

Сравнительное испытание программного обеспечения для расчёта конструкций дорожных одежд

Неретин А.А., к.т.н., доцент, доцент МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)
 Рукавишников Е.Е., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Дается краткое описание популярных программных продуктов для конструирования и расчёта дорожных одежд в России: Топоматик Robur — Дорожная одежда, CREDO РАДОН RU и IndorPavement. Проводится аналитическое сравнение их функциональных возможностей и подсчёт экспертной оценки для каждого программного продукта.

Дорожная одежда — наиболее дорогостоящая часть автомобильной дороги. По этой причине к выбору конструкции дорожной одежды инженеры подходят особенно тщательно. Ещё лет 10 назад проектирование и расчёт конструкций дорожных одежд производились вручную. Чтобы всесторонне учесть факторы, влияющие на дорожную конструкцию, необходимо было произвести расчёт по нескольким критериям. Однако конструкция, удовлетворяющая одному критерию, зачастую не удовлетворяла другому, что влекло за собой изменение толщин слоёв или замену материалов и неоднократное повторение расчёта. Эта процедура была трудоёмкой и отнимала драгоценное время.

На сегодняшний день существуют различные программные продукты, позволяющие конструировать и рассчитывать практически любые дорожные одежды, основываясь на действующих стандартах и методах современной теории упругости. Рассмотрим далее наиболее популярные программы в России и странах СНГ: Топоматик Robur — Дорожная одежда (разработчик: «Топоматик», г. Санкт-Петербург, Россия), CREDO РАДОН RU (разработчик: «Кредо-Диалог», г. Минск, Беларусь) и IndorPavement Expert (разработчик: «ИндорСофт», г. Томск, Россия).

назначена для расчёта нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети и городских дорог и улиц. Инженер может использовать данную систему расчёта как для проектирования вновь сооружаемых дорожных одежд и усилений, так и для оценки прочности существующих конструкций.

Robur позволяет производить основные виды расчётов на прочность, расчёт на морозоустойчивость, толщину дренающего слоя и др. При этом все расчётные алгоритмы в своей

7
баллов

Топоматик Robur — Дорожная одежда

Первым программным продуктом для сравнительного испытания был выбран Топоматик Robur — Дорожная одежда. Программа пред-

Добавить материал

Код материала: 10000

Наименование материала: Щебёночно-мастичный асфальтобетонная смесь

Тип материала: асфальтобетон

Модули упругости, МПа:

на упругий прогиб	3200,00	на растяж. при изгибе	6000,00
на сдвиг	1800,00	на статику	430

Объемный вес, кг/куб. м: 1500,00

Характеристики для расчета на сдвиг:

Угол внутр. трения	0	Сцепление, МПа	0
Угол внутр. тр. стат.	0	Сцепление стат., МПа	0

Характеристики для расчета на растяжение при изгибе:

M	6,00	Альфа	6,30	R0, МПа	6,30
---	------	-------	------	---------	------

Характеристики геосинтететики для армирования покрытия:

Коэффициент Ka	0	Коэффициент Kпр	0
----------------	---	-----------------	---

Использовать собственную расчетную влажность: 0

OK Отмена

Рис. 1. Создание нового материала

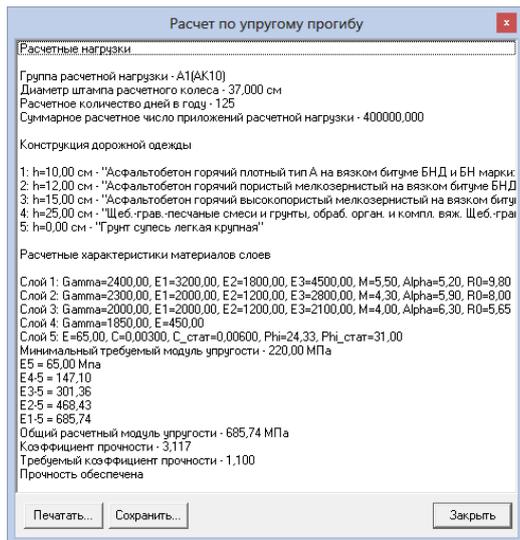


Рис. 2. Отчёт по расчёту конструкции дорожной одежды на прочность по критерию упругого прогиба

основе опираются на действующие стандарты Российской Федерации: ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд», ОДН 218.3.039–2003 «Укрепление обочин автомобильных дорог» и другие [1]. Полный перечень поддерживаемых нормативных документов приведён в таблице 1.

Первое, что бросилось в глаза — разделение блоков задач на отдельные мини-приложения: чтобы рассчитать конструкцию на прочность, необходимо запустить одну программу, а чтобы далее сравнить её с другой конструкцией — другую программу. Возможно, разработчик посчитал это рациональным, но нам это показалось неудобным и даже запутывающим приёмом.

Для формирования конструкции дорожной одежды в программе имеется библиотека дорожных материалов. К сожалению, материалов немного, отсутствуют геосинтетические материалы от производителей, а есть только несколько абстрактных материалов с параметрами геосинтетики. Библиотеку можно дополнить некоторыми своими материалами (рис. 1), но, опять же, геосинтетику добавлять не представляется возможным.

Зачастую для обоснования своего решения инженеру необходимо произвести технико-экономическое сравнение вариантов конструкций. Robur позволяет подобрать рациональную конструкцию дорожной одежды, варьируя толщины слоёв запроектированной конструкции в заданном диапазоне. Помимо этого, для сравнения по экономическим показателям нескольких запроектированных вариантов дорожных одежд реализован отдельный блок в соответствии с методикой, изложенной в ВСН 21–83 «Указания по определению экономической эффективности

капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог».

После произведения расчёта конструкции дорожной одежды по выбранному критерию или критериям система предоставляет для ознакомления краткий отчёт (рис. 2). При необходимости в качестве отчётной документации можно сформировать текстовый отчёт в Microsoft Word и чертёж конструкции дорожной одежды в формате DXF. По непонятным причинам отчётную документацию можно сформировать только после процедуры оптимизации, что не всегда удобно.

На сайте разработчика можно скачать ознакомительную версию программы, но, как показала практика, разобраться в ней будет далеко не просто. В помощь пользователю на сайте можно найти примеры расчётов, выполненные в программе.

CREDO РАДОН RU

Вторым программным продуктом для испытания стал продукт CREDO РАДОН RU, также позволяющий выполнять расчёт конструкций нежестких и жестких дорожных одежд по отраслевым нормам Российской Федерации. При разработке программы были использованы основные действующие нормативные документы, такие как ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», ОДН 218.1.052–2002

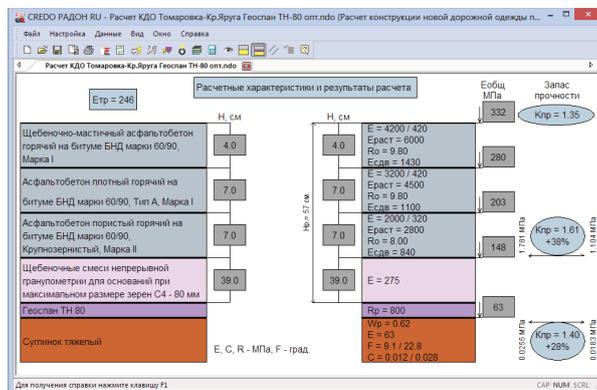


Рис. 3. Предварительный просмотр результата расчёта

«Оценка прочности нежестких дорожных одежд», «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд» и другие [2]. Полный список поддерживаемых нормативных документов приведён в таблице 1.

РАДОН применяется при проектировании дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах, на новых участках реконструируемых дорог, а также при усилении существующих дорожных одежд.

Вместе с программой поставляются две базы данных, содержащие библиотеки распространенных автомобилей и стандартных дорожных материалов. Использование библиотек позволя-

Таблица 1. Критерии оценки программ для расчёта дорожных одежд

Критерии оценки	Топоматик Robur — Дорожная одежда (v. 4.3)	CREDO РАДОН RU (v. 3.4)	IndorPavement Expert (v. 9)	Вес
Расчёты на прочность по ОДН 218.046-01	+	+	+	3
Расчёт по МОДН 2-2002	-	-	+	С
Проверка на морозоустойчивость, расчёт морозозащитного, теплоизолирующего и дренирующего слоёв по ОДН 218.046-01	+	+	+	3
Расчёт в условиях вечной мерзлоты по ВСН 46-83	-	+	+	М
Прочностные расчёты, проверка на морозоустойчивость, расчёт дренирующего слоя и усилений по СН РК 3.03-19-2006 (Казахстан)	-	-	+	М
Расчёт жёстких конструкций дорожной одежды	+	+	+	3
Расчёт усиления по ОДН 218.052-2002	+	+	+	3
Расчёт на колеиность (Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежёстких дорожных одеждах)	-	+	+	С
Расчёт краевых укрепительных полос, обочин, остановочных полос по ОДН 218.3.039-2003	+	+	+	3
Задание нормативных нагрузок, расчётных схем нагружения и габаритов приближения по ГОСТ Р 52748-2007	+	+	+	3
Учёт геосинтетических материалов при расчёте (ОДМ 218.5.003-2010, ОДМ 218.5.001-2009, ОДМ 218.5.002-2008)	+	Нет ОДМ 218.5.002-2008	+	3
Учёт пространственных георешёток в расчёте (Рекомендации по применению пространственных георешёток)	-	-	+	М
Вычисление расчётной нагрузки по условиям движения	+	+	+	3
Альбомы типовых конструкций	-	-	+	3
Оптимизация конструкции дорожной одежды по выбранным критериям	+	+	+	3
Библиотека материалов, возможность создания собственных материалов	+	+	+	3
Наличие в библиотеке геосинтетических материалов от производителей	-	+	+	С
Библиотека марок автомобилей	-	+	-	М
Формирование отчётной документации в виде отчёта по расчёту	+	+	+	3
Формирование чертежа конструкции	+	+	+	3
Детальный отчёт с расшифровкой	-	+	+	С
Технико-экономическое сравнение вариантов конструкции	+	-	+	С
Наличие демонстрационной версии	+	-	+	С
Наличие бесплатного обучения	-	-	+	С
Удобство использования программы	4 из 10	5 из 10	8 из 10	-
Цена	21 900 руб.	37 000 руб.	59 000 руб.	-

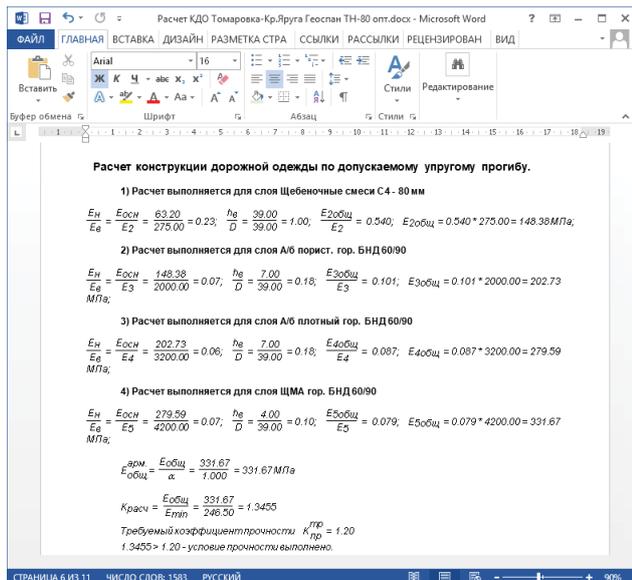


Рис. 4. Полный отчет по расчёту

ет инженеру быстро заполнять состав движения и конструировать дорожные одежды. Помимо этого, возможно вносить изменения в базу, вести свою библиотеку марок автомобилей, вносить свои материалы, в том числе и геосинтетические. Использование подобных баз данных позволяет инженеру конструировать дорожную одежду из стандартных материалов и хранить библиотеку своих региональных материалов, однако настройка этих библиотек достаточно сложна и неудобна. Также сомнительным кажется использование базы данных конкретных автомобилей, поскольку реальный состав движения на сегодняшний день разнообразен, а данный подход, разработанный в 60-х годах, можно считать атавизмом.

После проектирования конструкции программа предоставляет возможность инженеру улучшить своё решение, воспользовавшись оптимизацией по толщинам слоёв. Реализовано три варианта выполнения оптимизационных расчётов: по толщине конструкции, по запасу прочности конструкции, по стоимости конструкции, которые позволяют устранить необоснованный запас прочности и перерасход материалов.

На данный момент применение геосинтетических материалов при строительстве дорог является эффективной мерой, позволяющей улучшить прочностные показатели всей конструкции в целом, улучшить водоотведение и многое другое. По этой причине расчёт дорожной одежды с учётом таких материалов чрезвычайно важен. Программный продукт CREDO РАДОН RU позволяет в рамках оптимизации конструкции задать слою из геосинтетических материалов и учесть их в рамках общего расчёта. Этот функционал весьма полезен, однако поставляемая библиотека ма-

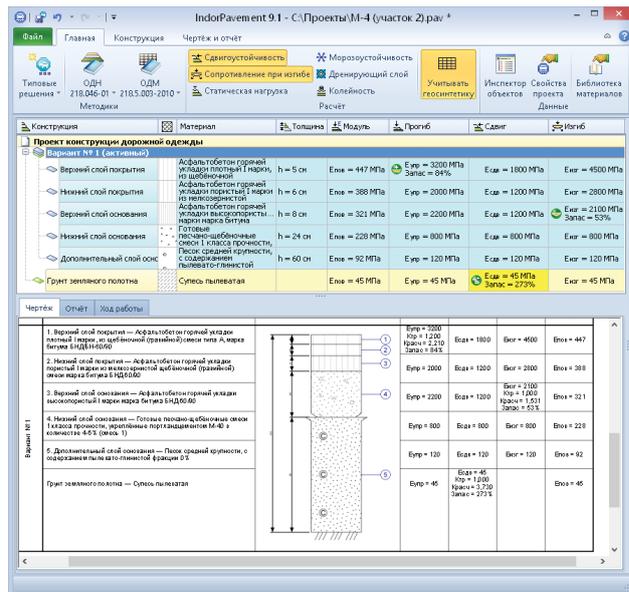


Рис. 5. Главное окно системы расчёта IndorPavement Expert

териалов содержит небольшой перечень геосинтетических материалов (производители: «НПО Славрос», «СТЕКЛЮНИТ Менеджмент», «Текса — нетканые материалы», «СЕТТКА») и выполнить сравнение результатов расчёта «до» и «после» применения материала непросто.

После выполнения расчётов программа предлагает ознакомиться с результатом. Доступны следующие варианты: предварительный просмотр конструкции в схематичном виде (рис. 3), полный отчет по расчёту, отчет по расчёту с формулами (рис. 4). Текстовые отчеты можно сохранить в распространённые форматы текстовых файлов, но всё же не хватает оформленного чертежа конструкции.

Завершая обзор данного программного продукта, отметим, что разработчик не предоставляет ни ознакомительной версии программного продукта, ни документации, ни каких-либо примеров расчёта.

IndorPavement Expert

Последний на сегодня испытываемый — самый «молодой» представитель — система расчёта дорожных одежд IndorPavement Expert (рис. 5). Данный программный продукт предназначен для расчёта нежестких и жестких конструкций дорожных одежд для нового строительства и оценки прочности существующих конструкций [3].

Как и ранее рассмотренные программы, IndorPavement поддерживает основные стандарты и методики расчётов дорожных одежд: ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд» и др. Также в программе реализова-



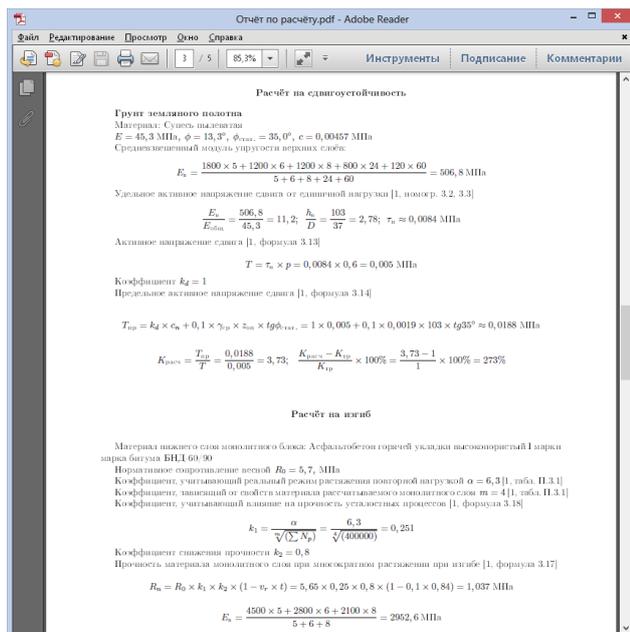


Рис. 6. Пример расшифровки расчёта нежесткой конструкции дорожной одежды

ны дополнительные методики: МОДН 2–2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд», СН РК 3.03–19–2006 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа» (применяется в Казахстане). Полный перечень поддерживаемых методик приведён в таблице 1.

Вместе с программой поставляется библиотека дорожных материалов. Для всех материалов заданы физико-механические свойства в соответствии с нормативными документами и описаниями производителей. Помимо стандартных материалов, в библиотеке имеются геосинтетические упрочняющие, дренирующие материалы и пространственные георешётки таких известных производителей, как «Сибур Геосинт», «ГеоЛайн», «ДОРСТРОЙМАТЕРИАЛЫ», «Комитекс», «СТЕКЛЮНиТ Менеджмент» и многих других. По аналогии с другими программными продуктами библиотеку материалов можно дополнить пользовательскими материалами.

Интересной возможностью системы IndorPavement является конструирование дорожных одежд с помощью альбомов типовых решений [4]. Доступно несколько альбомов, разработанных как отечественными, так и зарубежными специалистами и включающими в себя конструкции нежесткого и жесткого типов. Использовать альбом очень просто — достаточно ввести минимальный набор параметров и затем выбрать подходящий шаблон. Каждый шаблон содержит набор слоёв с заданными толщинами и списком допустимых материалов. Далее конструкцию можно добавить в проект и доработать. Данный подход очень удобен, особенно для молодых специалистов, так как позволяет избежать конструктивных ошибок.

На российских дорогах уже не первый год колея является одним из основных видов разрушения дорожной одежды, способный до-

ставить не только неудобство водителям, но и спровоцировать опасные дорожные ситуации. Многочисленные исследования учёных и усилия строительных и эксплуатационных организаций направлены на ликвидацию колеиности. Одним из основных документов в этом вопросе является «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах», разработанный по заданию Государственной службы дорожного хозяйства и предназначенный для использования дорожными проектными и производственными организациями при определении и оценке степени колееобразования, расчёте и прогнозировании возможной динамики этого процесса [5]. Методики, описанные в данном документе, поддерживаются в системе IndorPavement и реализованы в виде отдельного расчёта на колеиность.

Отчётная документация в системе формируется автоматически и представлена в двух видах: отчёт и чертёж. В любой момент времени она доступна для просмотра и анализа в главном окне программы. При необходимости отчёт и чертёж можно сохранить в распространённые форматы данных. Помимо краткого отчёта, формируемого автоматически, существует возможность сгенерировать расшифровку расчёта — специализированный документ в формате PDF, содержащий полную информацию о конструкции, выкладки расчёта по формулам, ссылки на нормативные документы, чертёж (рис. 6). Подобный документ позволит при необходимости проверить результаты расчёта и может стать сильным аргументом в спорных ситуациях [6].

На сайте разработчика можно скачать ознакомительную версию программы. Она позволяет попробовать практически весь функционал, но, к сожалению, расшифровка расчёта «скрывает» расчёты по формулам под чёрными прямоу-

CREDO РАДОН RU (v. 3.4)

8

IndorPavement Expert (v. 9)

10

Топоматик Robur — Дорожная одежда (v. 4.3)

7



гольниками — данный функционал доступен только после приобретения. На сайте доступно бесплатное дистанционное обучение, которое поможет новым пользователям быстро освоить этот программный продукт. Оно действительно впечатлило: каждый урок содержит пошаговые инструкции, видеоролики, тестовые вопросы. По окончании обучения можно смело приступать к работе с реальными проектами.

Отметим, что IndorPavement является важным элементом в линейке продуктов компании «ИндорСофт» для управления автомобильной дорогой в течение всего жизненного цикла от проектирования до эксплуатации [7]. IndorPavement может интегрироваться как с системой проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road, так и с геоинформационной системой IndorRoad. Особенно это важно в свете только создающейся концепции «ВМ для инфраструктуры» на основе САПР и ГИС, где у компании «ИндорСофт» уже есть существенный задел [8].

Выводы

Чтобы объективно оценить рассмотренные ранее программные продукты, обратимся к таблице 1. В таблице представлено множество критериев оценки программного продукта. Для множества критериев определим их значимость и в соответствии с этим зададим веса.

К значимым (З) критериям оценки отнесём все основные виды расчётов, актуальные для России. К критериям средней значимости (С) отнесём дополнительные расчёты, помогающие инженеру наиболее полно и всесторонне оценить конструкцию дорожной одежды, а также наличие информации, помогающей в освоении программного продукта. Малозначимыми критериями (М) будем считать расчёты, применяемые в других странах и неактуальные в современных условиях методики.

В экспертной оценке участвуют 24 критерия, среди них 13 являются значимыми, 7 — средней значимости и 4 — малозначимыми. Зададим для каждого критерия вес, учитывая его значимость и тот факт, что сумма всех критериев должна составить 10 баллов, как максимальную оценку.

— Значимые: $Z = 0,55$.

— Средней значимости: $C = 0,35$.

— Малозначимые: $M = 0,15$.

Вычислим дискретные оценки вариантов по формуле:

$$\sum_{i=1}^{24} K_i \times W_i,$$

где K_i — критерий оценки из таблицы 1; W_i — вес критерия в соответствии с типом.

Полученный результат округлим до целых значений.

Полученные результаты не учитывают стоимость программного продукта и удобство работы с ним, которые безусловно являются очень важными, но субъективными. Однако в конечном итоге выбор рабочего инструмента остаётся непосредственно за инженером и будет оцениваться лишь по двум критериям: «нравится» и «не нравится». ■

Литература:

1. Топоматик ROBUR — Дорожная одежда. Программное средство для расчёта дорожной одежды нежесткого, полужесткого и жесткого типов: Руководство пользователя. СПб.: Научно-производственная фирма «ТОПОМАТИК», 2012. 54 с.
2. CREDO РАДОН RU 3.4. Расчёт дорожных одежд нежесткого и жесткого типов: Руководство пользователя. Минск: Кредо-Диалог, 2014. 100 с.
3. IndorPavement. Система расчёта дорожных одежд: Руководство пользователя. Томск: ИндорСофт, 2014. 187 с.
4. Рукавишников Е.Е., Лубкина К.А., Скворцов А.В. Проектирование, расчёт и контроль дорожных одежд // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 33–35.
5. ОДМ Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах / Министерство транспорта Российской Федерации, Государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР). М., 2002. 181 с.
6. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
7. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
8. Скворцов А.В. ВМ для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.