

МЕТОДИКА РАСЧЕТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ (РЕСУРСА) ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Л.С. Щепетева, С.В. Щепетев, С.В. Семенов

Пермский государственный технический университет

Предложена упрощенная методика оценки прочности конструкции дорожной одежды эксплуатируемых автомобильных дорог, позволяющая прогнозировать остаточный срок службы (ресурс) дорожной одежды. С использованием методики можно планировать виды и сроки ремонта конструкции дорожной одежды.

Методика расчетного прогнозирования срока службы основана на требованиях действующих нормативных документов (ОДН 218.046–01; ОДН 218.1.052–2002; ОДН 218.0.006–2002). Методика включает лишь часть расчетных моделей – по допустимому упругому прогибу, так как прогиб дорожной одежды является комплексным показателем, характеризующим работу конструкции как на растяжение при изгибе, так и на сдвиг в грунте земляного полотна и слоях из слабосвязных материалов.

Остаточный срок службы (ресурс) эксплуатируемой дорожной одежды определяется перерасчетом конструкции на основании фактических и прогнозируемых характеристик материалов слоев, грунта рабочего слоя земляного полотна; толщин слоев дорожной одежды или же на основании расчетных характеристик материалов слоев, толщин слоев и коэффициентов прочности, определяемых по результатам диагностики автомобильной дороги (проезжей части).

В процессе эксплуатации в конструкции дорожной одежды происходит возникновение и накопление деформаций, которое зависит от многих факторов. Эти факторы можно разделить на две группы: производственные факторы и факторы окружающей среды.

К производственным факторам относятся:

- качество конструктивных решений;
- уровень и качество строительства конструкции дорожной одежды;
- усилия, передающиеся на конструкцию дорожной одежды как от временной, так и от постоянной нагрузки.

К факторам окружающей среды относятся:

- физико-химические процессы, протекающие в материалах при изготовлении и эксплуатации;
- климатические воздействия;
- агрессивность воздушной среды и др.

Допущенные в процессе строительства дефекты и отклонения от нормативных требований в процессе эксплуатации снижают работоспособность конструкции. На покрытии проезжей части появляются трещины, выбоины, шелушение. Начало и развитие этих процессов обусловлено большим, трудно обозримым и прогнозируемым количеством комбинаций воздействия вышеперечисленных факторов на конструктивные слои и конструкцию дорожной одежды в целом. Например, трещины на покрытии могут быть как «усталостными», так и «температурными»; колея на покрытии может быть обусловлена как низкой сдвигоустойчивостью асфальтобетона, так и необеспеченной сдвигоустойчивостью всей конструкции дорожной одежды в целом (грунта земляного полотна и конструктивных слоев из слабосвязных материалов).

Важнейшими факторами являются: многократно повторяющиеся воздействия расчетных нагрузок, снижающих запас релаксационных пластических свойств асфальтобетона; попеременное замораживание и оттаивание водонасыщенных материалов конструктивных слоев дорожной одежды и грунта рабочего слоя земляного полотна; сезонные и суточные перепады температур воздуха; солнечная радиация и др.

Ухудшение эксплуатационного состояния дорожной одежды проявляется также в результате износа покрытия.

Расчетную работоспособность конструкции можно восстановить путем ремонта и усиления.

Прогнозирование сроков службы конструкции дорожной одежды совместно с грамотной диагностикой позволит:

- оценивать (с учетом фактического состояния) запас прочности и надежности конструкции для любого момента времени;
- уточнять срок службы с учетом изменения режима эксплуатации дорожной конструкции (величины нагрузки, интенсивности движения);
- планировать очередность и виды ремонтных работ, обеспечивая эффективное распределение финансовых и материальных ресурсов и др.

Для эффективного применения предлагаемой методики необходимо иметь большой объем статистической информации об изменении физико-механических показателей дорожно-строительных материалов в процессе эксплуатации дорожной конструкции. Необходимо отметить, что в настоящее время информация об изменении свойств материалов конструктивных слоев дорожных одежд и грунтов земляного полотна при воздействии различных сочетаний производственных факторов и факторов окружающей среды отсутствует. В этом направлении необходимо выполнить значительный объем исследовательской работы. Необходимо также наличие достоверной информации об изменении интенсивности движения на дороге, о составе движения и нагрузках, передаваемых на дорожную одежду от транспортных средств, для любого момента времени.

Методика оценки прочности конструкции дорожной одежды на этапе разработки проекта автомобильной дороги включает как оценку прочности конструкции в целом (с использованием эмпирической зависимости допускаемого упругого прогиба от числа приложений нагрузки), так и оценку прочности с учетом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и устанавливаемых с использованием решений теории упругости.

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{об} \geq E_{мин} \cdot K_{пр},$$

где $E_{об}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа; $E_{мин}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа.

Общий расчетный модуль упругости конструкции $E_{об}$ зависит от таких величин, как расчетные модули упругости грунта земляного полотна и конструктивных слоев дорожной одежды; толщины слоев дорожной одежды, а также от величины расчетной нагрузки и ее параметров. Общий расчетный модуль упругости конструкции $E_{об}$ определяется по номограмме (рисунок) ОДН 218.046–01, построенной по решению теории упругости для модели многослойной среды.

Так как величина минимального требуемого общего модуля упругости конструкции дорожной одежды $E_{мин}$ зависит непосредственно от расчетного срока службы $T_{сл}$, можно построить график зависимости минимального требуемого общего модуля упругости от срока службы для конкретных величин приведенной интенсивности движения N_p , показателя изменения интенсивности движения по годам q , расчетного

числа расчетных дней в году $T_{рдг}$ и коэффициентов k_n и K_c . Построение таких зависимостей минимального требуемого общего модуля упругости от срока службы может быть легко выполнено с использованием расчетной программы «Модуль», разработанной на кафедре «Строительство автомобильных дорог» Пермского государственного технического университета.

Далее приведен пример построения графика для автомобильной дороги третьей технической категории при следующих исходных данных:

1. Перспективная интенсивность движения $N = 1500$ авт/сут;
2. Расчетная нагрузка группы A_1 по ОДН 218.046–01;
3. Расчетный состав движения и соответствующие коэффициенты приведения к расчетной нагрузке приведены в таблице.

Расчетный состав движения и коэффициенты приведения

Типы автомобилей	Количество, %	Количество, авт/сут	Коэффициент приведения $S_{m\ cум}$
Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	15	225	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	25	375	0,2
Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	15	225	0,7
Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	10	150	1,25
Автобусы	5	75	0,7
Тягачи с прицепами	5	75	1,5
Легковые	25	375	-

4. Расчетное число расчетных дней в году $T_{рдг} = 135$;
5. Коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого $k_n = 1,38$;
6. Эмпирический параметр $c = 3,55$;
7. Показатель изменения интенсивности движения по годам $q = 1,02$;
8. Тип покрытия дорожной одежды – усовершенствованный капитальный.

Величину N_p приведенной интенсивности на последний год срока службы определяют по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum N_m S_m \text{ сум.} =$$

$$= 0,55(225 \cdot 0,005 + 375 \cdot 0,2 + 225 \cdot 0,7 + 150 \cdot 1,25 + 75 \cdot 0,7 + 75 \cdot 1,5) = 322,37$$

авт/сут.

Используя программу «Модуль», получаем:

$N_p =$	322,37
$Kn =$	1,38
$T_{\text{рдг}} =$	135
$q =$	1,02
$c =$	3,55

$T_{\text{сл}}$	K_c	Сумма N_p	E_{min}
1	1	42040,2717	105,9171
3	3,0604	123664,0211	152,1423
5	5,20404016	202118,2208	173,1905
7	7,434283382	277525,9483	186,7744
9	9,754628431	350005,5018	196,7155
11	12,16871542	419670,5859	204,4924
13	14,68033152	486630,4899	210,8347
15	17,29341692	550990,2593	216,1563
18	21,41231238	642874,4485	222,7641

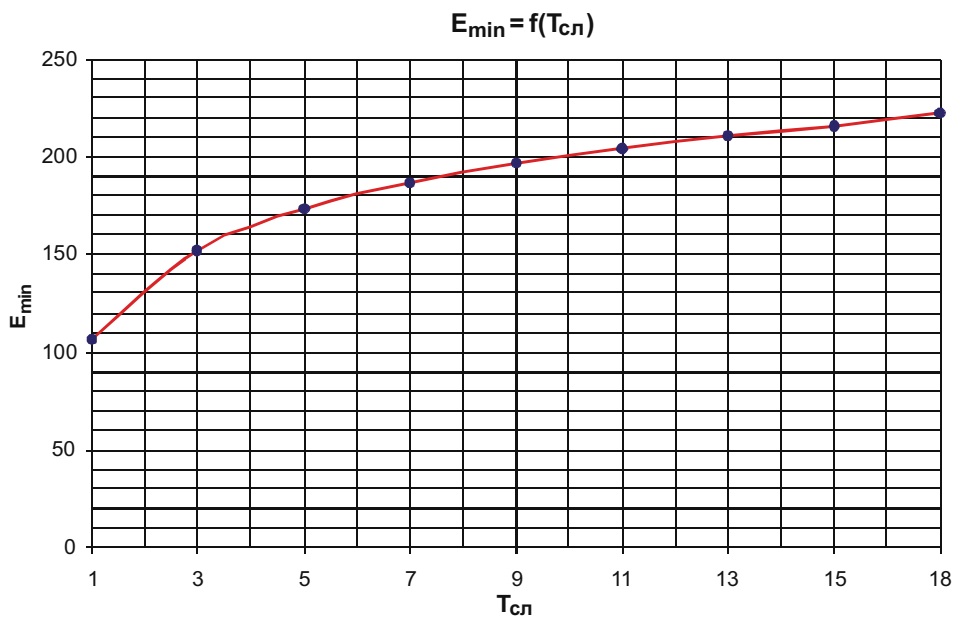


Рис. Определение ресурса дорожной одежды

В процессе эксплуатации дорожная одежда подвергается воздействию различных комбинаций производственных и природных факторов. В результате этих воздействий сами величины напряжений в конструкции дорожной одежды, как и надежность, изменяются во времени вследствие деструктивных процессов в материалах конструктивных слоев; соответственно изменяются деформационные свойства конструкции дорожной одежды в целом.

При оценке прочности конструкций дорожных одежд автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации, необходимо определить фактический общий модуль упругости дорожной одежды для расчетного периода, который характеризует деформационные свойства конструкции дорожной одежды.

Для определения фактического общего модуля упругости дорожной одежды, находящейся в эксплуатации, могут быть использованы следующие методы:

1. Обследование конструкции дорожной одежды и определение фактических характеристик материалов слоев, грунта рабочего слоя земляного полотна; толщин слоев дорожной одежды. В этом случае фактический общий модуль упругости определяется расчетным способом с использованием методики, изложенной в ОДН 218.046–01.

2. Выполняют инструментальную оценку прочности конструкции дорожной одежды в соответствии с методикой, изложенной в ОДН 218.1.052–2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд».

3. Оценку прочности конструкции дорожной одежды выполняют с использованием методики, изложенной в ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог».

Наиболее простым и эффективным для практического применения является третий метод, который заключается в следующем. В процессе диагностики автомобильной дороги выполняется визуальная оценка состояния дорожного покрытия, в результате которой фиксируются все дефекты поверхности проезжей части. Визуальную оценку рекомендуется проводить в весенний период после того, как дорога освободилась от снега. Группа, выполняющая диагностику, должна иметь специальное оборудование для автоматизированной регистрации дефектов с помощью видеокамеры или видеокomпьютерной съемки с фиксацией состояния дорожной одежды на электронных носителях информации.

В процессе визуальной оценки состояния покрытия его делят на однотипные участки длиной от 100 до 1000 м, границы которых назначают по однотипным или близким дефектам. Расстояния устанавливают по спидометру автомобиля или датчику пройденного пути. Внутри каждого участка назначают частные микроучастки протяженностью 20–50 м с практически одинаковым состоянием дорожной одежды (с однотипными видами дефектов).

На каждом однотипном участке в камеральных условиях вычисляют средневзвешенный балл B_{cp} :

$$B_{cp} = (\sum B_i \cdot l_i) / \sum l_i = (B_1 \cdot l_1 + B_2 \cdot l_2 + \dots + B_n \cdot l_n) / (l_1 + l_2 + \dots + l_n),$$

где B_i и l_i – соответствующие балл и протяженность частных микроучастков i с практически одинаковым состоянием дорожной одежды в баллах; n – количество частных микроучастков в составе однотипного участка.

По величине среднего балла устанавливают целесообразность проведения оценки прочности дорожной одежды и детальных обследований состояния дорожной конструкции на соответствующих однотипных участках:

- для дорог I категории – $B_{cp} \leq 3,5$;
- для дорог II категории – $B_{cp} \leq 3,0$;
- для дорог III и IV категории – $B_{cp} \leq 2,5$.

Фактический модуль упругости E_{ϕ} (МПа) на каждом однотипном участке определяют по формуле:

$$E_{\phi} = E_{общ} \cdot K_{пр},$$

где $E_{общ}$ – общий расчетный модуль упругости, устанавливаемый с момента строительства дорожной одежды или предыдущего строительства слоя усиления до момента испытаний, МПа; $K_{пр}$ – коэффициент прочности дорожной одежды, устанавливаемый с учетом характера деформаций дорожной одежды:

Значения среднего балла B_{cp}	Величина коэффициента прочности $K_{пр}$
5,0	1,0
4,5	0,95
4,0	0,90
3,5	0,85
3,0	0,80
2,5	0,75

2,0	0,70
1,5	0,65
1,0	0,60

Из условия прочности по допустимому упругому прогибу можно принять: $E_{\phi} = E_{\min}$ и определить остаточный срок службы (ресурс) дорожной одежды по графику (рисунок).

Список литературы

1. Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М., 2001.
2. Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.1.052–2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд. М., 2003.
3. Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.0.006–2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6–90). М., 2002.

Получено 2.08.2010