

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бережницкий, Л.Т. Изгиб тонких пластин с дефектами типа трещин / Л.Т. Бережницкий, М.В. Делявский, В.В. Панасюк. – Киев : Наукова думка, 1979. – 400 с.
2. Бродский, В.М. Возникновение усталостных трещин в сварных сплошностенчатых пролётных строениях мостов / В.М. Бродский // Исследование долговечности и экономичности искусственных сооружений: сб. научн. тр. – Ленинград : ЛИСИ, 1983. – С. 16–21.
3. Винн, Р.Г. Экспериментальное исследование критериев разрушения при комбинированном растяжении и изгибе / Р.Г. Винн, С.М. Смит // Серия Д. Теоретические основы инженерных расчётов : Труды американского общества инженеров-механиков, 1974. – № 4. – С. 280–288.
4. Новожилова, Н.И. К оценке экспериментальной надёжности металлических пролётных строений в северном исполнении / Н.И. Новожилова, В.М. Бродский // Искусственные сооружения в условиях Дальнего Востока и Крайнего Севера : сб. научн. тр. / Хабаровский политехнический институт. – Хабаровск : ХПИ, 1984. – С. 23–27.
5. Партон, В.З. Механика упруго-пластического разрушения / В.З. Партон, Е.М. Морозов. – М.: Наука, 1974. – 410 с.

*V.M. BRODSKY*

**INVESTIGATION OF LIMIT-BALANCED STATE OF BENT FROM FLANE THE THIN PLATES WITH A CRACK**

The limit-balanced state of bent from plane of thin plates with a crack is analyzed in the paper. For description of limit balanced state of crack in material working in elastic stage the apparatus of linear mechanics of destruction is used. The basic principle of linear mechanics of destruction is based on possibility of one parametrical description of tension field on the top of the crack.

In particular, one of these parameters is a coefficient of tension intensity (CTI)  $C_1$  (destruction by means of mechanics tearing off). The analytical expressions of (CTI) in aspect of suctions of level and character of applied tensions and also the length of the crack were received.

Estimation of approximation accuracy of results of the experiments [3] with a help of received expressions was carried out. The field transition of steel plate with crack in limit state in different correlation of values of bending and stretching tensions was determined.

УДК 625.7

*В.Н.БОЙКОВ, докт. техн. наук, профессор,  
С.П.КРЫСИН, канд. техн. наук, доцент,  
А.В.СКВОРЦОВ, докт. техн. наук, профессор*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ  
В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

В статье рассматривается вопрос об использовании ГИС-технологий в жизненном цикле автомобильных дорог. Описывается специфика применения геоинформационной системы в дорожной отрасли. Показан опыт и последовательность работы с ГИС при решении различных инженерных задач в проектах.

Приоритетным направлением деятельности и объектом особо пристального внимания транспортной инфраструктуры на ближайшую перспективу должна стать дорожная отрасль, поскольку автомобильные дороги являются одним из важнейших элементов транспортной системы, во многом определяют социально-экономическое развитие территории. Предмет особой тревоги – отставание по темпам ремонта автомобильных дорог и мостовых сооружений. Остро стоит вопрос качества и технического состояния дорожной инфраструктуры. В последние годы объемы ремонтных работ существенно отстают от потребности, что приводит к ускоренному разрушению дорожного полотна, обочин, мостовых сооружений. Автомобильные дороги формируют сложную динамичную систему. Ее изменения могут быть как локальными, например при плановых ремонтах, так и принципиальными, например при перестроении транспортно-дорожного каркаса в целом. Для качественного управления в дорожной инфраструктуре необходимо четкое прогнозирование различных ситуаций и событий. Так как автомобильные дороги являются ярко выраженным примером географических линейно-протяженных объектов, то применение геоинформационных систем (ГИС) в дорожной отрасли вполне оправданно и целесообразно. ГИС-технологии, понимаемые в широком смысле как совокупность множества связанных информационных компонентов, способны обеспечивать эффективное управление техническим и транспортно-эксплуатационным состоянием сетей дорог на муниципальном, территориальном и федеральном уровнях в процессе всего их жизненного цикла: от изысканий и проектирования до содержания в процессе эксплуатации. Такой подход в современных терминах информационных технологий называют PLM (Product Lifecycle Management). В настоящее время PLM-решения достаточно хорошо разработаны для отраслей микроэлектроники, машиностроения, авиастроения. Дорожная отрасль в этом смысле существенно отличается своей спецификой от вышеперечисленных отраслей, и поэтому перенос готовых решений здесь невозможен. Ниже мы постараемся изложить гипотетическую последовательность взаимосвязанных ГИС-приложений, которые способны стать базовыми компонентами PLM в дорожной отрасли. Из всего вышеизложенного возникает вопрос: если ГИС развиваются уже почти полвека и их возможности столь впечатляющие, то почему они до сих пор не востребованы и не развиты в полной мере в дорожной отрасли? Ответ здесь не может быть однозначным. Перечислим и обсудим лишь несколько причин, по которым эта технология сегодня не стала привычным инструментом деятельности инженера-дорожника.

1. Информационную основу ГИС составляет атрибутивная и пространственная информация. Последняя, в привычном понимании, – это картографические материалы. Поскольку целый ряд масштабов карт имеет ограничения по использованию, то и наполнение ГИС страдает отсутствием этой информации. К тому же до сих пор не выработаны единые стандарты на представление цифровой картографии в ГИС. В настоящее время под патронажем МЭРТ и с участием ГИС-ассоциации разрабатывается «Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных в Российской Федерации на период до 2010 года». Реализация этого проекта может сущест-

венно продвинуть применение ГИС во всех сферах жизнедеятельности. Но наличие этой концепции не исключает необходимости разработки аналогичных стандартов обмена пространственными данными на отраслевом уровне. Разработка такого стандарта в дорожной отрасли существенно активизировала бы применение САПР и ГИС в инженерной деятельности и способствовала обмену данными между этими системами. Следует заметить, что в целом, ряде сфер деятельности (например, нефтепроводный транспорт) такие стандарты созданы и стали стимулирующим фактором внедрения ГИС для проектирования, планирования и управления соответствующими процессами.

2. Специфика автомобильных дорог как линейно-протяженных объектов предопределила и их специфическое отображение в графическом виде. Чаще всего – это линейные графики дорог, которые не в полной мере идентичны истинным очертаниям. Отсюда многочисленные искажения информации о дорогах. Истинное представление о геометрических параметрах дорог дают крупномасштабные планы в составе проектов дорог и кадастровые планы дорог. Но в отрасли не отработана технология сбора и накопления этих материалов в едином графическом стандарте, что сдерживает передачу этих материалов в оболочки ГИС.

3. Ведущими учеными и специалистами отрасли до конца не осознаны и не оценены возможности ведущих ГИС по решению транспортных и сетевых задач, задач по установлению зон доступности и пространственному анализу, оптимизации распределения финансовых, материальных и людских ресурсов для поддержания сети дорог в эксплуатационном состоянии. А именно такого класса задачи чаще всего и решаются в процессе жизнедеятельности дорог, но решаются до сих пор, как правило, на основе устаревших методов и методик.

4. В сфере высшего дорожного образования внедрению информационных технологий в учебный процесс стали уделять должное внимание лишь в последние годы, введя соответствующие учебные курсы по автоматизированному проектированию и геоинформационным системам. А это означает, что неотъемлемым инструментом дорожной инженерной деятельности для выпускников вузов этим технологиям лишь предстоит стать.

5. Переход на новые технологии проектирования, планирования и управления – всегда болезненный процесс, который затрагивает как общую организацию работ и взаимодействия, так иногда судьбы и карьеры многих людей, и требуется определенная воля на то, чтобы кардинально приступить к этому процессу.

Переход экономики РФ на рыночные рельсы привел к ускоренному росту уровня автомобилизации населения. Если в 1985 г. уровень автомобилизации населения составлял 45 автомобилей на 1000 человек и по прогнозам плановой экономики должен был вырасти к 2005 г. до 140 авт/1000 чел, то фактический уровень автомобилизации населения на сегодня – около 250 авт/1000 чел и продолжает ускоренно расти, приближаясь к среднеевропейскому уровню, который составляет около 400 авт/1000 чел. В этих условиях неизбежно встает проблема как существенного увеличения протяженности дорог, так и качественного повышения их потребительского уровня.

В ближайшие годы развитие сети автомобильных дорог будет происходить по сценарию, заложенному в «Национальной программе модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года». Основанием для разработки программы явилось поручение Президента Российской Федерации от 8 ноября 2003 г. №Пр-2030ГС по итогам заседания Государственного совета Российской Федерации 29 октября 2003 г.

Разработке Национальной программы предшествовали аналогичные разработки программ на каждой территории РФ, которые были укрупнены и обобщены на уровне федеральных округов. Таким образом был соблюден принцип разработки от частного к общему.

Опыт участия авторов в этой разработке показал, что отсутствие единой электронной (цифровой) картографической основы создает существенные проблемы для построения топологически корректной сети автомобильных дорог даже для нескольких смежных регионов, не говоря уже о сети дорог всей Российской Федерации.

Создание концепций и программ совершенствования и развития автомобильных дорог и других видов транспортных коммуникаций, а также их последующая эффективная поддержка в процессе реализации существенно сдерживается отсутствием единой цифровой картографической основы и согласованной структуры данных о тематических слоях (дороги, коммуникации и пр.). Это обстоятельство осознается всем сообществом разработчиков и пользователей ГИС и должно найти понимание в соответствующих государственных структурах и, в первую очередь, Агентстве по геодезии и картографии (Роскартографии).

Если концепции и программы развития дорог классифицируют как предпроектные стадии, то первой стадией проектирования дорог считается обоснование инвестиций (ОИ). На этой стадии прорабатываются: сбор и обоснование будущих транспортных нагрузок на дорогу (расчетная интенсивность), на основе которых назначается категория проектируемой дороги; все возможные варианты проложения трасс проектируемой дороги; их стоимость и экономическая эффективность реализации. На основе этих данных принимается решение о необходимости и целесообразности последующего строительства (реконструкции) одного из вариантов дороги (сети дорог).

Если оценивать этот подход к начальной стадии проектирования и будущего строительства дорог с позиции его соответствия мировой практике, международным нормам и правилам, то следует признать, что он существенно отличается. Во многих странах мира и, в первую очередь, в Европе категорию проектируемой дороги назначают из ее будущей роли и выполняемых функций в общей сети дорог. Подход, принятый мировым сообществом, нам представляется более целесообразным, тем более, что прогнозирование расчетной интенсивности движения в условиях отсутствия четких прогнозов экономического развития страны и ее отдельных регионов, а также в условиях недостаточно совершенных математических моделей прогнозирования транспортных потоков приводит к тому, что конечный результат не является достаточно достоверным и обоснованным.

Что касается вариантного проектирования трасс автомобильных дорог на этой стадии (ОИ), то эта проблема остается, безусловно, актуальной. Но если на стадии инженерного проекта и рабочей документации такое проектирование выполняется посредством САПР АД, что связано с применением крупномасштабных топографических планов, то на стадии ОИ такое проектирование (трассирование) целесообразно выполнять в ГИС АД на основе карт различного масштаба и данных дистанционного зондирования.

На рис. 1 приведено вариантное трассирование в ГИС участка Северного широтного коридора «Пермь – Ивдель – Ханты-Мансийск – Сургут – Нижневартовск – Томск» на территории Томской области.

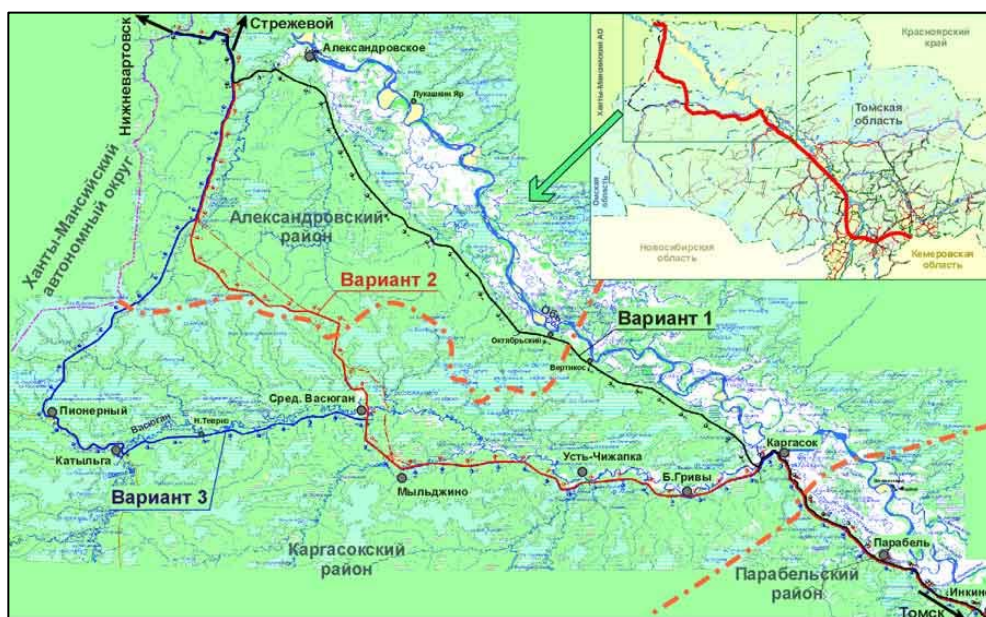


Рис. 1. Фрагмент вариантного трассирования дороги в ГИС

В последующем варианты трассы дороги были экспортированы в САПР АД для детального проектирования на стадии инженерного проекта.

На данном этапе развития информационных технологий в дорожной отрасли проекты автомобильных дорог разрабатываются во многих дорожных проектных организациях с высоким уровнем применения средств САПР АД и высокореалистичной наглядностью отображения результатов проектирования (рис. 2).

В процессе всего жизненного цикла проектирования инженер-проектировщик имеет дело с информационной моделью будущей автомобильной дороги, которая на последнем этапе работ (оформление проектной документации) представляется, как правило, в виде совокупности инженерных чертежей и описаний. Было бы логично, если бы информационная модель проектируемой дороги совместно с проектной документацией передавалась заказчику и далее – подрядчику, контролирующим органам (технический надзор) и т.д.



Рис. 2. 3D-изображение проектируемой автомобильной дороги

Однако осознание того, что этот процесс должен постепенно формироваться, существует, а значит, представляется целесообразным гипотетически описать последовательность действий в этом процессе.

Последовательность действий:

1. В состав сдаваемой заказчику проектной документации включается информационная модель проектируемой дороги в согласованном сторонами (или на отраслевом уровне) стандарте данных. Это позволяет заказчику не только анализировать полученную проектную документацию, но и осуществлять детализацию различных ее фрагментов, обеспечивать повторное тиражирование документации. В то же время, наряду с применением средств САПР АД, заказчик может передавать информационную модель в ГИС. Это обеспечит не только надежное хранение информационной модели в пространственно и топологически корректном месте, но и накапливает дополнительную информацию о самом проекте, процедуре прохождения его в различных инстанциях (административные и кадастровые органы и др.).

2. При передаче проектной документации от заказчика к подрядчику также может обеспечиваться передача информационной модели дороги совместно с сопутствующей документацией по согласованию. Подрядчик подготавливает проекты организации строительства и производства работ на основе проекта дороги в программных модулях, согласованных по структуре с САПР АД. В случае возникновения предложений по изменению проектных решений подрядчик может обращаться к заказчику и проектировщику в рамках корректировки общей информационной модели дороги.

3. На этапе реализации проекта как подрядчиком, так и организацией, осуществляющей технический надзор, могут осуществляться исполнительные

съемки, результаты которых экспортируются в информационную модель проектируемой дороги с целью оценки соответствия выполненных работ проектным данным. При этом количество оценочных данных будет значительно шире, а их достоверность существенно выше, чем при традиционном взаимодействии участников инвестиционного процесса.

4. И, наконец, на стадии завершения проекта вся собранная и обобщенная информация в виде единой модели дороги и событий, связанных с ней, передается эксплуатирующей организации в виде ГИС-проекта функционирования введенного в действие объекта.

*V.N. BOIKOV, S.P. KRYSIN, A.V. SKVORTSOV*

### **GIS-TECHNOLOGY USE IN THE DIFFERENT PHASES OF HIGHWAY LIFE CYCLE**

The question of GIS-technology use in the different phases of highway life cycle is considered in the paper. The features of GIS-technology use in highway engineering are described. The experience and sequence of work using GIS technology for different engineering decisions are demonstrated.

УДК 625.7 : 519.683

*Д.С. САРЫЧЕВ, канд. техн. наук,  
С.А. СУББОТИН,  
С.П. КРЫСИН, канд. техн. наук, доцент*

### **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

В данной работе описана концепция построения информационной системы автомобильных дорог, проведен системный анализ предметной области, рассмотрены существующие разработки и построена информационная модель дороги. На базе проведенного исследования предложена методология построения информационной системы автомобильных дорог, позволяющая решать задачи информационного, пространственного и темпорального моделирования сети автомобильных дорог.

#### **Введение**

Основная функция информационной системы сложного инженерного комплекса, такого, каким является сеть автомобильных дорог, заключается в оперативном обеспечении персонала сведениями, необходимыми в процессе эксплуатации, в ведении и анализе данных о состоянии автомобильных дорог и инженерных сооружениях на них. Информационная система должна обеспечивать возможность ввода и хранения стандартизованных описаний объектов автомобильных дорог и инженерных сооружений, анализ текущего со-