



УДК625.7/8

• © Н.В. Смирнова, канд. техн. наук, доцент (ХНАДУ)

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ЦЕЛЕВОГО ПОИСКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. Приведены основные принципы моделирования функционирования автомобильной дороги в течение её жизненного цикла в аспекте современных тенденций BIM-технологий в дорожной отрасли. Рассмотрены перспективы управления проектированием, строительством и эксплуатацией объектов дорожного строительства.

Ключевые слова: автомобильная дорога, BIM-технологии, жизненный цикл, скорость движения автомобиля, моделирование функционирования дороги.

Анотація. Наведено основні принципи моделювання функціонування автомобільної дороги протягом її життєвого циклу в аспекті сучасних тенденцій BIM-технологій в дорожній галузі. Розглянуто перспективи управління проектуванням, будівництвом та експлуатацією об'єктів дорожнього будівництва.

Ключові слова: автомобільна дорога, BIM-технології, життєвий цикл, швидкість руху автомобілю, моделювання функціонування дороги.

Abstract. The basic principles of modeling of the road functioning during its life cycle in terms of current trends BIM-technology in the road sector were presented. The prospects of design management, building and maintenance of road construction objects are considered.

Keywords: road, BIM-technology, life cycle, vehicle speed, simulation of the road functioning.

Введение

В настоящее время ограниченного финансирования дорожной отрасли несомненно актуальность повышения эффективности процессов нахождения наилучшего проектного решения автомобильных дорог. Эта задача требует однозначного применения САПР, как основы современных BIM (Building Information Modeling)-технологий с интеграцией параметров модели дороги как на любой стадии проектирования, так и на этапах эксплуатации посредством мониторинга информационной модели дороги. На предпроектной стадии выбора решения к реализации необходимо анализировать варианты проектов с учетом рисков возникновения дальнейших проблем, а также их своевременной корректировки при строительстве и эксплуатации объекта в течение всего его жизненного цикла.

Основная часть

Проблема поиска наилучших проектных решений автомобильных дорог затруднена многокритериальностью проектного решения - дорога должна быть безопасной, экономически эффективной и удобной для перевозки грузов и пассажиров, а изменение одного из показателей этих критериев меняет ряд других. Решению проблемы оптимизации проектов автомобильных дорог способствует развитие методологии функционирования дороги в течение её жизненного цикла в конкурирующих вариантах проектных решений. Функционирование дороги основано на моделировании движения транспортного потока с анализом его выходных характеристик на любом этапе эксплуатации. Такая задача решается путем учета динамики эксплуатационного состояния в течение жизненного цикла объекта.

В нормативных документах на проектирование дорог и в практике проектирования не учитываются те обстоятельства, по сезонам года существенно меняются условия движения за счет изменения таких важных эксплуатационных показателей дороги как коэффициент сцепления и ровность, переменные начиная с момента окончания строительства, реконструкции

или ремонта до окончания каждого межремонтного срока. С изменением эксплуатационных показателей дороги меняются и транспортные расходы, и транспортно-эксплуатационные характеристики, ведущей из которых является скорость движения, которая существенно зависит от параметров проектного решения. Фактически по дороге движется не единственный легковой автомобиль, как это декларируется в нормативных документах на проектирование дорог [1], а неоднородной по составу и неравномерный во времени и в пространстве транспортный поток, что практически не учитывается в проектных решениях. Неоднородность состава транспортного потока обуславливает необходимость детальной оценки скорости как всего потока, так и основных его групп и подгрупп.

Осуществляя направленный поиск наилучшего проекта дороги, принимаем во внимание, что транспортные издержки пользователей дороги зависят не только от загрузки дороги движением, но и от: параметров технического уровня дороги, определяемого уровнем капитальных затрат по данному варианту проекта, и показателей эксплуатационного состояния дороги, переменных в течение всего расчетного срока сравнения вариантов. Комплекс показателей движения транспортных потоков формируется проектными решениями.

В такой направленности моделирования решены следующие проблемы.

Учтено большое количество показателей дорожных условий, то есть показателей технического уровня и эксплуатационного состояния дорог, которые изменяются как по периодам года, так и в течение межремонтных сроков и улучшаются после ремонтов. Учтены переходные процессы в транспортных потоках при переходах от одного участка дороги к другому.

Обобщая изложенные проблемы, для их решения предлагается методологический принцип моделирования транспортного потока по показателям режимов движения всех типовых автомобилей, входящих в состав расчетного потока для всех характерных точек



дороги со своими дорожными условиям. Применение этого принципа объективно обеспечивает повышение достоверности и точности оценки затрат на перевозки по дороге в целом и по участкам, по годам, и, в конечном итоге затрат по годам расчетного срока службы, что тем самым повышает надежность обоснования капитальных вложений в проекты капитальных ремонтов и реконструкции дорог.

Математическая модель, имитирующая движение транспортного потока представлена в виде сложной системы.

Внутренние параметры элементов системы, в том числе автомобилей и дороги: параметры технического уровня и показатели эксплуатационного состояния.

Внешние параметры среды: интенсивность движения, темп её роста, состав транспортных потоков формирующих экономическую степень тяготения к дороге прилегающих территорий и транзитных транспортных потоков; коэффициенты уменьшения и увеличения интенсивности по периодам года: зимой, весной, летом и осенью - в указанных территориях и в транзитных потоках; часть потоков, движущихся в свете фар по периодам года; погодно-климатические данные: продолжительность в течение года: гололеда, снегопада, распутицы, туманов сильных и слабых, расчетные значения метеорологической видимости поверхности проезжей части в эти сезонные особенности периодов года; продолжительность светового дня в часах по периодам года.

Выходные параметры системы как результаты моделирования: затраты на осуществление транспортного процесса по годам расчетного срока службы; по периодам года и сезонам каждого года эксплуатации дороги; план ремонтов в течение расчетного срока службы; расчет затрат на перевозки при движении в светлое время суток и в свете фар; поикетные значения в прямом и обратном направлениях: скорости движения типовых автомобилей в потоках расчетной интенсивности, плотности потока, его средней скорости, количества обгонов; для каждого года, периодов года и сезонов поикетные значения в прямом и обратном направлениях движения рассчитаны составляющие затрат на перевозки, в том числе по расходу топлива, шинам, ремонтам, денежные оценки затрат пассажиров на пребывание в пути, денежные оценки потерь от ДТП.

Руководствуясь принципами системности в построении математической модели, имитирующей движение транспортного потока в конкретных условиях эксплуатации дороги в течение расчетного срока службы, необходимо придерживаться методологического принципа объединения в поле параметров жизненного цикла дороги внешних параметров системы, переменных параметров технического уровня дороги и её эксплуатационного состояния как единого поля данных, необходимых для функционирования модели. Это базовый принцип применения BIM-технологий в дорожном строительстве для создания полноценной информационной модели объекта, начиная от момента планирования проекта через проектирование и строительство до эксплуатации (рис. 1).

В соответствии с теоретическими и аналитическими результатами исследований [2, 3] были составлены



Рис. 1. Принцип применения BIM-технологий дорожной отрасли

алгоритмы моделирования жизненного цикла дороги и разработан концепт-продукт адаптивного управления процессами функционирования дороги в течение жизненного цикла. Основная значимость данного продукта состоит в том, что он позволяет в полной мере управлять мониторингом процесса функционирования дороги, как нелинейной системы с переменными параметрами. Такое управление процессом на стадии целевого поиска наилучшего варианта дороги позволяет существенно снизить риски потери действительно оптимальных проектных решений.

К основным исходным данным относятся данные о дороге, интенсивность и состав движения, темп роста интенсивности, погодно-климатические данные, оснащённость дорожно-эксплуатационных служб ресурсами, количество участков с различными данными, показатели технического уровня и эксплуатационного состояния по каждому из вариантов проектных решений, параметры моделирования по годам и параметры моделирования в расчетный год по сезонам и т.д. (рис. 2.)

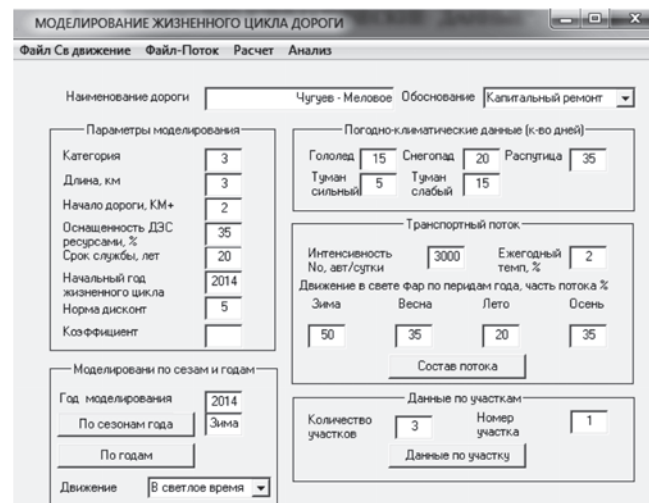


Рис. 2. Главное окно ввода исходных данных для моделирования функционирования дороги

Программный продукт включает в себя базы по транспортным средствам, по затратам на ремонты и содержание дорог, по расчетам составляющих себестоимости перевозок. Все объекты баз могут быть дополнены или отредактированы в соответствии с современными изменениями нормативных документов, колебаниями ценообразования и т.п.



Категория и тип покрытия	2 ДКС	3 ДКС	4 Д
I Цементобетон	6	7	8
I Асфальтобетон	3	4	4
II Цементобетон	8	9	10
II Асфальтобетон	4	5	5
III Цементобетон	7	8	9
III Асфальтобетон	6	7	8
IV Черный щебень, гравий	4	5	5
IV Асфальтобетон	5	6	6
IV Черный щебень, грав.	6	7	8

Параметры	Стоимость тыс.грн	EQ,TO, Рам кол/км	Пост. расходы грн/час	Зарплата грн/час	Цена шины грн	К-во шин шт	Пробег км/год
Автомобиль	3400	50	30	25	1000	6	40
Легкие грузовые	300	50	30	25	2000	6	40
Средние грузовые	400	50	30	25	2000	6	40
Тяжелые грузовые	500	50	30	25	2000	10	40
Автопоезд средн	600	50	30	25	2000	12	40
Автопоезд тяжел	800	60	30	25	2000	14	40
Автобус малые	300	60	30	25	1000	6	40
Автобус средние	800	50	30	25	2000	6	40
Автобус большие	1500	60	30	25	2200	6	50
Легковые малые	200	50	20	15	400	4	30
Легковые средние	300	50	20	15	500	4	30
Легковые большие	1000	50	20	15	800	4	35

Рис. 3. Базы по автомобилям, межремонтным срокам и составляющим себестоимости перевозок

Для детализации расчетов скорости, как основной характеристики транспортного потока, необходимо учитывать изменения по сезонам года таких показателей, как тип покрытия, количество лет, прошедших с момента окончания последнего ремонта, количество лет, оставшихся до следующего ремонта и его вид, ровность, коэффициенты ровности, сцепления и сопротивления качению, соответствующие данному сезону, а также общие параметры, характерные для года/сезона моделирования.

Для анализа основных расчетных характеристик транспортного потока в какой-либо год жизненного цикла дороги необходимо моделирование её функционирования по годам (рис. 5). Такой анализ позволит значительно повысить процент избежания рисков потери среди предлагаемых к реализации вариантов наилучшего по комплексу показателей.

К основным результатам моделирования функционирования дороги в течение жизненного цикла относятся файлы результатов моделирования по сезонам, по годам или по всему сроку службы объекта; планы ремонтов, динамика изменения показателей эксплуатационного состояния дороги по участкам и по годам.

Результаты моделирования жизненного цикла дороги включают в себя также детализированные показатели значений скоростей по всем типам автомобилей расчетного транспортного потока, как свободного движения, так и движения при заданной интенсивности, скорости в периоды снижения ровности и изменения сцепных свойств проезжей части; режимы движения, возможность обгона; плотность потока, среднеквадратическое отклонение, количество обгонов и т.п.

Таким образом, программный концепт-продукт для детальной оценки информационной модели объекта, на наш взгляд, является мощным инструментом для обоснования принятия к дальнейшей реализации наилучшего проектного решения на стадии разработки проектов строительства, капитального ремонта или реконструкции дорог.

Участки дороги	1	2	3
Тип покрытия	А.Бетон	Ч.Щебень	А.Бетон
После ремонта, лет	0	0	0
До следующего ремонта, лет	7	5	7
Вид следующего ремонта	CP	CP	CP
Ровность по толщине, см/км	44	62	44
Коэффициент ровности сезонный	1.1	1.1	1.1
Коэффициент сцепления основной	0.35	0.35	0.35
Коэффициент сцепления сезонный	0.2	0.2	0.2
Начальный коэффициент сопротивления качению сезонный	0.03	0.035	0.03

Рис. 4. Окно ввода данных параметров в год моделирования по сезонам

Выводы

Обобщая результаты изложенного анализа современной концепции обоснования проектных решений автомобильных дорог, можно прийти к выводу о необходимости совершенствования этой концепции в части повышения достоверности и детализации расчета: скорости движения, как основной характеристики проектного решения дороги и составляющих переменных затрат в составе себестоимости перевозок. Тем самым осуществляется более четкая алгоритмизация процессов моделирования информационной модели объекта в BIM-формате. На любом этапе жизненного цикла объекта он может функционировать и обслуживаться более эффективно благодаря единой информационной среде.

Периоды года	Зима	Весна	Лето	Осень
Количество дней	89	92	92	92
Интенсивность, авт/сутки	1800	2700	4800	2700
Коэффициент ровности	1.1	1.2	1	1.1
Коэффициент сцепления основной	0.35	0.35	0.4	0.35

Сезоны	Весна	Лето	Осень	Зима
Количество дней	95	20	15	5
Метео. видимость	800	50	800	80
Коэф. сцепления сезонный	0.25	0.2	0.1	

Рис. 5. Ввод данных для моделирования работы дороги в конкретном году жизненного цикла

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.3-4-2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Держбуд України, 2007. – 117 с.
2. Смирнова Н.В. Моделирование движения транспортных потоков и расчет показателей функционирования дороги / Смирнова Н.В. // Матеріали 75-ї студентської наукової конференції та 77-ї науково-методичної конференції. – Х:ХНАДУ, 2013. – С. 102–105.
3. Филиппов В.В. Моделирование транспортных потоков на дорогах II-IV категорий: монография / Филиппов В.В., Смирнова Н.В. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 200 с.