

УДК 004

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

А.А. Тайлакова, ст. преподаватель,
Научный руководитель: А.Г. Пимонов, д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Строительство автомобильных дорог с твердым покрытием обеспечивает населенные пункты круглогодичной связью. Недостаточное развитие сети автомобильных дорог приводит к исключению из хозяйственного использования значительной территории страны. Увеличение плотности дорожной сети и приведение автомобильных дорог в нормативное состояние являются важнейшими задачами государства.

Нагрузку от транспортных средств воспринимает дорожная одежда. Наиболее распространенным видом дорожных одежд на территории Российской Федерации являются нежесткие дорожные одежды. Возникновение разрушений дорожного покрытия (трещины, выбоины, колейность) приводит к образованию аварийно-опасных участков трассы. Важной задачей для обеспечения прочности дорожного покрытия в течение заданного срока службы является определение параметров напряженно-деформированного состояния конструкции дорожных одежд при проезде транспортных средств, а также подбор материалов и определение толщин слоев с учетом критериев прочности конструкции. Для предотвращения преждевременного разрушения дорожного покрытия возникающие в процессе эксплуатации дороги совокупности внешних воздействий не должны превышать предельных значений показателей прочности материалов [1].

Среди зарубежных методов обеспечения качества нежестких дорожных одежд преобладают подходы, основанные на эмпирических исследованиях или лабораторных испытаниях грунтов и материалов. Назначение конструкции нежестких дорожных одежд происходит на основании альбомов типовых решений с учетом опыта наблюдений за эксплуатацией аналогичных конструкций на участках со схожими климатическими и географическими параметрами. Следует отметить, что эмпирические методы дают удовлетворительные результаты только в тех случаях, когда конкретные условия строительства соответствуют эталонным условиям ранее построенных участков.

Отечественные исследования в области расчета нежестких дорожных одежд преимущественно шли по пути углубления теоретической базы. Основная задача исследований – наиболее полное изучение закономерностей, которым подчиняется дорожная одежда в реальных условиях. И разработка на основании данных исследований математической модели, включающей внешние

и внутренние параметры, позволяющей учитывать влияние климатических и географических факторов [2]. Конструкция дорожной одежды должна соответствовать требованиям прочности в течение заданного при проектировании срока службы, для чего была разработана методика вычисления напряжений, деформации и смещений в характерных сечениях и точках конструкции. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработан ряд нормативных документов, позволяющих выполнять расчет нежестких дорожных одежд с учетом достижений современной науки [3].

В настоящее время на территории Российской Федерации в качестве нормативного документа, регламентирующего метод расчета нежестких дорожных одежд, приняты ОДН 218.046-01 [4] (отраслевые дорожные нормы). Согласно ОДН 218.046-01, проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета дорожной конструкции на прочность, морозоустойчивость с технико-экономическим обоснованием вариантов для выбора наиболее экономичного в данных условиях. Дорожная одежда должна быть по возможности менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов.

Множество входных параметров задачи представлено внешними и внутренними параметрами. Внешние параметры задачи характеризуют внешнюю среду по отношению к проектируемой конструкции и заданы в виде констант, а также представлены в виде графиков и номограмм или могут быть рассчитаны в соответствии с нормативной документацией.

Внутренние параметры или управляющие переменные задачи влияют на показатели прочности и морозоустойчивости конструкции, а также на стоимость конструкции. К таким параметрам относятся характеристики конструктивных слоев – толщины, материалы, стоимость.

Дорожные одежды являются наиболее дорогостоящим из всех элементов автомобильной дороги. Существующие программные средства («IndorPavement: Система расчёта дорожных одежд», «Топоматик Robur – Дорожная одежда», «Кредо Радон RU») позволяют рассчитывать оптимальную конструкцию нежестких дорожных одежд путем варьирования толщин или предоставляют возможность специалисту сравнивать несколько рассчитанных конструкций вручную, также для назначения конструкции рекомендуется использовать альбомы типовых решений.

Значительно повысить скорость и эффективность принятия решений позволяет учет многолетнего опыта наблюдений за сроком службы конструкции в различных климатических зонах. Использование альбомов типовых решений при назначении конструкций позволяет значительно сузить диапазон поиска среди возможных вариантов. Применение информационных технологий обеспечивает возможность доступа к альбомам типовых решений и обширной базе строительных материалов. Но, типовые проектные решения – это решения ориентировочные, которые, как правило, не являются наилучшими из возможных [5]. Поэтому назначение конструктивных материалов и толщин слоев

с опорой на рекомендации, приведенные в альбомах типовых решений, остаются задачей специалиста-проектировщика. Альбомы типовых решений содержат рекомендации по выбору возможных материалов и толщин конструктивных слоев. Таким образом в рамках типового решения возможно назначение различных вариантов конструкции с заданным числом слоев для данных климатических условий и категории дорожного покрытия. Наилучшие проектные решения могут быть получены в результате применения методов оптимизации (исследования операций).

В соответствии с ОДН 218.046-01 могут быть предложены следующие оптимизационные модели для подбора конструкции нежестких дорожных одежд с минимальной стоимостью:

- подбор конструкции путем варьирования толщин конструктивных слоев;
- подбор конструкции путем варьирования материалов конструктивных слоев;
- подбор конструкции путем варьирования толщин и материалов конструктивных слоев [6].

Подбор оптимальной конструкции нежестких дорожных одежд представляет собой трудоемкий итерационный процесс, требующий применения методов математического программирования. Оценка объема вычислительных затрат на поиск оптимального решения задачи показывает, что затраты возрастают экспоненциально с увеличением диапазона допустимых толщин конструктивных слоев и с расширением базы материалов. Таким образом эффективного алгоритма, позволяющего найти решение путем полного перебора, не существует. Следовательно, целесообразно применение эвристических методов поиска.

В связи с данными предпосылками было разработано программное обеспечение, предоставляющее возможность подбора оптимальной конструкции на основе альбомов типовых решений путем варьирования толщин и (или) материалов конструктивных слоев с применением модифицированного генетического алгоритма [7]. Разработанный веб-сервис позволяет осуществлять ведение базы строительных материалов и грунтов с возможностью добавления и редактирования. Процедура конструирования и расчета дорожной одежды включает следующие этапы:

1. Назначение и расчет входных параметров задачи (климатические и географические параметры проектируемого участка, свойства грунта, параметры транспортной нагрузки).

2. Назначение конструкции нежестких дорожных одежд на основе справочника «Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования» Серия 3.503–71/88.

3. Оптимизация конструкции путем варьирования толщин и (или) материалов конструктивных слоев по общей стоимости материалов. Для вариантов конструкции выполняется проверка по следующим критериям: критерий соответствия конструкции в целом допускаемому упругому прогибу; критерий сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных

слоев; критерий сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе; критерий морозоустойчивости.

4. Формирование отчета.

Развитие и внедрение программного обеспечения для конструирования и расчета дорожных одежд приводит к ускорению процесса проектирования и уменьшению стоимости проектных работ, сокращению числа возможных ошибок по сравнению с традиционными способами. Применение методов оптимизации при проектировании дорожных одежд позволяет значительно снизить их стоимость. Разработанное программное обеспечение позволит существенно увеличить оперативность принятия решений при выборе оптимальной конструкции нежестких дорожных одежд в процессе проектирования.

Список литературы:

1. Справочная энциклопедия дорожника (том I) Строительство и реконструкция автомобильных дорог / под ред. Васильева А.П. – Москва, 2005.
2. Иванов, Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд. – Москва: Транспорт, 1973. – 328 с.
3. Справочная энциклопедия дорожника (том IV) Дорожная наука / под ред. Надежко А.А. – Москва, 2006.
4. Отраслевые дорожные нормы. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. – Москва: Информавтодор, 2001. – 145 с.
5. Справочная энциклопедия дорожника (том V) Проектирование автомобильных дорог / под ред. Федотова Г.А., Поспелова П.И. – Москва, 2007.
6. Тайлакова, А.А. Оптимизационные модели расчета конструкции нежестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 3. – С. 149 – 155.
7. Тайлакова, А.А. Web-сервис для поиска оптимальной конструкции нежестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 6. – С. 160 – 164.