:

- *максимальную теоретическую*, определяемую по формулам для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, т.е. при движении по эталонному участку;

- *практическую*, которая определяется с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с эталонным участком. Эти коэффициенты были установлены В. В. Сильяновым по данным наблюдений и опытов [1].

Фактическую пропускную способность в разных дорожных условиях рассчитывают по формуле

$$P_{ф} = \beta P_{max}, \quad (1)$$

где β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, P_{max} – максимальная пропускная способность, приведенная к легковому автомобилю.

Итоговый коэффициент снижения пропускной способности равен произведению частных коэффициентов

$$\beta=\beta_1\beta_2\ldots.\beta_{15}, \quad (2)$$

где β_1, …., β_{15} – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счёт влияния неблагоприятных условий.

Максимальная пропускная способность, приведённая к легковому автомобилю, зависит от количества полос движения:

- на двухполосных дорогах принимают P_{max} = 2000 прив. л.авт./ч;

- на трёхполосных дорогах P_{max} = 4000 прив. л.авт./ч.

Для многополосных автомобильных дорог, у которых движение по полосам распределяется неравномерно, P_{max} определяют, как сумму пропускных способностей отдельных полос:

$$P_{max} = 2\sum_{j=1}^{n} P_j, \quad (3)$$

где n – количество полос движения в каждом направлении, P_j – пропускная способность j-й полосы движения.

На четырёхполосных дорогах без разделительной полосы P_{max}=1600 прив. л.авт./ч по одной полосе движения, с разделительной полосой P_{max} = 2000 прив.

л.авт./ч по одной полосе движения; на шестиполосных P_{max}=2200 прив. л.авт./ч по одной полосе движения, с разделительной полосой; на восьмиполосных P_{max}=2300 прив. л.авт./ч по одной полосе движения.

Коэффициенты загрузки каждого участка дороги Z вычисляют по формуле

$$Z = \frac{N_{час}}{0{,}5nP_{ф}}, \quad (4)$$

где n – количество полос движения; $N_{час}$ – часовая интенсивность движения, прив. л.авт./ч. В качестве часовой интенсивности принимают интенсивность в час-пик, составляющую 10 % от суточной интенсивности потока. Она определяется по формуле

$$N_{час}=0{,}1N, \quad (5)$$

где N – суточная интенсивность движения по дороге, прив. л.авт./сут.

Допустимые значения уровня загрузки даны в табл. 1.

Таблица 1 – Допустимые значения уровня загрузки

Вид проекта	Z	Категория дороги	Рекомендации
Новое строительство	Больше 0,45	I	Перепроектировать участок или добавить полосу движения
	Больше 0,65	II, III, IV	
Реконструкция	Больше 0,6	I	
	Больше 0,7	II, III, IV	

2 Порядок расчёта

На листе комплексной оценки безопасности необходимо заполнить графы для частных коэффициентов пропускной способности.

Коэффициент β_1 – *ширина полосы движения*. Коэффициент принимают по табл. 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента β_1

Автомобильная дорога	Ширина, м		β_1	
	полосы	проезжей части	обычные условия	при наличии снежного наката на полосе
Многополосная	3		0,9	
	3,5		0,96	
	3,75		1	
Двухполосная		6,0	0,85	0,54
		7,0	0,9	0,71
		7,5	1	0,87

Коэффициент β_2 – *ширина обочины* принимают по табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента β_2

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

Коэффициент β_3 – *расстояние от кромки проезжей части до препятствия*. В качестве препятствий рассматриваются, главным образом, ограждения, сигнальные столбики над трубами, дорожные знаки. Этот коэффициент меняет своё значение по трассе. Сначала необходимо в графе, предназначенной для значений коэффициента β_3, расставить границы интервалов, в пределах которых находятся препятствия.

Ограждения устанавливают на участках автомобильных дорог в соответствии с ГОСТ Р 52289-2019 [4]: проложенных вдоль железнодорожных путей, болот, водных потоков или водоёмов глубиной более 1 м, оврагов и горных ущелий, находящихся на расстоянии от 15 до 25 м от кромки проезжей части. На насыпях высотой более 2-3 м, т.е. с откосами круче 1:4, поэтому здесь границы зоны учёта ограждений назначают по величине рабочей отметки.

На обочине автомобильной дороги барьерное ограждение устанавливают на расстоянии от 0,50 до 0,85 м от бровки земляного полотна до стойки барьерного ограждения. Парапетное, бордюрное и тросовое – на расстоянии 0,50 м от бровки земляного полотна до ближнего края парапетного и бордюрного ограждений или стойки тросового ограждения и не менее 1,00 м от кромки проезжей части до лицевой поверхности балки барьерного ограждения, до стойки тросового ограждения или до ближнего края бордюрного или парапетного ограждения [4].

Значения коэффициента принимают по табл. 4.

Таблица 4 – Значения коэффициента β_3

Расстояние от кромки проезжей части до препятствия, м	Значения коэффициента β_3 при ширине полосы движения					
	боковые помехи с одной стороны			боковые помехи с обеих сторон		
	3,75 м	3,5 м	3,0 м	3,75 м	3,5 м	3,0 м
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	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,76

Коэффициент β_4 – *количество автопоездов в потоке автомобилей*. Количество лёгких и средних грузовых автомобилей – это суммарное количество двухосных, трёхосных и четырёхосных автомобилей. На подъёмах с уклоном более 20 ‰ коэффициент β_4 не учитывают (т.е. принимают равным 1), т. к. состав движения учтён при определении коэффициента β_5.

Таким образом, необходимо расставить границы, выделяющие участки подъёмов. При этом необходимо учитывать зоны влияния из табл. 5. Значения коэффициента принимают по табл. 6.

Таблица 5 – Протяжённость зон влияния

Элемент	Зона влияния
Населённые пункты	300 м в обе стороны от рассматриваемого элемента
Подъёмы: до 200 м 200 м и более	350 м 650 м
Радиусы кривых в плане: R > 600 м R < 600 м	 100 м в обе стороны 250 м в обе стороны
Ограниченная видимость: 100 м 100-350 м 350 м	 150 м в обе стороны 100 м в обе стороны 50 м в обе стороны
Пересечение в одном уровне	600 м в обе стороны

Таблица 6 – Значения коэффициента β_4

Количество автопоездов в потоке автомобилей, %	Значения коэффициента β_4 при количестве лёгких и средних грузовых автомобилей в потоке, %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,93	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

Коэффициент β_5 – *продольный уклон*. Необходимо расставить границы, выделяющие участки с разными значениями продольных уклонов. При движении на подъём необходимо учитывать зоны влияния из табл. 5. Значения коэффициента β_5 при движении принимают по табл. 7.

Таблица 7 – Значения коэффициента β_5

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

Коэффициент β_6 – *расстояние видимости*. Необходимо расставить границы, выделяющие участки, на которых расстояние видимости ограничено. При этом необходимо включить в эти интервалы зоны влияния из табл. 5. Значения коэффициента принимают по табл. 8.

Таблица 8 – Значения коэффициента β_6

Расстояние видимости, м	β_6
50	0,68
50 - 100	0,73
100 - 150	0,84
150 - 200	0,90
250 - 350	0,98
350	1,0

Коэффициент β_7 – *кривые в плане*. Необходимо расставить границы, выделяющие участки кривой в плане с зонами влияния. При этом необходимо включить в эти интервалы зоны влияния из табл. 5. Значения коэффициента β_7 принимают по табл. 9.

Таблица 9 – Значения коэффициента β_7

Радиус кривых в плане, м	β_7
100	0,85
100 - 250	0,90
250 - 450	0,96
450 - 600	0,99
600	1,0

Коэффициент β_8 – *ограничение скорости движения дорожными знаками*. Необходимо расставить границы, выделяющие участки, на которых скорость ограничивается (кривые в плане малого радиуса, серпантины, перекрёстки, въезд на мост). Значения коэффициента принимают по табл. 10.

Таблица 10 – Значения коэффициента β_8

Ограничение скорости дорожными знаками, км/ч	β_8
10	0,44
20	0,76
30	0,88
40	0,96
50	0,98
60	1,0

Коэффициент β_9 – *пересечения в одном уровне*. Необходимо расставить границы, выделяющие пересечения и примыкания с учётом зоны влияния из табл. 5. Значения коэффициента β_9 принимают по табл. 11 и 12. В курсовой работе можно принять долю автомобилей, поворачивающих налево равной 15–20 %.

Таблица 11 – Значения коэффициента β_9 на необорудованном пересечении

Количество автомобилей, поворачивающих налево, %	Значения коэффициента β_9 при ширине проезжей части основной дороги, м					
	Необорудованное пересечение			Частично оборудованное пересечение (с островками без переходно-скоростных полос)		
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
0	0,97/0,94	0,98/0,95	1,0	1,0/0,98	1,0/0,98	1,0/1,0
20	0,85/0,82	0,87/0,83	0,92	0,97/0,96	0,98/0,96	1,0/0,99
40	0,73/0,70	0,75/0,71	0,83	0,93/0,91	0,94/0,93	0,97
60	0,60/0,50	0,62/0,58	0,75	0,87/0,84	0,88/0,85	0,93
80	0,45/0,41	0,47/0,41	0,72	0,87/0,84	0,88/0,85	0,92

Примечание. В числителе приведены значения для Т-образных пересечений, в знаменателе – для четырёхсторонних пересечений.

Таблица 12 – Коэффициенты β_9 на полностью канализированном пересечении

Количество автомобилей, поворачивающих налево, %	Значения коэффициента β_9 при ширине проезжей части основной дороги, м		
	7,0	7,5	10,5
0	1,0	1,0	1,0
20	1,0	1,0	1,0
40	1,0	1,0	1,0
60	1,0	1,0	1,0
80	0,97/0,95	0,98/0,97	0,98

Коэффициент β_{10} – *состояние обочин*. Значения коэффициента принимают по табл. 13. В курсовой работе можно взять обочины, укреплённые щебнем.

Таблица 13 – Значения коэффициента β_{10}

Состояние обочин	β_{10}
Укрепленные обочины с тем же покрытием, как и покрытием проезжей части	1,0
Обочины, укреплённые щебнем	0,99
Обочины, укреплённые засевом трав	0,95
Неукреплённые обочины в сухом состоянии	0,9
Скользкие, покрытые грязью обочины	0,45

Коэффициент β_{11} – *тип покрытия*. Его значения принимают по табл. 14.

Таблица 14 – Значения коэффициента β_{11}

Тип покрытия	β_{11}
Шероховатое асфальтобетонное, цементобетонное, чёрно-щебёночное	1,0
Сборное бетонное покрытие	0,86
Асфальтобетонное покрытие без поверхностной обработки	0,91
Булыжная мостовая	0,42
Грунтовая дорога без пыли, сухая	0,90
Грунтовая дорога размокшая	0,1 – 0,3

Коэффициент β_{12} – *расположение объектов сервиса*. Значения коэффициента принимают по табл. 15.

Таблица 15 – Значения коэффициента β_{12}

Тип сооружения	β_{12}
Площадка отдыха, АЗС или остановочные площадки с полным отделением от проезжей части основной дороги и наличие специальной полосы для въезда	1,0
То же, при наличии только полосы отгона	0,98
То же, при отсутствии полосы отгона	0,80
То же, без отделения от основной проезжей части	0,64

Коэффициент β_{13} – *разметка проезжей части*. Разметка повышает пропускную способность по сравнению с эталонным участком. *Эталонный участок* – горизонтальный прямолинейный в плане, с проезжей частью, имеющей не менее двух полос движения шириной по 3,75 м, с сухим шероховатым покрытием, расстоянием видимости не менее 800 м, для транспортного потока, состоящего только из легковых автомобилей. Значения коэффициента принимают по табл. 16.

Таблица 16 – Значения коэффициента β_{13}

Вид разметки проезжей части	β_{13}
Краевая и осевая разметки	1,05
Осевая разметка	1,02
Разметка полос на подъёмах с дополнительной полосой	1,5
То же на четырёхполосной дороге	1,23
То же на трёхполосной дороге	1,30
Двойная осевая разметка	1,12

Коэффициент β_{14} – *наличие указателя полос движения*. На многополосной дороге при наличии знака указателя полос движения $\beta_{14} = 1{,}1$. В остальных случаях он равен 1.

Коэффициент β_{15} – *количество автобусов в транспортном потоке*. Принимают по табл. 17.

Таблица 17 – Значения коэффициента β_{15}

Число автобусов в потоке, %	Значения коэффициента 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	0,76	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,7	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Далее, путём перемножения частных коэффициентов находят итоговые коэффициенты снижения пропускной способности $\beta_{ит}$ на всех участках по формуле (2) и записывают их в табл. 18.

Затем по формуле (1) вычисляют пропускную способность $P_ф$ в приведённых легковых автомобилях для всех участков и записывают их в табл. 18. Далее определяют уровни загрузки по формуле (4) и вносят в специальную таблицу

(табл. 18). Например, для расчётной интенсивности движения 3790 прив.л.авт./сут, часовая интенсивность составит $N_{час}$ = 379 прив.л.авт./ч.

По данным табл. 18 строят эпюры изменения пропускной способности и уровней загрузки на листе графической части.

Таблица 18 – Расчёт пропускной способности и уровней загрузки

№ участка	Его границы	Итоговый коэффициент, $\beta_{ит}$	Пропускная способность, *Р*ф, прив.л.авт./ч	Уровень загрузки
1	ПК 0+00 - ПК 2+30	0,48	960	0,39
2	ПК 2+30 – ПК 7+00	0,47	940	0,40
…	…	…	…	…

Список использованных источников

1. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
2. СП 34.13330-2021. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* : дата введения 2021-08-10. – Москва: Минстрой России, 2021. – 99 с.
3. Жуков В.И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки дорог: учеб. пособие / КрасГАСА. – Красноярск, 2002. – 56 с.
4. ГОСТ Р 52289-2019 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.