

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2019

УДК 625.855.32

Составители: Е.В. Углова, А.Н.Тиратурян,

Методические указания к практическим работам по предмету «Моделирование НДС дорожных конструкций». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 12 с.

Предназначено для обучающихся по направлению 08.04.01 Строительство по программам «Автомобильные дороги» и «Проектирование, строительство автомагистралей и управление их состоянием».

Ответственный за выпуск

д-р техн. наук, профессор Е. В. Углова

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Разработка вариантов нежестких дорожных одежд	5
2 Расчет вариантов дорожных конструкций в программе Robur roadbed	6
3 Расчет дорожной одежды в программном комплексе для моделирования напряженно-деформированного состояния нежесткой дорожной одежды MnLayer	10
Список использованной литературы	12

Введение

Методические указания используются студентами при изучении курса «Моделирование НДС дорожных конструкций»

Непрерывный рост интенсивности движения и увеличение грузоподъемности современных транспортных средств, а также необходимость создания разветвленной сети благоустроенных автомобильных дорог требует разработки и внедрения новых программных средств для моделирования работы нежестких дорожных конструкций.

Методические указания систематизируют работу магистрантов над выполнением поставленной задачи.

Указания не заменяют учебников, справочников и другой специальной литературы. Более того, к выполнению практических работ по данному предмету следует приступить, изучив соответствующие разделы учебной литературы и официальных изданий. Методические указания выполнены в наглядной форме с ссылками на все необходимые нормативные документы.

1. Разработка вариантов нежестких дорожных одежд

Варианты нежестких дорожных одежд разрабатываются обучающимися самостоятельно в соответствии с требованиями ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», и ПНСТ 265-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд». Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев нежестких дорожных одежд, принимаются в соответствии с их номенклатурой, представленной в выше приведенных нормативных документах.

Конструкция № 1

Наименование материалов



ЩМА 16 ТР ТС на БНД 50/70 по ГОСТ 33133 толщиной 5 см

АБ ТР ТС для слоев покрытия на БНД 50/70 по ГОСТ 33133

АБ ТР ТС для слоев основания на БНД 50/70 по ГОСТ 33133

Органоминеральная смесь по ГОСТ 30491 толщиной 18 см

Гравийная смесь для оснований непрерывной гранулометрии С₄-80 по ГОСТ 25607 толщиной 27 см

Рисунок 1 – Пример конструкции дорожной одежды

Таблица 1

Конструкция дорожной одежды и ее механические характеристики

№	Материал слоя	Толщина слоя, см	Модуль упругости, МПа
1	ЩМА 16 ТР ТС на БНД 50/70 по ГОСТ 33133	5	5100
2	АБ ТР ТС для слоев покрытия на БНД 50/70 по ГОСТ 33133	6	3200

3	АБ ТР ТС для слоев основания на БНД 50/70 по ГОСТ 33133	8	3200
4	Органоминеральная смесь по ГОСТ 30491	18	700
5	Гравийная смесь для оснований непрерывной гранулометрии С4-80 по ГОСТ 25607	27	280
7	Грунт – суглинок тяжелый пылеватый		57

2. Расчет вариантов дорожных конструкций в программе Robur Roadbed

Разработанная конструкция дорожной одежды рассчитывается в программном комплексе Robur Roadbed 4.3 и выше. Для рассчитываемой дорожной конструкции осуществляется заполнение основных полей исходных данных. Пример заполнения приведен на рисунке 1.

Общие данные		Нагрузки		Конструкция дорожной одежды		Осушение	
Тип покрытия	Нежесткая дорожная одежда					(?)	
Тип расчета	Дорожная одежда					(?)	
Район проектирования	Краснодарский край					(?)	
Название объекта	Трасса М4					(?)	
Дорожно-климатическая зона	V	(?)	Схема увлажнения рабочего слоя	1	(?)		
Тип местности по рельефу	Равнинные р	(?)	Поправка на влажность	0	(?)		
Номер района по количеству расчетных дней				6	(?)		
Расчетная амплитуда колебаний температуры на поверхности покрытия, за сутки						(?)	
Категория дороги	I	(?)	Количество полос движения	4	(?)		
Номер полосы от обочины	1	(?)	Тип дорожной одежды	Капитальный	(?)		
Заданная надежность	0,95	(?)	Тип земляного полотна	Насыпь	(?)		
Ширина проезжей части (для дорог с разделительной полосой - в одном направлении), м				7.5		(?)	
Глубина промерзания грунта от поверхности покрытия, м				1		(?)	
Расстояние от низа дорожной одежды до расчетного УГВ, м				1		(?)	
Коэффициент уплотнения грунта				1.01-1.00		(?)	

Рисунок 1 – Пример заполнения исходных данных для расчета дорожных одежд в среде Robur Roadbed

Аналогично в программный комплекс вносятся данные о материалах слоев и их толщинах. Выбор конструктивных слоев осуществляется с применением электронного справочника (базы данных), интегрированного в Robur roadbed. Шаг перебора толщин слоев дорожной одежды не задается (рисунок 2).

Общие данные	Нагрузки	Конструкция дорожной одежды	Осушение	
Слой дорожной одежды (?)				
Материал слоя	Мин. то...	Макс. т...	Шаг пе...	Стоимо...
Асфальтобетон горячий плотный ти...	4	4	0	1
Асфальтобетон горячий пористый п...	8	8	0	1
Асфальтобетон горячий пористый к...	14	14	0	1
Щебень фр. 40-80 мм трудноплотн...	60	60	0	1

Рисунок 2 – Задание входных данных о конструкции дорожной одежды в среде Robur roadbed.

По итогам выполненного расчета формируются ведомости результатов расчета нежестких дорожных одежд по образцу приведенных таблиц 2 – 4.

Таблица 2

Краснодарский край трасса М4

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Категория дороги -	1	Общее число полос -	4
Тип дорожной одежды -	капитальный	Ежегодный прирост интенсивности -	-
Дорожно-климатическая зона -	V	Тип расчетной нагрузки -	A11.5
Тип местности по увлажнению -	1	Срок службы -	-
Уровень надежности -	0.95	Глубина промерзания грунта, м -	1.00
Приведенная интенсивность на одну полосу, авт/сут -	-	Уровень грунтовых вод от низа дорожной одежды, м -	1.00

Таблица 3

Расчетные характеристики слоев дорожной одежды

№ Слоя	Наименование	Модули упругости, МПа			Сдвиговые характеристики								
		Упругий прогиб	Сдвиг	Изгиб	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Угол внутреннего трения, град	Статический угол внутреннего трения, град	Сцепление, МПа	Статическое сцепление, МПа	Плотность, кг/м³	Коэффициент М	Коэффициент α	Влажность
1	Асфальтобетон горячий плотный тип А на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=3200 МПа	3200	460	4500	9.80	-	-	-	-	2400	5.50	5.90	-
2	Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=2000 МПа	2000	432	2800	8.00	-	-	-	-	2300	4.30	7.10	-
3	Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=2000 МПа	2000	432	2800	8.00	-	-	-	-	2300	4.30	7.10	-
4	Щебень фр. 40-80 мм трудноуплотн. (гранитн) с заклин известняков, мелк. смесью или активн. мелким шламом E=300 МПа	300	-	-	-	-	-	-	-	1800	-	-	-
5	Грунт суглинок тяжелый пылеватый	60	-	-	-	7.71	22.06	0.01006	0.02612	-	-	-	0.632

Результаты расчета

№ слоя	Наименование	Толщина слоя, см	Показатель прочности				Стоимость, руб/м ²
			Критерий	Допустимое значение, МПа	Фактическое значение, МПа	К пр	
1	Асфальтобетон горячий плотный тип А на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=3200 МПа	4	Упругий прогиб	317.050	513.711	1.620	4.00
2	Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=2000 МПа	8					8.00
3	Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД и БН марки: 60/90 E=2000 МПа	14	Растяжение при изгибе	0.896	0.581	1.542	14.00
4	Щебень фр. 40-80 мм трудноуплотн. (гранитн) с заклин известников. мелк. смесью или активн. мелким шламом E=300 МПа	60					60.00
5	Грунт суглинок тяжелый пылеватый	0	Сдвиг	0.01688	0.01573	1.073	0.00

3. Расчет дорожной одежды в программном комплексе для моделирования напряженно-деформированного состояния нежесткой дорожной одежды MnLayer

Расчет осуществляется в программном комплексе MnLayer, разработанном в университете Миннесоты, и находящимся в свободном доступе [1-3]. Расчет НДС в данном программном продукте базируется на модифицированном решении Бурмистера [16-18,20,21] для многослойного полупространства на поверхность которого воздействует статическая нагрузка.

При расчете принимаются следующие гипотезы:

- Все слои дорожной одежды характеризуются упругими свойствами и являются изотропными;
- Все слои не ограничены по длине и ширине
- Грунт земляного полотна моделируется в виде упругого полупространства

Программный комплекс характеризуется дружелюбным интерфейсом, позволяющим вносить в него данные о модулях упругости, плотностях, коэффициентах Пуассона слоев дорожной одежды, а также их толщинах. Пример внесения данных представлен на рисунке 3. После внесения вышеуказанных данных задаются параметры расчетной нагрузки (рисунок 4) точки в которых происходит расчет основных компонент напряженно-деформированного состояния в виде нормальных и касательных напряжений, деформаций, а также перемещений (рисунок 5).

File

Edit

Tools

Run

Help

General

Layers

Loads

Analysis Points

Results

All Problems

Individual Problems

		Layer 1	Layer 1	Layer 1	Layer 1	Layer 2	Layer 2	Layer 2	Layer 2	Layer 3	Layer 3	Layer 3	Layer 3	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 5	Layer 5
		ElastMod	Poisson	Thickness	Fric. Num.	ElastMod	Poisson	Thickness	Fric. Num.	ElastMod	Poisson	Thickness	Fric. Num.	ElastMod	Poisson	Thickness	Fric. Num.	ElastMod	Poisson
Problem	#Layers	N/mm2	-	mm	-	N/mm2	-	mm	-	N/mm2	-	mm	-	N/mm2	-	mm	-	N/mm2	-
1	5	3200.00	0.30	40	0	2000.00	0.30	80	0	2000.00	0.30	140	0	300.00	0.30	600	0	60.00	0.30
2	5	460.00	0.30	40	0	432.00	0.30	80	0	432.00	0.30	140	0	300.00	0.30	600	0	60.00	0.30
3	5	4500.00	0.30	40	0	2800.00	0.30	80	0	2800.00	0.30	140	0	300.00	0.30	600	0	60.00	0.30

Рисунок 4 – Расчетные данные о конструкции дорожной одежды

General		Layers		Loads		Analysis Points		Results	
<input checked="" type="radio"/> All Problems <input type="radio"/> Individual Problems									
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1			
		Pressure	Load	Radius	X	Y			
Problem	# Loads	N/mm2	KN	mm	mm	mm			
1	1	0.4800	57.3403	195.0	0	0			
2	1	0.4800	57.3403	195.0	0	0			
3	1	0.4800	57.3403	195.0	0	0			

Рисунок 5 – Данные о расчетной нагрузке

General		Layers		Loads		Analysis Points		Results	
<input checked="" type="radio"/> All Problems <input type="radio"/> Individual Problems									
		Point 1	Point 1	Point 1	Point 1	Point 1			
		Layer	X	Y	Z	Lay. Thick			
Problem	# Points	-	mm	mm	mm	-			
1	1	1	0	0	1	40			
2	1	4	0	0	600	600			
3	1	3	0	0	140	140			

Рисунок 5 – Задание точек наблюдения, в которых осуществляется расчет основных компонент напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции

<div>General</div>					<div>Layers</div>					<div>Loads</div>					<div>Analysis Points</div>					<div>Results</div>		
<div>Result Format</div> <div><div><div><div>Report</div></div><div><div>Table</div></div></div></div>					<div>Unit</div> <div><div><div>SI</div></div><div><div>US Cust.</div></div></div>					<div>Problem 1</div>												
Problem	Point	Lay. Num	X	Y	Z	Stress	Stress	Stress	Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Strain	Strain	displacement	displacement	displacement			
-	-	-	-	-	-	XX	YY	ZZ	YZ	XZ	XY	XX	YY	ZZ	YZ	XZ	XY	XX	YY	ZZ		
-	-	-	mm	mm	mm	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	-	-	-	-	-	mm	mm	mm	mm		
1	1	1	0.00	0.00	1.00	-8.3617E-01	-8.3617E-01	-4.8127E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-1.3779E-04	-1.3779E-04	6.3842E-06	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	4.2602E-01			

Рисунок 6 – Результаты расчета основных компонент напряжений, деформаций и перемещений в слоях дорожной одежды

По итогам расчета формируется сводная сопоставительная ведомость по результатам расчета в программном комплексе Robur roadbed и Mnlayer

№ конструкции	Прогиб, мм (по ОДН)	Прогиб мм (MnLayer)	Растягив. напряжение МПа (ОДН)	Растягив. напряжение, МПа (MnLayer)	Напряжение сдвига, МПа (ОДН)	Напряжение сдвига, МПа (MnLayer)
I	0.5	0.42602	0.01573	0.581	0.583	0.4146

Список использованной литературы

1. Albayati, A. H. Equivalent Modulus of Asphalt Concrete Layers/ A. H. Albayati //Civil Engineering Journal. – 2018. – Т. 4. – №. 10. – P. 226-237
2. Chadbourn B. A. Reliability, Damage, and Seasonal Considerations in the MnPAVE Mechanistic-Empirical Asphalt Pavement Design Computer Program / B. A. Chadbourn //Office of Materials, Minnesota Department of Transportation, Saint Paul, MN. – 2001.- 22 p.
3. Graczyk, M. The selected problems of multi-layer pavements–influence of composite impacts vehicles and climatic factors on the behavior of roads pavements / M. Graczyk, J. Rafa, A. Zofka // Transportation Research Procedia. – 2016. – V. 14. – P. 2487-2496.