

5 КРИТЕРИИ НАДЁЖНОСТИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

5.1 Понятие надёжности дорожной одежды, критериев отказа и надёжности

Дорожная одежда, как любой технический объект, должна обладать надёжностью и долговечностью. В соответствии с ГОСТ Р 27.002-2009 «Надёжность в технике. Термины и определения» под *надёжностью* технического объекта понимают его способность выполнять требуемую функцию в заданных режимах и условиях применения. *Отказом* технического объекта считается потеря способности технического объекта выполнить требуемую функцию. *Долговечность* – это способность технического объекта выполнять требуемую функцию до достижения предельного состояния при данных условиях его использования (климатических, технических или экономических) и технического обслуживания [8].

Функция дорожной одежды заключается в восприятии нагрузки от автомобильного транспорта и перераспределении её на грунт земляного полотна. Надёжность дорожной одежды обеспечивается её прочностью. Под *прочностью дорожной одежды* понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчётной нагрузки. Нарушение прочности является *отказом дорожной одежды*.

Критерий отказа по прочности может быть записан в виде неравенства [1]:

$$K_{\text{пр}} < K_{\text{пр}}^{\text{тп}}, \quad (5.1)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности, $K_{\text{пр}}^{\text{тп}}$ – требуемый коэффициент прочности, а *критерий надёжности* – в виде неравенства:

$$K_{\text{пр}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тп}} \quad (5.2)$$

Коэффициент прочности представляет собой отношение напряжений (нормальных или касательных) от расчётной нагрузки:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_{\text{расч}}}, \quad (5.3)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ – допустимые напряжения от расчётной нагрузки, которые не приводят к отказу; $\sigma_{\text{расч}}$ – расчётные напряжения от расчётной нагрузки, т.е. фактические напряжения, которые могут возникнуть в проектируемой конструкции под действием расчётной нагрузки.

Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{пр}}^{\text{тп}}$ зависит от типа дорожной одежды, категории дороги, величины заданной надёжности и вида отказа конструкции дорожной одежды.

Мерой надёжности дорожной одежды является вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода. Её значение нормируется коэффициентом надёжности K_n . Математическая запись

$$P(K_{np} \geq K_{np}^{пр}) = K_n, \quad (5.4)$$

означает, что вероятность выполнения условия надёжности (5.2) равна K_n . Используемые в проектировании дорожных одежд значения коэффициента надёжности приведены в табл. 5.1.

В качестве количественного показателя отказа дорожной одежды, как элемента инженерного сооружения линейного характера, используют предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$. Он представляет собой отношение суммарной протяжённости (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяжённости (или общей площади) дороги между корреспондирующими пунктами. Предельный коэффициент разрушения назначается в зависимости от типа покрытия и категории дороги. Его значения приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 (ОДН 218.046-01, табл. 3.1) – Коэффициенты надёжности и прочности

Тип дорожной одежды		Капитальный											
Категория дороги		I		II		III			IV				
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,05				0,10							
Заданная надёжность K_n		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80	
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{пр}$ по критерию:	упругого прогиба	1,50	1,30	1,38	1,20	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02	
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87	

Продолжение табл. 5.1 (ОДН 218.046-01, табл. 3.1)

Тип дорожной одежды		Облегченный											
Категория дороги		III			IV				V				
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,15											
Заданная надёжность K_n		0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80	0,95	0,90	0,80	0,70	
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{пр}$ по критерию:	упругого прогиба	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02	1,13	1,06	0,98	0,90	
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87	1,00	0,94	0,87	0,80	

5.2 Виды отказов и критерии прочности дорожной одежды

По предельному коэффициенту разрушения назначают *коэффициент прочности*, для которого сформулированы критерии прочности конструкции. Можно ввести понятия первичного и вторичного отказа конструкции. Под *первичным отказом* – потеря прочности дорожной одежды, как единой конструкции, *под вторичным отказом* – нарушение прочности в отдельных слоях дорожной одежды. Наиболее распространённые виды вторичного отказа дорожной одежды, связанные с недостаточной ее прочностью: образование продольной и поперечной неровности поверхности дорожной одежды (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.).

Исходя из такого разделения отказов на два вида, методика оценки прочности конструкции включает в себя:

- оценку прочности конструкции в целом;
- оценку прочности с учётом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях.

Расчёт прочности конструкции в целом, без рассмотрения механизма нарушения прочности, ведут *по допустимому упругому прогибу* (или требуемому общему модулю упругости). Конструкция проверяется на прочность по критерию:

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (5.5)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общий расчётный модуль упругости конструкции, МПа; $E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости, определяемый по специальной эмпирической зависимости допускаемого упругого прогиба от числа приложений нагрузки, МПа; $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности. Такую прочность должна иметь дорожная одежда к концу межремонтного периода.

При оценке прочности с учётом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях, напряжения в слоях дорожной одежды и в подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки вычисляют по формулам теории упругости для слоистой среды, нагруженной равномерно распределённой нагрузкой через гибкий круглый штамп, с учётом условий на контакте слоёв.

В случае расчёта *на сдвиг грунта земляного полотна и малосвязных конструктивных слоёв дорожной одежды* критерий устойчивости:

$$\frac{T_{\text{доп}}}{T} > K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (5.6)$$

где $T_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение сдвига грунта, T_{max} – максимальное сдвигающее напряжение от расчётной нагрузки.

Монолитные слои конструкции (асфальтобетон, материалы, обработанные вяжущим) рассчитывают *на прочность при изгибе* по критерию

$$\frac{R_{\text{и}}}{\sigma_r} > K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (5.7)$$

где $R_{\text{и}}$ – предельно допустимое растягивающее напряжение для материала монолитного слоя, σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое.

Помимо *основных* критериев, обеспечивающих требуемый уровень надёжности и долговечности конструкции, дорожные одежды рассчитывают и по *дополнительным* критериям: *морозостойчивости и осушению*.

5.3 Задача расчёта дорожной одежды

В задачу расчёта дорожной одежды входит определение толщин слоев одежды в вариантах, намеченных при конструировании или выбор материалов с соответствующими деформационными и прочностными характеристиками при заданных толщинах слоёв.

Источники информации

1. ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы. Проектирование жестких 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>