

Если анализировать зависимость деформации от отношения  $H/E$ , то можно утверждать, что при больших отношениях  $H/E$  ( $0,5 < H/E < 1$ ) влияние площадки, через которую передается внешняя нагрузка, на накопление упруго-вязких деформаций значительно меньше, чем при малых отношениях  $H/E$  ( $0 < H/E < 0,5$ ).

Если время воздействия внешней нагрузки мало, то величина площадки, через которую она передается, почти не влияет на величину накоплений деформаций.

На основании полученных результатов построены графики различных зависимостей вида  $W = F(E, H, R, q, n, t, \omega)$ .

При решении задачи Буссинеска для слоистого упруго-вязкого полупространства функции напряжения заданы в виде функций Бесселя и функции  $A, B, C$ , и  $D$  зависят не только от первоначальной нагрузки, но и от времени:  $A(q, t)$ ;  $B(q, t)$ ;  $C(q, t)$  и  $D(q, t)$ .

Коэффициент Пуассона материала считаем постоянным для каждого слоя в отдельности. Отношение между изменением напряжений и изменением деформаций представлено реологической моделью типичного тела.

Эта задача после упрощения свелась к интегральному уравнению типа Вольтера второго рода, которое решено методом последовательного приближения Пикара.

Проведенные исследования позволяют ориентировочно определить, с какими реологическими характеристиками должен быть применен материал для тех или других конструкций дорожной одежды.

Эта совокупность проведенных исследований является первым вкладом в изучение поведения конструкций дорожных одежд на упруго-вязкой стадии.

## ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ И СВЕРХТЯЖЕЛЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДОРОГУ И УЧЕТ ИХ ПРИ РАСЧЕТЕ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

И. И. Леонович, Л. А. Федоров, В. Л. Штукарь

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Автомобильная промышленность СССР выпускает грузовые автомобили различной грузоподъемности. Применение в народном хозяйстве автомобилей большой грузоподъемности позволяет обеспечивать высокую производительность труда и снижать стоимость перевозок. Кроме того, создаются благоприятные условия для доставки на строительные площадки, заводы, станции, в порты и другие пункты назначения крупногабаритных и тяжелых грузов.

Автомобили большой грузоподъемности по отношению к неко-

тяжелым дорожным одеждам нежесткого типа следует рассматривать как тяжелые и сверхтяжелые. Современные тяжелые и сверхтяжелые автомобили имеют ряд конструктивных особенностей: большие осевые нагрузки, значительные параметры пневматических колес, многососность, небольшие межосевые расстояния и др.

Эти особенности необходимо исследовать и учитывать при расчете дорожных одежд.

О степени влияния основных параметров тяжелых и сверхтяжелых автомобилей можно судить по следующим данным. Так, с изменением диаметра круга  $D$ , равновеликого отпечатку колеса, при постоянном значении удельного давления изменяются прогиб дорожной одежды  $W_0$ , радиус кривизны прогиба  $\rho$  и относительная деформация  $\epsilon_{\max}$ .

От величины  $D$  зависит также и допустимый относительный прогиб покрытия  $\lambda$ . В табл. 1 приведено численное значение расчетных характеристик для асфальтобетонной дорожной одежды  $p = 5 \text{ кг/см}^2$  и изменении  $D$  от 34 до 60 см.

Из таблицы видно, что при увеличении диаметра в 1,8 раза, прогиб увеличивается в 5,5 раза, относительная деформация — в 1,8 раза, а радиус кривизны уменьшается в 1,7 раза. При этом, если фактический относительный прогиб  $W_0/D$  увеличивается в 2 раза, то допустимый прогиб уменьшается в 1,4 раза.

Таблица 1

Расчетные характеристики для асфальтобетонной дорожной одежды

$D$ , см	$W_0$ , см	$\rho$ , м	$\epsilon_{\max}$	$W_0/D$	$\lambda$
34	0,340	10,00	0,0082	0,0100	0,025
36	0,389	9,34	0,0088	0,0110	0,024
38	0,437	8,85	0,0093	0,0115	0,023
44	0,617	7,50	0,0110	0,0140	0,022
48	0,741	6,95	0,0119	0,0154	0,021
54	0,950	6,24	0,0132	0,0176	0,020
60	1,184	5,73	0,0144	0,0197	0,018

Величина диаметра отпечатка колеса влияет на характер распределения напряжений в дорожной конструкции. С увеличением диаметра активная зона увеличивается.

Таким образом, для пропуска автомобилей с диаметром отпечатка колеса 60 см, необходимо проектировать дорожную одежду почти в два раза большей толщины, чем под расчетный автомобиль И-13, у которого  $D$  равен 34 см.

На напряженно-деформативное состояние дорожной одежды влияет расстояние между осями автомобиля или автомобильного поезда. Это влияние тем сильнее, чем больше осевая нагрузка, меньше расстояние между осями и больше жесткость покрытия.

Для определения реактивного давления под колесом с учетом влияния других колес автопоезда была выведена формула

$$P_0^H = P_0 \left( 1 + \sum_{i=2}^n \frac{1}{1 + ar_i^2} \right), \quad (1)$$

где

$$P_0 = \frac{q}{1 + 1,85 \left( \frac{h_3}{D} \right)^2}, \quad a = \frac{4\pi}{D} \operatorname{arctg}^2 \frac{D^2}{h_3};$$

$q$  — давление колеса на покрытие;

$h_3$  — эквивалентная толщина дорожной одежды;

$r_i$  — расстояние от каждого колеса до точки, в которой определяется реактивное давление.

При выводе формулы использованы теоретические разработки и практический метод расчета дорожных одежд М. Б. Корсунского. Аналогичным способом получена формула для определения прогиба покрытия с учетом влияния системы колес.

$$W_0^H = W_0 \left( 1 + \sum_{i=2}^n \frac{1}{1 + \kappa r_i^2} \right), \quad (2)$$

где

$$W_0 = \frac{1,43 qD}{E_0} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{h_3}{D} \right),$$

$$K = \frac{0,67}{R^2} \operatorname{arctg}^2 \frac{D}{h_3},$$

$R$  — радиус отпечатка колеса.

Прогиб под колесом, полученный с учетом влияния соседних колес, можно представить как результат действия новых параметров колес  $q^H$  и  $D^H$ , т. е.

$$W_0^H = \frac{1,43 q^H D^H}{E_0^H} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{h_3^H}{D^H} \right), \quad (3)$$

а давление колес на покрытие в виде

$$q^H = \left[ 1 + 1,85 \left( \frac{h_3^H}{D^H} \right)^2 \right] \left[ P_0 \left( 1 + \sum_{i=2}^n \frac{1}{1 + ar_i^2} \right) \right] \quad (4)$$

По данным уравнениям (3) и (4) в прямоугольных координатах строятся кривые. Точка пересечения кривых дает значения  $q^H$  и  $D^H$ .

Для нахождения максимальных напряжений в любой точке покрытия при действии двух колес получена формула

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max} E_1}{1 - \mu_1} \left\{ \frac{1 - kr^2}{(1 + kr^2)^3} + \frac{1 - kr_1^2}{(1 + kr_1^2)^3} \right\} + \quad (5)$$

$$\frac{\varepsilon_{\max} E_1}{1 + \mu_1} \sqrt{\left\{ \frac{r^2 \cos_2^2 \theta}{(1 + kr^2)^3} + \frac{r_1^2 \cos_2^2 \theta_1}{(1 + kr_1^2)^3} \right\}^2 + \left\{ \frac{r^2 \sin_2^2 \theta}{(1 + kr^2)^3} + \frac{r_1^2 \sin_2^2 \theta_1}{(1 + kr_1^2)^3} \right\}^2}$$

(см. рис. 1).

Анализ формулы показывает, что под воздействием системы колес напряжение в дорожном покрытии значительно превосходит напряжения, возникающие в результате действия одиночного колеса.

Отмеченные выше конструктивные особенности тяжелых и сверхтяжелых автомобилей приводят к значительному увеличению времени действия напряжений и деформаций при воздействии автомобиля на дорожную одежду при одном и том же времени контакта колеса с дорогой. Это происходит в результате суммирования зон распространения напряжений и деформаций от соседних колес.

Время воздействия автомобилей на дорогу можно определить теоретически, если известна зона и скорость распространения напряжений и деформаций. Эту задачу можно решить с помощью экспериментальных исследований по осциллограммам.

Для исследования работы дорожных одежд под воздействием тяжелых и сверхтяжелых автомобилей сотрудники Белорусского технологического института на протяжении ряда лет проводят экспериментальные исследования. В этих целях используется грунтовый канал, построена опытная дорога, создан комплекс необходимых приборов и приспособлений. Напряжения и относительные деформации определяются тензодатчиками. Давление измеряется месдозами конструкции Д. С. Баранова.

На рис. 2 приведены осциллограммы радиальных относительных деформаций  $\varepsilon_r$ , возникающих на нижней поверхности асфальтобетонного слоя толщиной 16,5 см под воздействием двухосного полуприцепа.

Реактивное давление  $P_0$  зафиксировано в точке контакта покрытия и основания при проезде 4-осного автомобиля.

Тангенциальные относительные деформации  $\varepsilon_\theta$  соответствуют нижней части асфальтобетонного покрытия при действии 4-осного автомобиля.

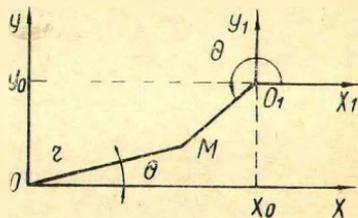


Рис. 1. Расчетная схема для определения  $\sigma_{\max}$

Анализ осциллограмм показывает, что под воздействием тяжелых и сверхтяжелых автомобилей покрытие между приложениями осевых нагрузок работает почти без «отдыха».

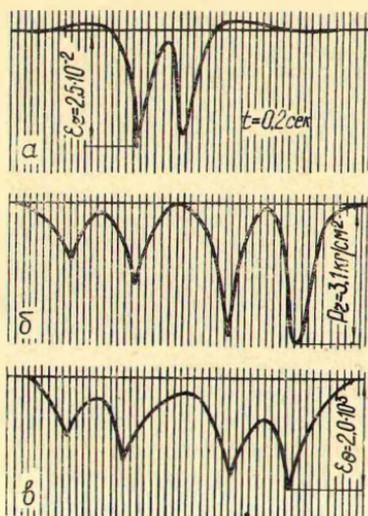


Рис. 2. Осциллограммы: а — относительные радиальные деформации,  $v=5$  км/ч; б — реактивные давления,  $v=5$  км/ч; в — относительные тангенциальные деформации,  $v=10$  км/ч.

С увеличением времени воздействия и частоты приложения нагрузок деформации накапливаются и могут привести к образованию трещин и разрушению покрытия.

Специфика большегрузных автомобилей — их предельные габариты. Поток малогабаритных автомобилей обычно рассеивается. По исследованиям В. Ф. Бабкова, только пятая часть всех автомобилей движется по полосе наката. Сверхтяжелые автомобили, имеющие значительные габариты, движутся, как правило, по одному следу, тем самым увеличивается агрессивность воздействия на дорожную одежду.

Не меньшее значение для исследования работы дорожной одежды под воздействием тяжелых и сверхтяжелых автомобилей имеют вопросы динамики. Большие массы, особенности развесовки, специальные типы подвески часто увеличивают коэффициент динамичности.

Исследования показывают, что значения коэффициента динамичности для тяжелых и сверхтяжелых автомобилей варьируются в широких пределах и достигают двух.

Таким образом, особенности тяжелых и сверхтяжелых автомобилей, которые все в большей степени появляются на дорогах страны, усложняют условия работы дорожной одежды, и это требует

необходимо учитывать при проектировании новых дорог и реконструкции существующих.

## О ВОПРОСЕ ПОЛУЧЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И УГЛЯ

Г. Д. Ляхевич, Г. С. Корин

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

В настоящее время укрепление грунтов вяжущими является одним из основных способов строительства дорожных покрытий и оснований. Это и понятно. Дорожные конструкции из укрепленных грунтов в несколько раз дешевле, чем равнопрочные из каменных материалов.

В работе рассматривается способ получения связующего методом термохимической переработки нефтепродуктов и углей.

В задачу исследования входило изучение влияния фракционного состава нефтепродуктов на технологические показатели процесса, качество продукта — связующего.

Для опытов использовались каменный, марки Г, и сапропелитовый угли Львовско-Волынского бассейна, стоимостью 8—10 руб./т. В качестве жидкостей пластификаторов применялись нефтепродукты крекинг-остаток, коксовый дистиллат, высококипящий продукт коксования, стоимостью 12—14 руб./т.

Исследование процесса получения связующих материалов из нефтепродуктов и углей проводилось на лабораторной установке, состоящей из реактора, снабженного мешалкой-ротором, в которую загружалось сырье — нефтепродукт и измельченный уголь. Нагрев реактора осуществлялся электропечью. Мешалка-ротор приводилась во вращение при помощи электромотора. Выделяющиеся в процессе пары и газы через вентиль направлялись в холодильник, из которого жидкость поступала и накапливалась в приемнике, а газ через счетчик направлялся в газосборник.

По достижении конца процесса продукт выгружался из реактора в приемник. После чего охлаждался и анализировался.

Опыты проводились при следующих условиях: температура 110—420°C, скорость нагрева 5,0°C/мин, выдержка 30 мин, размер частиц угля 0—5 мм, скорости вращения мешалки 12,75 об/мин, соотношение угля и нефтепродукта 1 : 0,10 — 1 : 0,60.

Как следует из опытных данных, показатели пластичности различны для связующего, полученного как из сапропелитового, так и из каменного Г углей.

Увеличение температурных пределов выкипания нефтепродуктов ведет к увеличению текучести по Рашигу, растворимости в бензоле связующего и уменьшению температуры текучести. Таким