

УДК 625.723

**ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НАИБОЛЕЕ
ПОПУЛЯРНЫМИ ПРОГРАММНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ**

И. С. Шималин, студент гр. СДб-131, IV курс
Научный руководитель: С.А. Иванов, старший преподаватель
кафедры автомобильных дорог и городского кадастра
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Автомобильная дорога является одной из основных средств, предназначенных для перемещения грузов и пассажиров с допустимыми осевыми нагрузками и разрешенными скоростями движения. В силу быстро меняющихся условий движения транспорта необходимо быстро принимать решения по подбору и расчету дорожных одежд. Несмотря на то, что возможен расчет по известным методикам, который занимает слишком много времени, в настоящее время имеется множество программных комплексов, которые позволяют в несколько раз ускорить эту работу.

Одними из лидеров по расчету дорожных одежд являются программные комплексы IndorPavement и Топоматик Robur, которые основаны на наиболее популярных нормативных документах ОДН 218.046-01 [1]; ОДН 218.1.052-2002 [2]; ВСН 46-83 [3].

Система расчета дорожных одежд IndorPavement предназначена для автоматизированного конструирования и расчета жестких и нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования, городских улиц и дорог. Система позволяет производить расчеты дорожных одежд для нового строительства и оценки прочности существующих конструкций [4, 5, 6].

Программный комплекс Топоматик Robur – Автомобильные дороги предназначен для использования в дорожных проектных и строительных организациях. Помимо традиционного функционала для работы с планом, профилем и поперечниками имеется целый ряд модулей для выравнивания покрытия, расчета дорожной одежды, оценки проектных решений и визуализации [7].

В обеих программах реализованы расчеты нежестких дорожных одежд на прочность (по упругому прогибу, по условию сдвигоустойчивости, на сопротивление монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе) с возможностью корректировки результатов при применении геосинтетических материалов, проверка морозоустойчивости конструкции и расчёт дренающего слоя.

При всем многообразии функционала и предоставления подробной расчетной информации каждой из представленных программ, нельзя утверждать

о полной достоверности в представленных отчетах. Поэтому было принято решение сопоставить расчеты двух программных комплексов, между собой, и с расчетом выполненным вручную согласно стандартной методике.

Для начала необходимо было задаться составом потока движения, который указан в таблице 1.

Таблица 1 – Состав движения

№ п/п	Вид автомобилей	Количество, авт/ч
1	Легковые автомобили	180
2	Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	140
3	Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	60
4	Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	100
5	Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	60
6	Автобусы	40

По составу движения было рассчитано суммарное количество приложений расчетных нагрузок за срок службы покрытия по формуле:

$$\sum N_p = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n (N_{1m} \cdot K_c \cdot T_{\text{рлг}} \cdot 0,7) \cdot S_{\text{мессу}} \cdot k_n$$

$$\sum N_p = 262242 \text{ авт} / \text{сут}$$

За основную была принята дорожная одежда нежесткого типа следующей конструкции:

- Верхний слой покрытия. Асфальтобетон плотный типа А I марки на битуме БНД 90/130, h = 5,0 см;
- Нижний слой покрытия. Асфальтобетон высокопористый II марки на битуме БНД 90/130, h = 10,0 см;
- Слой основания. Щебеночно-гравийная смесь II класса прочности, укрепленная портландцементом М400 в количестве от 4 % до 6 %, h = 30,0 см;
- Дополнительный слой основания. Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 5 %, h = 45,0 см;
- Грунт земляного полотна. Суглинок легкий.

Расчет выполнен на основные виды нагрузки, такие как:

- Упругий прогиб;
- Сдвигоустойчивость;
- Сопротивление при изгибе;
- Морозоустойчивость.

В таблице 2 приведен пример результатов расчета модели дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу.

Таблица 2 – Результат расчета модели дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу

№ п/п	Критерий расчета	IndorPavement	Топоматик Robur	Ручной расчет
1	Требуемый модуль упругости, $E_{пов}$, МПа	185,5	189,2	184,3
2	Общий модуль упругости, $E_{общ}$	341,3	342,8	384,0
3	Расчетный коэффициент прочности, $K_{расч}$	1,840	1,812	2,080
4	Требуемый коэффициент прочности, $K_{тр}$	1,170	1,170	1,170
5	Запас прочности, %	58	55	77,8

Как видно из таблицы 2 расчеты дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу выполненные в программных комплексах, отличаются между собой на 2 %, т.е., на величину погрешности, которая скорее всего заложена в алгоритм выбора коэффициентов по номограммам, в следствии того, что графический метод не достаточно точен.

При ручном методе расчета в соответствии с стандартной методикой расчета расчетный коэффициент прочности $K_{расч}$ отличается от тех, которые были выполнены с помощью программ на 11,5 и 12,9 % соответственно. Это связано скорее всего с тем, что просчитав модель ручным, способом человек имеет особенность принять требуемые для расчета коэффициенты несколько другие, чем заложены в алгоритме программ.

В таблице 3 приведен сравнительный результат расчетов модели дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости в грунте. Принятый грунт по которому выполнен расчет, суглинок легкий с физическими параметрами: угол внутреннего трения $\varphi = 4,4^\circ$; сцепление = 0,004 МПа; стат. угол внутреннего трения $\varphi_{ст} = 14,6^\circ$.

Таблица 3 – Результат расчета дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости в грунте

№ п/п	Критерий расчета	IndorPavement	Топоматик Robur	Ручной расчет
1	Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев,	352,9	352,9	238,9
2	Средневзвешенный удельный вес верхних слоев, γ , МПа	0,0019	0,0019	0,0016
3	Предельное активное напряжение сдвига, $T_{пр}$, МПа	0,008	0,011	0,017
4	Расчетное активное напряжение сдвига, T , МПа	0,01	0,01	0,01
5	Расчетный коэффициент прочности, $K_{расч}$	1,03	0,95	1,67
6	Запас прочности, %	3	5	67

Проанализировав таблицу 3 можно сделать вывод, что расчет выполненный с помощью программных комплексов IndorPavement и ТопоматикRo-

but схожи между собой. При ручном расчете получилось достаточно большое расхождение в расчетах в сравнении с аналогами, что говорит о том, что в расчетах допущена грубая ошибка.

В таблице 4 приведен пример расчета конструкции на сопротивление монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Таблица 4 – Результат расчета дорожной одежды на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

№ п/п	Критерий расчета	Indor Pavement	Топоматик Robur	Ручной расчет
1	Наибольшее растягивающее напряжение, σ , МПа	0,781	0,841	0,842
2	Прочность материала при изгибе, R_n , МПа	1,08	1,29	1,84
3	Расчетный коэффициент прочности, $K_{расч}$	1,38	1,54	2,18
4	Требуемый коэффициент прочности, $K_{тр}$	1,00	1,00	1,00
5	Запас прочности, %	38	54	118

В таблице 4 имеется отличие в расчетах у всех трех исследуемых методах, которые отличаются на 42 % при выполнении расчета на ЭВМ и на 120 % при выполнении ручным способом. Подобного рода отличия в результатах расчета может быть связано с продолжающейся ошибкой ручного способа, и в разной работе заложенного алгоритма компьютерных программ.

В таблице 5 приведен результат расчетов конструкции дорожной одежды по морозоустойчивости

Таблица 5 – Расчет конструкции дорожной одежды по морозоустойчивости

№ п/п	Критерий расчета	Indor Pavement	Топоматик Robur	Ручной расчет
1	Величина порозного пучения для осредненных значений, $L_{пуч(ср)}$, см	4,00	4,00	4,00
2	Коэффициент, учитывающий влияние глубины залегания УГВ, $K_{угв}$	0,54	0,52	0,52
3	Коэффициент, учитывающий степень уплотнения рабочего слоя грунта, $K_{пл}$	1,00	1,00	1,00
4	Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава основания насыпи, $K_{гр}$	1,30	1,30	1,30
5	Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащих слоев, $K_{нагр}$	0,92	0,92	0,91
6	Коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта, $K_{вл}$	1,16	1,14	1,00
7	Величина морозного пучения, $L_{пуч}$	3,00	2,83	2,46

В таблице 5 представленные расчеты практически идентичны друг другу, которые отличаются между собой на 6 %. Расчет выполненный ручным способом также имеет относительно небольшое отклонение (на 15 %) от расчетов выполненных с помощью программных комплексов, но адекватность его применения сомнительна, поскольку вначале допущена ошибка в расчетах.

В результате выполненного сравнительного анализа можно сделать вывод, что наиболее популярные программные комплексы IndorPavement и ТопоматикRobur выполняют достаточно качественно заявленные расчеты, с отличием некоторых показателей на 5-7 %. Ручной способ показал, что человеческая ошибка при выполнении расчета составляет 55 %, особенно она будет сказываться при большом количестве объема работ. Следовательно наиболее подходящим и достаточно точным методом расчета дорожных одежд будет способ совмещающий в себе несколько способов и получением среднего значения между выполненными расчетами.

Список литературы:

1. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. — Москва: Росдорнии, 2001. — 61с.;
2. ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд. — Москва: Росдорнии, 2002. — 33с.
3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА. — Москва: Союздорнии, 2001. — 61с.
4. IndorPavement: Система расчёта дорожных одежд [Электронный ресурс] // <http://www.indor.ru> - Режим доступа : <http://www.indor.ru/products/detail/530/> – Загл. с экрана.
5. IndorPavement 9: Система расчёта дорожных одежд [Электронный ресурс] // <http://www.indor.ru> - Режим доступа : <http://www.indorsoft.ru/products/pavement/> – Загл. с экрана.
6. Шнайдер В.А. РАСЧЁТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПРОГРАММЕ INDOR PAVEMENT Методические указания для студентов специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» и для бакалавров направления 270800 «Строительство». - Омск: СибАДИ, 2011. - 101 с.
7. ТопоматикRobur «Автомобильные дороги» [Электронный ресурс] // <http://www.topomatic.com> - Режим доступа : http://topomatic.com/download/brochures/robur-road_brochure.pdf – Загл. с экрана.