

4 РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ НА ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

4.1 Виды нагрузок, учитываемых при проектировании дорожной одежды

Расчёт дорожной одежды на прочность осуществляют с учётом *нормативной осевой нагрузки, расчётной осевой нагрузки* для конкретного потока и *расчётной удельной нагрузки*.

Нормативная осевая нагрузка – это полная нагрузка от наиболее нагруженной оси условного двухосного автомобиля. Значение нормативной осевой нагрузки принимают в зависимости от капитальности дорожной одежды:

- при капитальном типе дорожной одежды она составляет 115 кН;
- при облегченном и переходном типах – 100 кН [3,7].

Расчётная осевая нагрузка – это максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных автомобилей или на приведённую ось для многоосных автомобилей. Доля таких автомобилей в составе и интенсивности движения должна составлять не менее 5 %. Если максимальная осевая нагрузка меньше нормативной, то в качестве расчётной принимают нормативную осевую нагрузку.

Удельная нагрузка – это нагрузка на дорожную одежду от колеса расчётного двухосного автомобиля. Она моделируется, как гибкий круговой штамп диаметром D , передающий равномерно распределённую нагрузку p на покрытие дорожной одежды. Площадь круга равновелика площади отпечатка колеса. Диаметр круга принимают равным 39 см для подвижной нагрузки (при расчётах дорожной одежды на перегоне) и 34 см для статической нагрузки (используемой при расчёте дорожных одежд на автомобильных стоянках). Величину p принимают равной давлению воздуха в шинах. Оно составляет 0,8 МПа для автомобильных дорог с капитальными дорожными одеждами и 0,6 МПа для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами [7].

4.2 Определение расчётной осевой нагрузки

Расчётную осевую нагрузку находят в следующей последовательности [1].

1 Сначала определяют перспективную интенсивность движения на конец межремонтного периода $N_{\text{пер}}$. Обычно её находят по формуле

$$N_{\text{пер}} = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность движения, авт./сут; p – ежегодный прирост интенсивности, %; t – перспективный период, годы.

2 Определяют по формуле (4.2) приведённую к расчётному двухосному автомобилю интенсивность движения с помощью специальных коэффициентов.

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_{m \text{ сум}}, \text{ груз.ед./сут}, \quad (4.2)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним; n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока; N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки (интенсивность движения транспортных средств m -й марки); $S_{m \text{ сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки, значения которого приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 (ОДН 218.046-01, табл. П.1.3) – Коэффициенты приведения

Типы автомобилей	Коэффициент приведения к расчётной нагрузке $S_{m \text{ сум}}$
Легковые автомобили	0
Лёгкие грузовые автомобили грузоподъёмностью от 1 до 2 т	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъёмностью от 2 до 5 т	0,2
Тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью от 5 до 8 т	0,7
Очень тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью более 8 т	1,25
Автобусы	0,7
Тягачи с прицепами	1,5

Расчёты интенсивности движения удобно вести в табличной форме, пример которой приведен в табл. 4.2. В примере $N_{\text{пер}}=7052$ авт./сут и $n = 7$.

Таблица 4.2 – Пример расчёта интенсивности в табличной форме

m	Вид транспортного средства	% в потоке	N_m , авт./сут	$S_{m \text{ сум}}$	$N_m \cdot S_{m \text{ сум}}$, груз.ед./сут
1	легковые	51	3597	0	0
2	грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	12	846	0,005	4,23
3	от 2 до 6 т	11	776	0,2	155,14
4	от 6 до 8 т	9	635	0,7	444,28
5	от 8 до 14 т	9	635	1,25	793,35
6	автопоезда	6	423	1,5	634,68
7	автобусы	2	141	0,7	98,73
Итого:		100	7052	-	2130,41

Таким образом, $\sum_{m=1}^7 N_m S_{m \text{ сум}} = 2130,41$ груз.ед./сут.

Коэффициент $f_{\text{пол}}$ назначают по табл. 4.3. Порядковый номер полосы считается справа по ходу движения в одном направлении. Для двухполосных дорог $f_{\text{пол}}=0,55$. В случае автомобильных дорог с многополосной проезжей частью дорожную одежду для всех полос движения рассчитывают на одинаковую наибольшую расчётную нагрузку. Для шестиполосных $f_{\text{пол}} = 0,3$. Тогда

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_{m \text{ сум}} = 0,3 \cdot 2130,41 = 639,1 \text{ груз.ед./сут.}$$

Таблица 4.3 (ОДН 218.046-01, табл. 3.2) – Коэффициент многополосности

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{\text{пол}}$ для полосы с номером от обочины		
	1	2	3
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,50	-
4	0,35	0,20	-
6	0,30	0,20	0,05

3 Находят суммарное расчётное число приложений расчётной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы по формуле

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{рдг}} k_n, \quad (4.3)$$

где q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам; $T_{\text{сл}}$ – расчётный срок службы; K_c – коэффициент суммирования; $T_{\text{рдг}}$ – расчётное число расчётных дней в году, соответствующих определённому состоянию деформируемости конструкции; k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого.

3.1 Показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам

$$q = \left(1 + \frac{p}{100} \right), \quad (4.4)$$

где p – ежегодный прирост интенсивности движения, %.

3.2 Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$ задают по табл. 4.4.

3.3 Коэффициент суммирования K_c определяют по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1}. \quad (4.5)$$

Значение K_c также можно принять по табл. 4.5.

3.4. *Расчётное число расчётных дней в году $T_{рдг}$* определяют по региональным нормам. При их отсутствии допускается использовать данные рис. 4.1 и табл. 4.6. Для Восточной и Западной Сибири можно принять $T_{рдг} = 130$ дней.

Расчётным днём считается день, в течение которого сочетание состояния грунта земляного полотна по влажности и температуре асфальтобетонных слоев конструкции обеспечивает возможность накопления остаточной деформации в грунте земляного полотна или малосвязных слоях дорожной одежды.

Таблица 4.4 (ОДН 218.046-01, табл. П.6.2) – Расчётный срок службы

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы в дорожно-климатических зонах $T_{сл}$, лет		
		I, II	III	IV, V
I	Капитальные	14-15-18	15-19	16-20
II	Капитальные	11-15	12-16	13-16
III	Капитальные	11-15	12-16	13-16
	Облегченные	10-13	11-14	12-15
IV	Капитальные	11-15	12-16	13-16
	Облегченные	8-10	9-11	10-12
V	Облегченные	8-10	9-11	10-12
	Переходные	3-8	3-9	3-9

Таблица 4.5 (ОДН 218.046-01, табл. П.6.3) – Значение K_c

Показатель q	Значение K_c при сроке службы дорожной одежды $T_{сл}$ в годах			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

3.5 *Коэффициент k_n , учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого* находят по табл. 4.7.

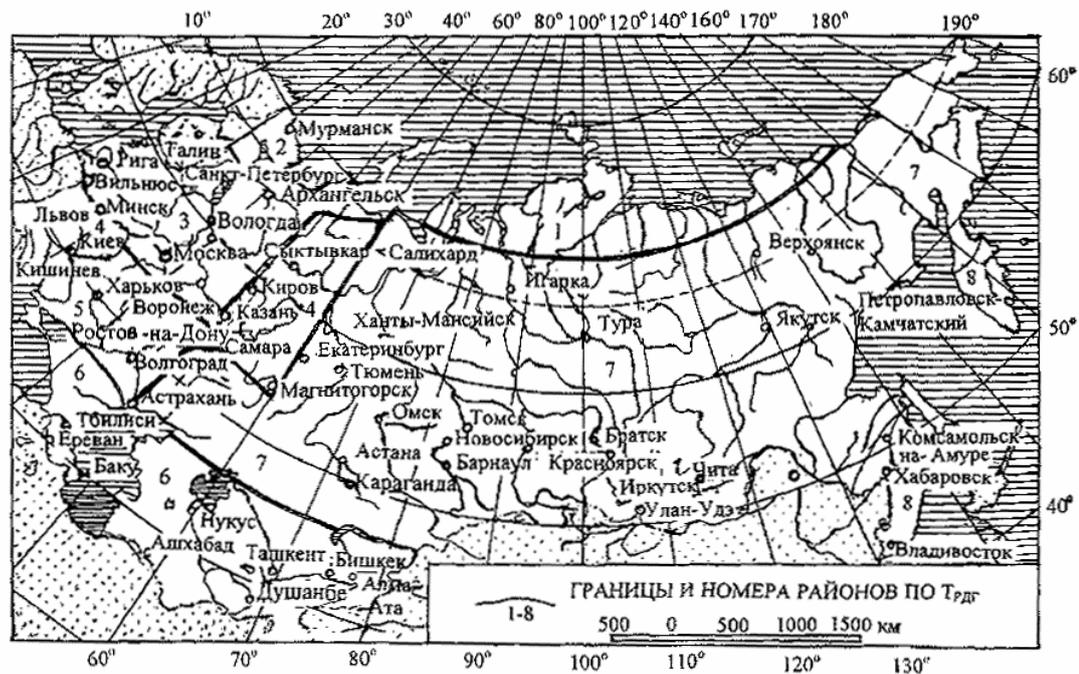


Рисунок 4.1 (ОДН 218.046-01, рис. П.6.1) – Карта районов

Таблица 4.6 (ОДН 218.046-01, табл. П.6.1) – Рекомендуемое количество расчётных дней в году

Номера районов на карте	Примерные географические границы районов	Рекомендуемое количество расчётных дней в году (T_{pd})
1	Зона распространения вечномёрзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу - Архангельск - Мезень - Нарьян-Мар - шестидесятый меридиан - до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Минск - Смоленск - Калугу - Рязань - Саранск - сорок восьмой меридиан - до линии, соединяющей Онегу - Архангельск - Мезень - Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Львов - Киев - Белгород - Воронеж - Саратов - Самару - Оренбург - шестидесятый меридиан до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону - Элисту - Астрахань до линии Львов - Киев - Белгород - Воронеж - Саратов - Самара	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону - Элиста - Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга сорок шестой параллелью	130-150 (меньшие значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края. Камчатская область	140

Таблица 4.7 (ОДН 218.046-01, табл. 3.3) – Значения коэффициентов k_n

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n при различных категориях дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный	-	-	1,19	1,16	1,04

4.3 Пример расчёта подвижной нагрузки

Требуется вычислить суммарное расчётное количество приложений расчётной нагрузки за срок службы по формуле (4.3) при следующих исходных данных:

- дорога располагается во II дорожно-климатической зоне, в центральной части Красноярского края;
- категория автомобильной дороги – I;
- заданный срок службы дорожной одежды – $T_{сл} = 20$ лет;
- заданная надёжность $K_n = 0,95$;
- приведённая к нагрузке 115 кН интенсивность движения на конец срока службы $N_p = 639$ груз.ед./сут;
- приращение интенсивности $q = 1,04$;

В соответствии с данными табл. 4.5 $K_c = 29,8$. Расчётная продолжительность $T_{рдг} = 130$ дней (табл. 4.6). Коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, $K_n = 1,49$ (табл. 4.7). Тогда

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдг} k_n = 0,7 \cdot 639 \cdot \frac{29,8}{1,04^{(20-1)}} \cdot 130 \cdot 1,49 = 1225700 \text{ груз.ед.}$$

Источники информации

1. ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М, 2001. – 99 с.
2. Проектирование городских улиц и дорог: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / сост. В.И. Жуков, С.В. Копылов; под ред. В.И. Жукова. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 80 с.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуал. редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
4. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – М., ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 54 с.

5. ГОСТ 25607-2009 Смеси щебёночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
6. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
7. ГОСТ 32960-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения / М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. – 8 с.
8. ГОСТ Р 27.002-2009 Надёжность в технике. Термины и определения.
9. Строительный справочник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://spravkidoc.ru/strojka/normativnaya-glubina-promerzaniya-grunta-dlya-gorodov-rossii.html>