

Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью IndorPavement

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.17

Рукавишников Е.Е., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается преимущество жёстких дорожных одежд перед нежёсткими. В качестве системы автоматизированного расчёта жёстких дорожных одежд автором статьи предлагается использование системы IndorPavement («ИндорСофт», г. Томск). Рассказывается о способах конструирования жёстких дорожных одежд (вручную и с помощью встроенного альбома типовых решений), использовании библиотеки материалов, а также возможных видах расчётов с последующей оптимизацией конструкции.

Введение

Автомобильные дороги России протянулись более чем на 1 млн. км. В последние годы в связи с постоянно возрастающей интенсивностью дорожного движения состояние существующих дорог значительно ухудшилось, т.к. их прочностные характеристики перестали соответствовать принимаемым нагрузкам. При строительстве новых дорог повышения прочности добиваются путём утолщения дорожных одежд и применения геосинтетических материалов, однако такой подход невозможно применять вечно, и на его смену должны прийти дорожные одежды друго-

го типа — жёсткие, обладающие улучшенными характеристиками [1].

Для облегчения этапа проектирования подобных дорожных одежд компания «ИндорСофт» предлагает использовать систему автоматизированного проектирования IndorCAD [2] в связке с системой автоматизированного расчёта IndorPavement [3]. Система расчёта известна на рынке программного обеспечения уже более пяти лет и смогла успешно зарекомендовать себя среди проектировщиков. С её помощью можно производить расчёт нежёстких и жёстких типов конструкций как для нового строительства, так



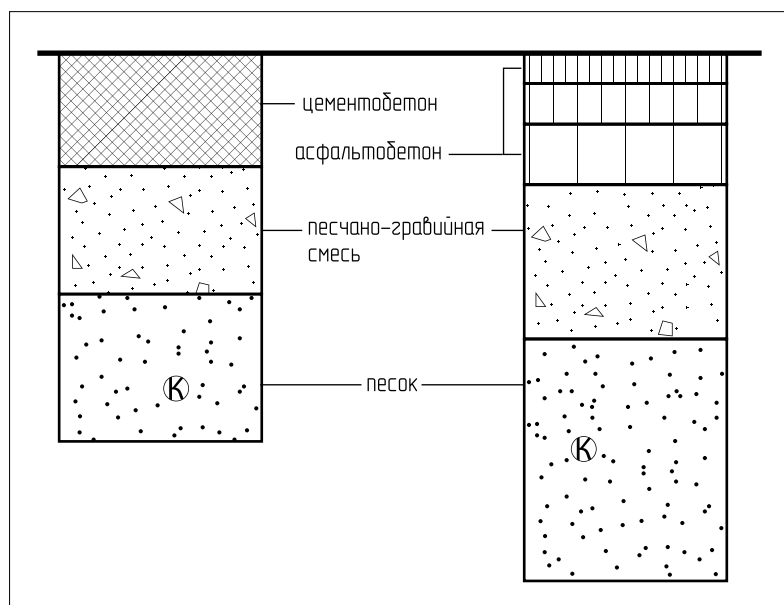


Рис. 1. Пример нежесткой и жесткой конструкций дорожных одежд

и для усиления существующих дорожных одежд в соответствии с действующими нормативными документами.

Нежесткие и жесткие дорожные одежды

Автомобильные дороги, как правило, состоят из земляного полотна и дорожной одежды, а дорожная одежда, в свою очередь, представляет из себя набор таких слоёв, как покрытие, основание и подстилающий слой, и должна обеспечивать движение автомобилей заданного веса с расчётной скоростью, обладать устойчивостью против влияния климатических факторов. При этом дорожные одежды можно разделить на две категории: нежесткие и жесткие (рис. 1). Нежесткие дорожные одежды включают слои покрытия из

крупнозернистого и мелкозернистого асфальтобетона и дётебетона, а также щебёночных и гравийных материалов, обработанных вяжущим и пр. К жестким относят дорожные одежды с монолитными и сборными цементобетонными покрытиями на различных видах основания, а также с асфальтобетонным покрытием на основаниях из бетона различной прочности. Жесткие дорожные одежды с цементобетоном могут быть монолитными и сборными, однослойными и двухслойными, армированными и неармированными, с применением обычного бетона или предварительно напряжённого.

Дорожная одежда может различаться по своим прочностным характеристикам в зависимости от предполагаемых интенсивности и состава движения, грузонапряжённости, расчётной ско-

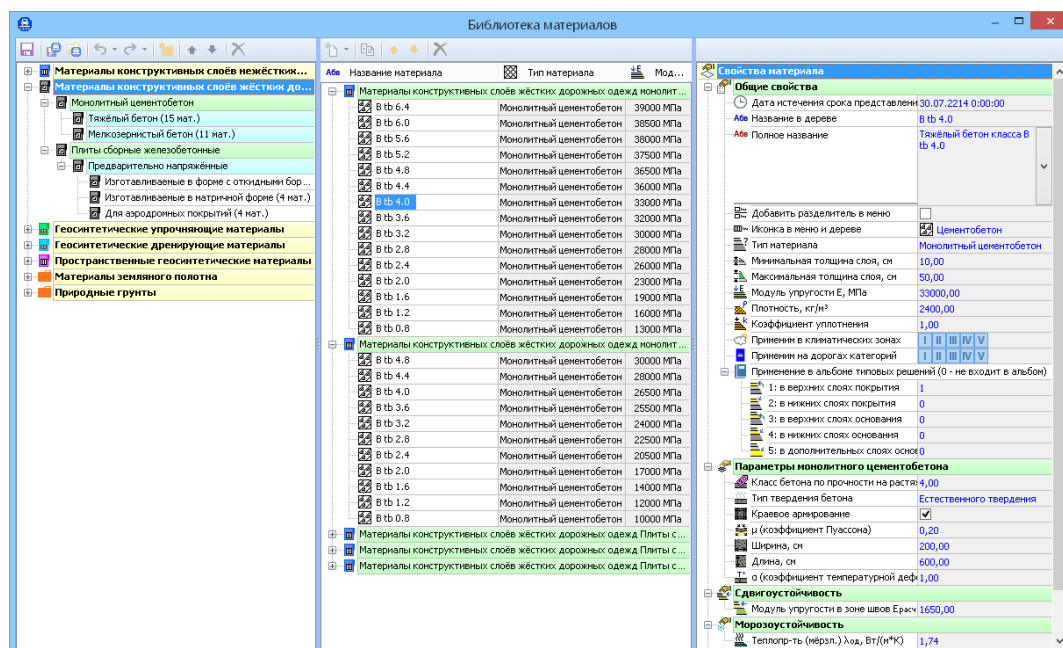


Рис. 2. Жесткие дорожные одежды в библиотеке материалов в IndorPavement

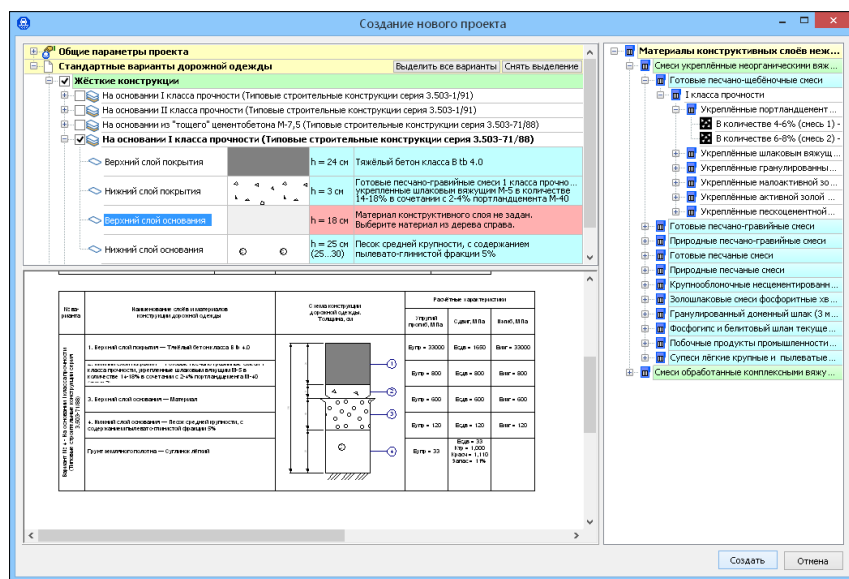


Рис. 3. Пример шаблона жёсткой дорожной одежды в IndorPavement

рости. В то же время дорожная одежда должна отвечать следующим требованиям: прочность её должна обеспечивать отсутствие просадок и высокое сопротивление износу; ровность поверхности должна обеспечивать возможность движения с высокими скоростями; шероховатость поверхности должна обеспечивать хорошее сцепление колёс автомобиля с покрытием. Главными факторами, от которых зависит выбор конструкции дорожной одежды, являются интенсивность и состав движения. Чем больше интенсивность движения автомобилей

по дороге, тем быстрее изнашивается дорожная одежда, следовательно, при большой интенсивности движения должна быть устроена более прочная конструкция.

На сегодняшний день самые распространённые дорожные одежды в России — это нежёсткие. При этом прочность нежёстких дорожных одежд не всегда достаточная для современных нагрузок. Асфальтобетон обладает меньшей прочностью по сравнению, например, с цементбетоном. Дополнительно он обладает плохой морозостойкостью, т.е. при

понижении температуры в асфальтобетонном покрытии образуются внутренние растягивающие напряжения, в следствие которых появляются трещины, что доказывают экспериментальные исследования. С другой стороны, при значительном повышении температуры асфальтобетон также не проявляет лучших характеристик, теряя в прочности и проявляя свойства вязкопластичного материала. Время службы такого покрытия составляет всего от 2 до 5 лет до первого ремонта в условиях использования шипованных шин и постоянно возрастающей интенсивности движения. Основным конкурентом асфальтобетона — цементбетон. Преимуществом цементбетонных покрытий является высокая прочность, ровность и в то же время достаточная шероховатость, обеспечивающая хорошее сцепление автомобильных шин с поверхностью дороги. Срок службы жёсткой конструкции с применением цементбетона или сборных железобетонных плит намного выше и может составлять до 30–35 лет, в то время как срок службы нежёсткой конструкции — 15–20 лет до первого капитального ремонта. В пересчёте на значительный срок службы экономичность жёстких дорожных одежд становится бесспорной.

Расчёт жёстких дорожных одежд

Методы расчёта жёстких дорожных одежд, принятые в европейских странах, США, Канаде, в основном соответствуют методам, принятым в нашей стране. Для автоматизированного расчёта дорожных одежд рассмотрим систему IndorPavement (ООО «ИндорСофт», г. Томск). Проектирование жёсткой дорожной одежды в системе IndorPavement начинается с выбора подходящего конструктивного решения, учитывающего геологические, гидрологические, погодные-климатические и прочие особенности. Вместе с системой поставляется обширная библиотека материалов, содержащая около тысячи наименований и включающая в себя материалы из нормативной документации и материалы производителей, широко представленные на рынке. Материалы для дорожных одежд жёсткого типа выделены в отдельную группу «Материалы конструктивных слоёв жёстких дорожных одежд» и представ-

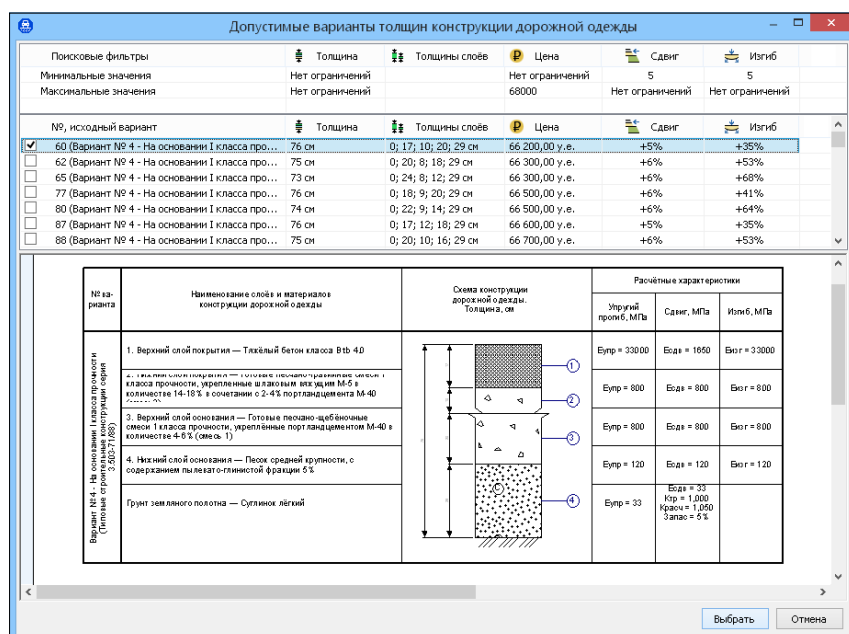


Рис. 4. Поиск оптимальной конструкции жёсткой дорожной одежды

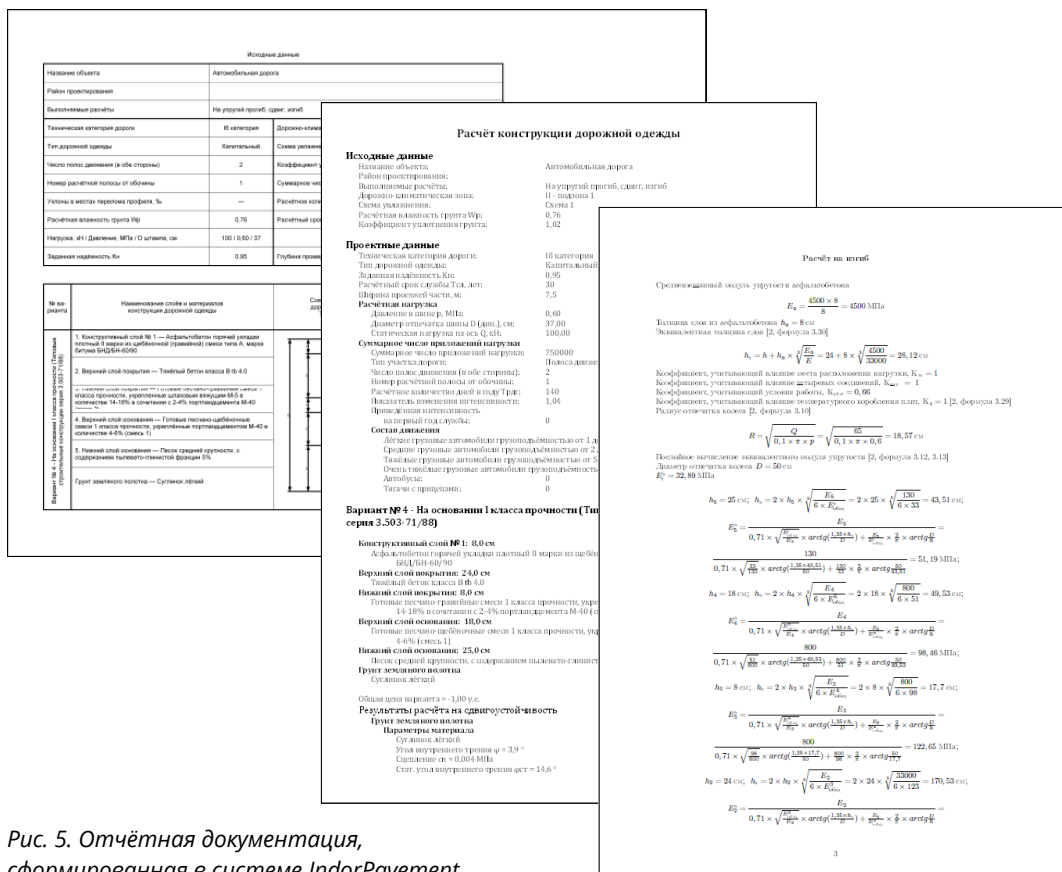


Рис. 5. Отчётная документация, сформированная в системе IndorPavement

Асфальтобетон обладает меньшей прочностью по сравнению, например, с цементобетоном. Дополнительно он обладает плохой морозоустойчивостью, т.е. при понижении температуры в асфальтобетонном покрытии образуются внутренние растягивающие напряжения, в следствие которых появляются трещины, что доказывают экспериментальные исследования.

лены тяжёлым и мелкозернистым монолитным цементобетоном, а также сборными железобетонными плитами (изготавливаемыми в форме с откидными бортами, в матричной форме и для аэродромных покрытий) (рис. 2). Для конструкций жёстких дорожных одежд можно отдельно задать способ твердения бетона (естественного твердения, пропаренный), наличие краевого армирования, является ли плита предварительно напряжённой или нет, её вес и размер, наличие штыревых соединений в поперечных швах. При отсутствии нужного материала в данной библиотеке инженер-дорожник может добавить его самостоятельно и впоследствии использовать в различных проектах.

Использование подобной библиотеки материалов делает возможным этап конструирования дорожной одежды, но всё же требует от пользователя специализированных знаний и подчас большого личного опыта. Поскольку проектирование жёстких дорожных одежд не является на данный

момент популярным и применяется скорее всего в исключительных случаях, для упрощения конструирования в процессе проектирования дорожной одежды инженер может воспользоваться уникальным инструментом, реализующим работу с альбомами типовых решений (рис. 3). Суть инструмента проста: достаточно ввести набор исходных данных, описывающий район проектирования и дорогу, и система предложит список подходящих шаблонов конструкций. Для каждого шаблона определён набор типов слоёв, их толщины и список допустимых для применения материалов. Преимущества данного подхода для инженера очевидны — за минимальное время можно получить проверенное решение, которое далее можно «встроить» в проект и адаптировать под существующую нагрузку и пр.

После конструирования дорожную одежду необходимо проанализировать, рассчитав её прочностные показатели, возможно, проверить её дренирующие и морозозащитные свойства.

Расчёт ведётся в соответствии с действующим нормативным документом «Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд» [4] и включает такие расчёты, как расчёт монолитных цементобетонных покрытий и расчёт асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием, определение расчётных характеристик сборных покрытий из плит. На последующем этапе запроектированную дорожную одежду можно оптимизировать по одному из критериев (стоимость, общая прочность, общая толщина дорожной одежды, морозоустойчивость и др.), варьируя толщины слоёв в заданных пределах (рис. 4). Данный подход весьма эффективен и позволяет найти не только оптимальное решение на исходных данных, но и подобрать альтернативные решения, которые затем можно добавить в проект для проведения технико-экономического сравнения.

Заключительным этапом разработки проекта дорожной одежды является формирование отчётной документации для представления конструктивного решения у заказчика и обоснования своего решения в органах Государственной экспертизы. Это ответственный этап, на котором решается вопрос о жизнеспособности данного проекта. В системе IndorPavement реализовано несколько инструментов, позволяющих подготовить наглядные и полные материалы: чертёж конструкции, краткий вводный отчёт о расчёте жёсткой дорожной одежды, детальная расшифровка по производимым расчётам. Каждый из этих документов является незаменимым блоком, служащим определённой цели (рис. 5). С помощью краткого отчёта, формируемого автоматически системой и поддерживаемого в актуальном состоянии при внесении любых изменений, инженер-дорожник может сделать вывод о необходимости внесения изменений в проект, отследить ход расчёта по ключевым расчётным характеристикам. Чертёж является визуальным продолжением краткого отчёта и содержит конструктивную и расчётную схемы, а также таблицу технико-экономического сравнения вариантов, если в проект заложено несколько вариантов конструкции. Последний и наиболее полный документ — детальная расшифровка по расчёту — содержит подробное описание хода выполнения каждого расчёта, выкладки по формулам, ссылки на нормативные документы и пр. и позволяет не только самостоятельно убедиться в правильности расчёта, но и аргументировать свою позицию перед взыскательной комиссией.

Выводы

На сегодняшний день жёсткие дорожные одежды активно применяются в мировой практике для магистральных дорог и дорог с высокой интенсивностью движения. Их транспортно-эксплуатационные показатели в совокупности с возможностью механизации всех работ выдвигают их на лидирующие позиции. Широкий опыт применения именно жёстких дорожных одежд за рубежом позволяет составить исчерпывающее мнение о поведении данных конструкций под различными нагрузками, в различных климатических условиях, а усовершенствованные инструменты автоматизированного расчёта позволяют проектировать такие конструкции быстро и качественно. Хочется верить, что в ближайшее время в России возобновят строительство жёстких дорожных одежд, хотя бы на ключевых автомобильных дорогах. ■

Литература:

1. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / Под ред. Г.А.Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
2. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.
3. Рукавишникова 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. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.7.
4. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – М., 2004. – 136 с.