

вать прочность на сжатие, а также наличие изменения внутренних напряжений в цементном камне и бетоне.

Литература

1. Романовский С.Г., Журавлева В.П., Дашкевич О.Д., Бейнард Г.С., Ляшкевич И.М. Исследование физических свойств системы "цемент-вода" в магнитном поле. Научная сессия, посвященная 50-летию БССР и КПБ. ИСиА Госотроя БССР, Минск, 1968.
2. Романовский С.Г. Процессы термической обработки и сушки в электромагнитных установках. "Наука и техника", Минск, 1969.
3. Дашкевич О.Д. Исследование кинетики твердения минеральных вяжущих. Исследование процессов образования дисперсных материалов. Труды Всесоюзной конференции по физико-химической механике дисперсных материалов. Минск, 1969, т.3.
4. Ляшкевич И.М. Влияние магнитного поля на релаксационно-поляризованную систему "цемент-вода". Там же.
5. Дашкевич О.Д. Исследование влияния водосодержания на структурообразование бетонных смесей. В сб. трудов УП Всесоюзной конференции по бетону и железобетону. Минск, "Полымя", 1972.
6. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., ИЛ., 1962.
7. Лаптов Д.А., Шатев М.Н. Магнитный метод измерения внутренних напряжений в электролитических покрытиях. Водосная лаборатория, 1970, № 6.
8. Киренский Л.В. Магнетизм, М., "Наука", 1967.

НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ В АСФАЛЬТБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ МНОГООСНЫХ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

И.И.Леонович, Л.А.Федоров, Л.Ф.Доронин

В настоящее время дорожная одежда рассчитывается применительно к двухосному автомобилю, причем фактически принимаются нагрузки, создаваемые одним колесом задней оси. Однако выпускаемые промышленностью многоосные сверхтяжелые автомобили имеют ряд конструктивных особенностей, которые качественно изменяют картину создаваемого напряженно-деформативного состояния дорожной одежды по сравнению с действием нагрузки от одного колеса. В частности, у автомашин такого типа все оси являются расчетными, расстояние между ними мало, а отпечаток следа колеса имеет большой диаметр. По-

этому возникает необходимость исследовать влияние этих особенностей на напряженно-деформативное состояние асфальтобетонного покрытия.

Напряженно-деформативное состояние дорожной одежды изучалось на опытном участке, конструкция дорожной одежды которого состояла из трехслойного асфальтобетона, щебеночного и песчаного слоев толщиной 14, 22 и 40 см соответственно. Круглогодичное исследование выполнялось с помощью стационарной дорожной лаборатории.

Нагрузка на дорожную одежду создавалась четырехосным бортовым автомобилем и четырехосным тягачом с двухосным полуприцепом. У автомобилей и полуприцепа было равное межосевое расстояние.

Для определения относительных деформаций в асфальтобетонном покрытии использовали тензодатчики с базой 50 мм, которые наклеивали на асфальтобетонные блоки размером $3 \times 10 \times 10$ см, после чего последние впрессовывали в покрытие.

На каждый блок наклеивали три тензодатчика, в том числе по направлению движения автомобиля и под углами 45 и 90° (рис.1). Главные напряжения определяли по формуле

$$\sigma_{\text{макс}}^{\text{мин}} = \frac{E}{2} \left\{ \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{1 - \mu} \pm \frac{1}{1 + \mu} \sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1) + [2\epsilon_2 - (\epsilon_3 + \epsilon_1)]^2} \right\}.$$

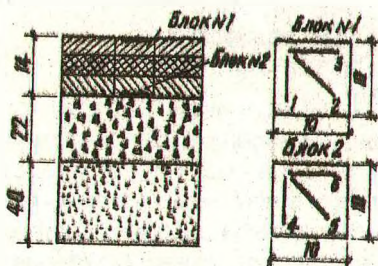


Рис.1. Схема заложения блоков в покрытие (1-6 тензодатторы)

Угол между максимальным нормальным напряжением и осью датчика φ

$$\varphi_p = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{2\epsilon_1 - (\epsilon_1 + \epsilon_2)}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right],$$

где $\sigma_{\text{макс}}^{\text{мин}}$ - максимальные и минимальные напряжения, определяемые по измеренным значениям деформаций; ϵ_1, ϵ_2 и ϵ_3 - относительные деформации соответственно по направлению движения автомобиля под углами 90° и 45°; μ - коэффициент Пуассона; E - модуль упругости.

112

В таблице I показано изменение угла φ_0 в связи с увеличением скорости движения автомобиля.

Таблица I

Определяемая величина	Скорость движения автомобиля V , км/час					
	5	10	15	20	25	30
град	$58^{\circ}16'$	$55^{\circ}22'$	$50^{\circ}22'$	$49^{\circ}35'$	$49^{\circ}22'$	$49^{\circ}19'$

При экспериментальных исследованиях движение автомобилей и автопоездов происходило в диапазоне скоростей от 2 до 35 км/час как по отвору с датчиками, так и на расстоянии от него.

Осциллограммы 2+8 (рис.2) характеризуют деформативное состояние покрытия при проезде четырехосных автомобилей по отвору. Запись относительных деформаций при проезде двухосного полуприцепа над створом показана на осциллограмме (рис.2).

Таблица 2

№ датчиков	Относительные деформации $\varepsilon \cdot 10^{-5}$						
	Скорость движения автомобиля V , км/час						
	2	5	10	15	20	25	30
2	-	19,4	17,9	16,3	15,4	14,2	14
4	15,5	13	10,95	-	10	-	9,4
6	17,5	14,5	12,6	11,1	10,7	10,6	10,2

Как видно из таблицы 2, относительные деформации уменьшаются с увеличением скорости движения автомобилей в 1,4-1,7 раза. По данным А.О.Салла, динамический модуль упругости асфальтобетона превышает статический в 2-4 раза. Таким образом, с увеличением скорости движения многосных сверхтяжелых автомобилей растягивающие напряжения в асфальтобетоне возрастают в 1,5-2 раза.

В зоне между колесами появляются деформации, значение которых может достигать 20-25% от максимальных, возникающих под центром колеса. Влияние осевых колес будет возрастать с уменьшением межосевого расстояния и повышением жесткости покрытий.

Как показали осциллограммы, относительные деформаций под центром колеса на верхней поверхности асфальтобетона больше, чем на нижней, а знаки их противоположны.

В связи с малым межосевым расстоянием и большим диаметром

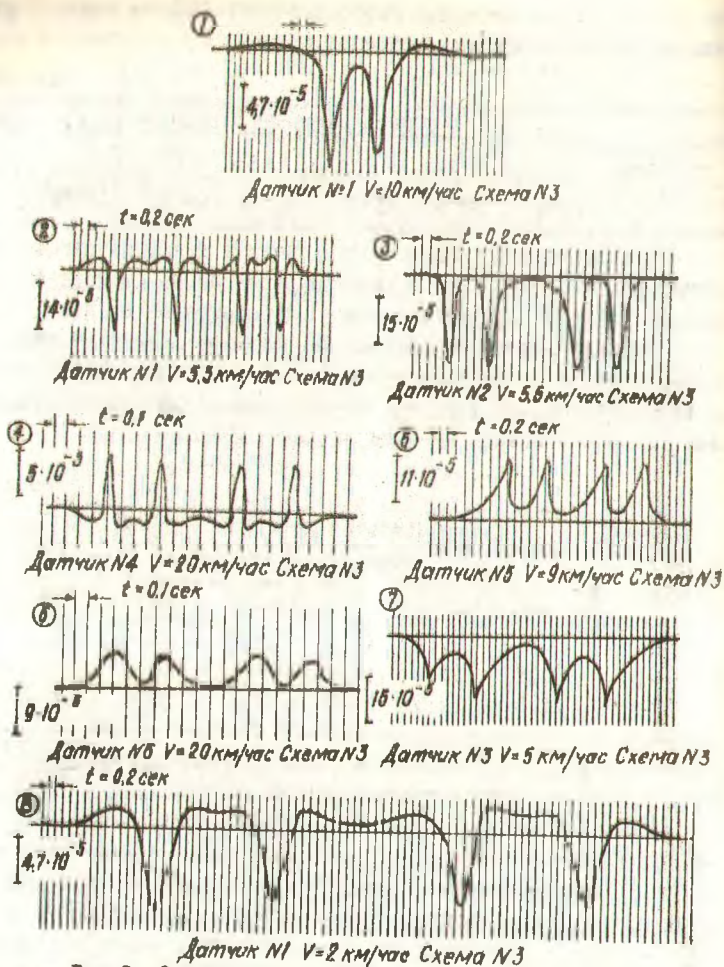


Рис. 2. Осциллограммы относительных деформаций;
 а) радиальные под двухосным полуприцепом при $V = 10$ км/час
 б) под четырехосным автомобилем на верхней поверхности покрытия:
 2, 8 - радиальные, $V = 5,5$ и 2 км/час (соответственно);
 7 - тангенциальные, $V = 5$ км/час; 3 - датчик № 2, $V = 5,5$ км/час;
 б) под четырехосным автомобилем на нижней поверхности покрытия:
 4, 6 - тангенциальные и радиальные, $V = 20$ км/час; 5 - датчик № 5, $V = 9$ км/час

отпечатка следа колеса происходит наложение деформаций, возникающих от действия соседних колес.

Время действия автомобиля - это результирующее время действия всех его колес, а не одного колеса задней оси, как принято считать для нагрузки Н-13, поэтому покрытие работает почти без "отдыха".

Как следует из графика (рис.3), с увеличением скорости движения автомобиля время действия деформаций уменьшается, а начиная со скорости движения $V = 15+20$ км/час, суммарное время действия остается почти без изменения. На графике дано как суммарное время действия радиальных относительных деформаций, так и отдельно - время действия сжимающих и растягивающих относительных деформаций. Надо отметить, что продолжительность действия деформаций значительно превосходит время контакта колеса с покрытием, которое колеблется в зависимости от скорости в пределах 0,03+0,30 сек.

Прочность асфальтобетона при действии кратковременной нагрузки в значительной степени зависит от скорости ее приложения, которая в общем случае является переменной величиной. Средняя величина скорости нагружения $V = \frac{L}{t}$.

Скорость деформирования определялась через 0,1 сек на всем протяжении действия относительных деформаций. Как видно из таблицы 3, скорость деформирования в промежуточных точках уменьшается по сравнению со средней из-за влияния действия соседних колес.

Таблица 3

$t, \text{сек}$	$\epsilon \cdot 10^{-6}$	$V = \frac{\epsilon}{t}$	$V_{\text{ср}}$	Примечания
0,1	2,6	26		
0,2	19,4	168	97	Зона нагружения
0,3	3,0	164		Зона разгружения
0,4	2,0	10		
0,5	0,8	12		
0,6	0	8	48,5	
0,7	3,2	32		Зона нагружения
0,8	17,8	146	89	
0,9	7,4	104		Зона разгружения
1,0	1,8	56		
1,1	0,6	12		
1,2	0	6	44,5	

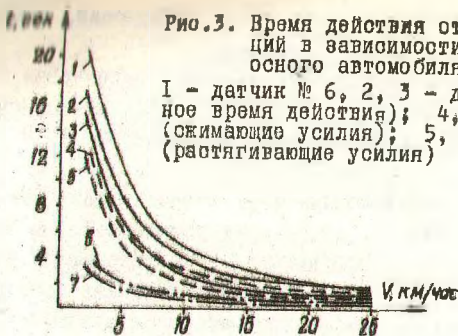


Рис. 3. Время действия относительных деформаций в зависимости от скорости четырех основного автомобиля:
 1 — датчик № 6, 2, 3 — датчики № I, 4 (суммарное время действия); 4, 7 — датчики № I, 4 (сжимающие усилия); 5, 6 — датчики № I, 4 (растягивающие усилия)

С повышением скорости движения автомобиля усиливается и деформирование покрытия, что зафиксировано всеми датчиками, причем это явление отмечено в интервале скоростей 2-20 км/час. При скорости автомобиля до 30 км/час скорость деформирования покрытия возрастает незначительно. Причем, как видно из таблицы 4, скорость при нагружении больше, чем при разгрузении. Скорость деформирования покрытия на расстоянии 10, 20 и 30 см от центра приложения нагрузки уменьшается.

Таблица 4

№ датчика	V, км/час	5	10	15	20	25	30
	Д - 6 (нагружение)		29,8	33,5	46,2	50	50,2
Д - I (разгрузение)		33,4	55,8	90,5	90,5	90,5	90,5
		18,9	25,6	46,5	71,1	79,8	84,0

К числу важнейших характеристик режима движения относятся закон распределения движения по ширине проезжей части и частота воздействия расчетных автомобилей. Эти характеристики существенно влияют на продолжительность службы дорожной одежды и до сих пор недостаточно изучены.

Распределение автомобилей по ширине проезжей части зависит от многих факторов: интенсивности движения, ширины проезжей части состава потока, наличия укрепленных обочин, габаритов автомобилей и т.д.

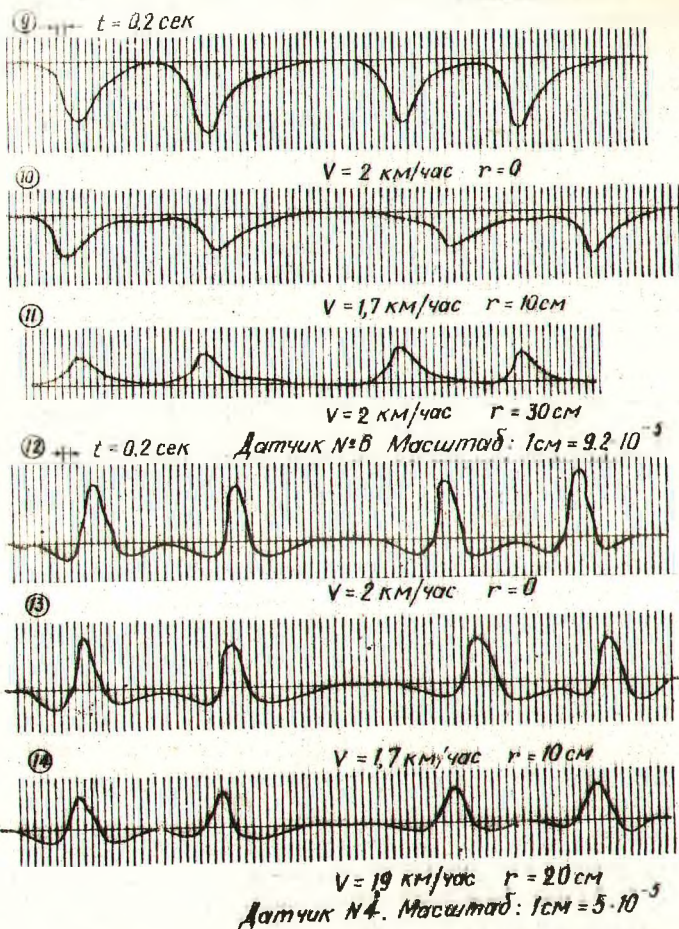


Рис. 4. Осциллограммы относительных деформаций при движении четырехосного автомобиля:

9, 12 - тангенциальные и радиальные под центром колеса $V = 2 \text{ км/час}$; 10, 13 - тангенциальные и радиальные на расстоянии 10 см от створа при $V = 1,7 \text{ км/час}$; 11 - радиальные на расстоянии 30 см от створа при $V = 2 \text{ км/час}$; 14 - тангенциальные на расстоянии 20 см от створа при $V = 1,9 \text{ км/час}$

На осциллограммах № 9+14 (рис. 4) показаны относительные тангенциальные ϵ_{τ} и радиальные ϵ_{r} деформации, возникающие при проезде автомобиля на расстоянии $Z' = 10, 20$ и 30 см от створа, по которому установлены тензодатчики. Отклонение колес от створа с датчиками существенно изменяет деформативное состояние покрытия (таблица 5).

Таблица 5

№ датчиков	Z_0	Z_{10}		Z_{20}		Z_{30}	
	ϵ_0	ϵ_{10}	$\frac{\epsilon_{10}}{\epsilon_0} 100\%$	ϵ_{20}	$\frac{\epsilon_{20}}{\epsilon_0} 100\%$	ϵ_{30}	$\frac{\epsilon_{30}}{\epsilon_0} 100\%$
6	16,9	10,12	59,9	-	-	7,93	46,9
4	8,57	6,0	70	4,75	55,4	3,25	37,9

Приведение автомобилей к расчетному следует производить с учетом распределения колес по ширине проезжей части.

В частности, коэффициент усталости асфальтобетона необходимо назначать исходя не из общего количества проходов, а в зависимости от количества нагружений, вызывающих напряжения, равные расчетным. Нагружения, вызывающие напряжения меньше расчетных, следует приводить к последним с помощью соответствующих коэффициентов. Расчетные напряжения определяем с учетом распределения автомобилей по ширине проезжей части $\sigma_p = \sigma_n \cdot K_1$.

σ_n - номинальное напряжение, создаваемое колесом автомобиля при проходе по створу; K_1 - коэффициент уменьшения напряжений при проезде колеса на расстоянии от створа.

Уменьшение относительных деформаций ϵ_{τ} и ϵ_{r} , подсчитанное по осциллограммам, представлено в таблице 5.

Пользуясь формулами М.Б. Корсунского для определения прогиба нижней поверхности покрытия и реактивных напряжений различных конструкций дорожных одежд с учетом диаметров отпечатков колес составлены программы для ЭВМ "Минск-22" и получены коэффициенты уменьшения K_1 . С увеличением жесткости покрытия коэффициент увеличивается (таблицы 6 и 7).

В настоящее время установлено, что усталость при повторном изгибе образцов асфальтобетонного покрытия зависит от ряда факторов, которые можно учесть с помощью формулы

$$N_p = f(\sigma_m, k_{\text{в}}, \rho),$$

где N_p - число повторных нагрузок, вызывающих разрушение образца материала; σ_m - максимальное возникающее в образце напряжение для каждого цикла нагрузки - разгрузки; $k_{\text{в}}$ - временное сопротивление разрушению при однократной кратковременной нагрузке; ρ - характеристика асимметрии цикла нагружения.

Таблица 6

Реактивные давления

Q_1 кгс/см ²	D_1 см	k_{11} см	E_0 кгс/см ²	E_1 кгс/см ²	Расстояние от створа, см			
					0	10	20	30
					k_1			
5	34	8	1000	20000	I	0,72	0,36	0,22
4	40	8	1000	20000	I	0,77	0,42	0,25
5	34	16	1000	20000	I	0,88	0,61	0,39

Таблица 7

Прогибы

Q_1 кгс/см ²	D_1 см	k_{11} см	E_0 кгс/см ²	E_1 кгс/см ²	Расстояние от створа, см			
					0	10	20	30
					k_1			
5	34	8	1000	20000	I	0,91	0,72	0,52
4	40	8	1000	20000	I	0,92	0,74	0,57
5	34	16	1000	20000	I	0,92	0,87	0,72

Действие многососного сверхтяжелого автомобиля принимали за цикл и для него находили коэффициент асимметрии цикла ρ как в продольном, так и в поперечном направлении.

В связи с влиянием колес соседних осей коэффициент асимметрии цикла как в продольном, так и в поперечном направлении больше, чем при действии одного колеса, что улучшает работу покрытия.