

48. 2. Л а щ е н к о А.П. Решение задачи определения напряжений и деформаций дорожных одежд и земляного полотна с учетом реологических свойств материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1983. — 24 с. З. Л е о н о в и ч И.И., Л а щ е н к о А.П., К а з а н н и к о в а Е.А. Пакет прикладных программ для определения напряженно-деформированного состояния слоистых систем (дорожных одежд и земляного полотна) с учетом реологических свойств материалов. — В кн.: Информационный бюллетень Госфонда алгоритмов и программ СССР. М.: 1982, вып. 1 (45), с. 44.

УДК 625.731

Н.П.ВЫРКО, А.П.ЛАЩЕНКО, канд.-ты. техн. наук,
Е.Г.РОМАНОВСКАЯ (БТИ)

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА С МАЛОПРОЧНЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ

В настоящее время важное значение приобретает применение в конструкциях дорожных одежд прослоек из теплоизоляционных материалов, позволяющих уменьшить глубину промерзания грунтов земляного полотна, снизить морозное пучение покрытия путем уменьшения толщины верхних слоев дорожных одежд и более широкого использования местных материалов. Материалы таких прослоек могут быть различными, обладающими высокими теплофизическими свойствами.

Анализ зарубежного и отечественного опыта строительства и эксплуатации дорожных одежд нежесткого типа доказывает эффективность применения в качестве теплоизолирующих слоев отходов лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности благодаря их высоким теплофизическим свойствам: коэффициент теплопроводности таких материалов $\lambda = 0,211...0,306 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. В то же время эти материалы характеризуются низкими прочностными характеристиками: модуль упругости, например, изменяется в пределах 5,5...22,5 МПа. Поэтому большое практическое значение при конструировании дорожных одежд и расчете их на прочность имеет определение напряженно деформированного состояния конструкций дорожных одежд с малопрочными теплоизоляционными прослойками в зависимости от их толщины и места расположения.

В настоящее время расчет слоистых дорожных одежд нежесткого типа на прочность производится согласно методике, предлагаемой инструкцией ВСН 46-83. Одним из критериев расчета дорожных одежд, согласно данной инструкции, является упругий прогиб или предельная упругая деформация, которая возникает под действием вертикальных повторных нагрузок от расчетных автомобилей. Материал дорожной одежды характеризуется модулем упругости. Требуемый модуль упругости дорожной одежды определяется из выражения

$$E_{\text{тр}} = \frac{pD}{\lambda_{\text{доп}}}$$

где p — нагрузка колеса на поверхность дороги; D — диаметр круга, равно- го по площади отпечатку колеса; $\lambda_{\text{доп}}$ — допустимая упругая деформация.

В используемом методе определения напряжений и деформаций многослойной дорожной одежды содержится ряд приближенных характеристик. Допускаемые деформации и модули деформации грунтов и отдельных слоев покрытий определяются при длительной и повышенной нагрузке до полного затухания деформаций. При длительной нагрузке определяется также влияние повторности нагружения. В процессе же работы на дорожные одежды действуют силы с разной продолжительностью. Поэтому между результатами экспериментальных исследований по определению вертикальных перемещений и численными значениями, полученными на основании данного метода расчета, отсутствует сходимость сведений по известным критериям надежности. Кроме того, для использования данного метода расчета необходимо сведение многослойных конструкций дорожных одежд к расчетным дорожным моделям за счет введения понятия эквивалентного слоя. Это является определенным ограничением.

Исследовалось распределение напряжений и перемещений в дорожных одеждах с малопрочными теплоизоляционными прослойками с учетом различного времени действия расчетных нагрузок. Расчетной моделью при этом служило многослойное упруговязкое полупространство. Физическое состояние материалов, используемых в конструктивных слоях дорожных одежд и грунтов земляного полотна, описывалось реологическим соотношением Кельвина

$$E_n (de/dt) + E\epsilon = n d\sigma/dt + \sigma, \quad (2)$$

где n — коэффициент времени релаксации, зависящий от упруговязких свойств материала; ϵ — деформация; σ — напряжение; E , N — мгновенный и длительный модули упругости.

Исследовалось напряженно-деформированное состояние ряда конструкций дорожных одежд, в которых изменялась толщина слоя, лежащего над теплоизоляционной прослойкой. Каждый слой характеризовался реологическими параметрами: модулями упругости E и N , коэффициентом времени релаксации n , коэффициентом Пуассона μ , толщиной слоя h . Мгновенный и длительный модули упругости, коэффициент релаксации при длительной и кратковременной ползучести материалов определялись по новой методике, основанной на выборе функциональной зависимости между двумя множествами экспериментальных данных. Они были получены при конкретном виде нагружения с использованием ЭВМ [2].

Реализация программ, позволяющих определять все составляющие компоненты тензора напряжений и вектора перемещений в любой точке слоистого упруговязкого полупространства, производилась на ЭВМ ЕС-1020. На основании полученных результатов при исследовании конструкций дорожных одежд нежесткого типа с малопрочными теплоизоляционными прослойками в зависимости от толщины верхнего слоя покрытия (h) были построены графики (рис. 1). При увеличении толщины h на 0,2 м вертикальные напряжения σ_z на поверхности дорожной одежды возрастают на 11 % (рис. 1, а), т.е. изменяются по линейной зависимости, а на верхней границе малопрочной прослойки интенсивно падают по экспоненциальной зависимости: изменение h с 0,5R до 1,5 R приводит к уменьшению σ_z на 24 %, а при изменении h с 1,5R до

2,5R — на 42 % (R — радиус круга, равновеликого отпечатку следа колеса). Кроме того, чем больше толщина верхнего слоя, который характеризуется большими прочностными характеристиками по сравнению с материалами теплоизоляционной прослойки (в данном случае древесной коры), тем меньше сказывается действие нагрузки на численные значения максимальных перемещений. Асимптотой графика максимальных вертикальных перемещений в зависимости от толщины верхнего слоя является горизонтальная ось. Следовательно, можно определить экономически выгодную толщину верхнего слоя для определенных нагрузок и времени их действия.

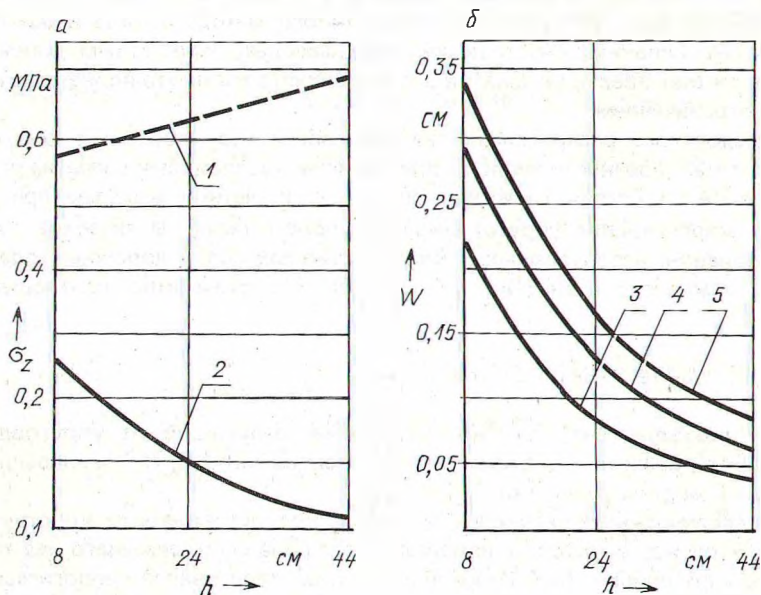


Рис. 1. Зависимость вертикальных напряжений и перемещений от толщины верхнего слоя:

a — зависимость вертикальных напряжений σ_z от толщины верхнего слоя h ; *b* — зависимость вертикальной просадки W от толщины верхнего слоя h ; 1 — на поверхности дорожной одежды ($z = 0$); 2 — на верхней границе теплоизоляционной прослойки; 3 — при $t = 0$; 4 — при $t = 0,03$ с; 5 — при $t = 0,06$ с.

Нами получены результаты по изменению перемещений верхнего слоя дорожной одежды при воздействии на него расчетной нагрузки (рис. 2). Они свидетельствуют о том, что с изменением толщины верхнего слоя h с $0,5R$ до $1,5R$ на радиус кривизны линий прогиба существенно влияет время действия нагрузки: при увеличении времени действия нагрузки радиус кривизны чаши прогиба уменьшается довольно интенсивно. С дальнейшим ростом толщины h чаша прогиба становится более пологой, радиус кривизны ее увеличивается и существенно не меняется. Характерно то, что наименьшими радиусами кривизны чаша прогиба характеризуется на расстоянии $r \leq 2R$ от центра при-

ложения нагрузки: так, например, при времени действия нагрузки $t = 0,03$ с, толщине верхнего слоя $h = 0,5R$ на расстоянии $r = 2R$ от центра приложения нагрузки численные значения просадок дорожной одежды уменьшились на 62 %, при изменении r от $2R$ до $4R$ — на 48 %, при изменении r от $4R$ до $6R$ — на 11 % и затем с увеличением h и изменением времени действия расчетной нагрузки этот показатель практически не меняется.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее активно просадки дорожной одежды изменяются при толщине верхнего слоя $0,5R \leq h \leq 1,5R$ на расстоянии от центра приложения нагрузки $r \leq 4R$. При $r > 4R$ интенсив-

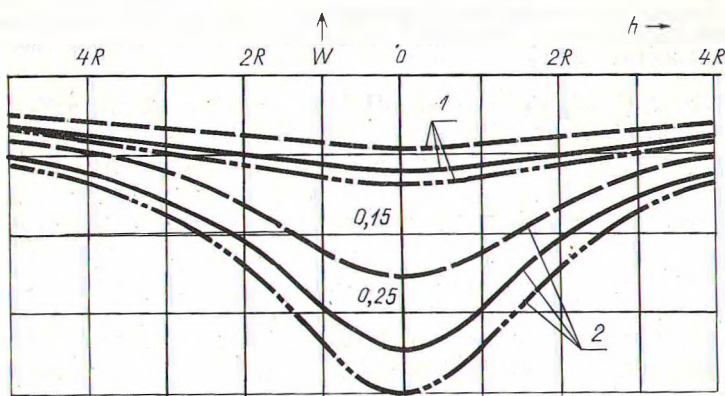


Рис. 2. Изменение просадок покрытия (W) в зависимости от расстояния до центра приложения нагрузки (r):

1 — толщина верхнего слоя $h = 2,5 R$; 2 — толщина верхнего слоя $h = 0,5 R$; — — — — — время действия нагрузки $t = 0$ с; — — — — — время действия нагрузки $t = 0,03$ с; — x — x — время действия нагрузки $t = 0,06$ с.

ность изменения просадок в дорожной одежде в зависимости от толщины верхнего слоя и времени действия расчетной нагрузки значительно снижается и стабилизируется. Растягивающие напряжения (σ) при изгибе выражаются через радиус кривизны упругой линии обратно пропорциональной зависимостью. Поэтому растягивающие напряжения, возникающие в покрытии дорожных одежд, могут превысить предел прочности прежде всего на расстоянии от центра приложения нагрузки менее $4R$. Такое условие вызовет преждевременное разрушение дорожной одежды в этой области, если толщина верхнего слоя дорожной одежды с малопрочной теплоизоляционной прослойкой из древесных отходов будет находиться в пределах $0,5R \leq h \leq 1,5R$.

Полученные нами результаты по определению вертикальных напряжений и перемещений дорожных одежд с малопрочными теплоизоляционными прослойками позволяют сделать вывод о том, что при расчете дорожных одежд на прочность по упругому прогибу необходимо учитывать просадки, возникающие в конструктивных слоях дорожных одежд и изменяющиеся в зависимости от толщины верхнего слоя и времени действия расчетной нагрузки, так как изменение их существенно сказывается на напряженно-

деформированном состоянии дорожных одежд. Уже сейчас можно определенно говорить о том, что при толщине малопрочной прослойки 1,5R толщины вышележащего слоя должна быть не менее 1,5R. Проведение экспериментальных исследований позволит научно обоснованно определить место расположения и толщину конструктивных слоев дорожных одежд с малопрочными теплоизоляционными прослойками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев на пучиноопасных участках дорог. — М.: СоюздорНИИ, 1976. — 96 с. 2. Лащенко А.П. Решение задачи определения напряжений и деформаций дорожных одежд и земляного полотна с учетом реологических свойств материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1983, — 24 с.