

# IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16

Бойков В.Н., д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ), председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Москва)

Мирза Н.С., к.т.н., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Скворцов А.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматриваются возможности новой версии системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD 10 для анализа проектных решений. Новые и существующие функции IndorCAD 10 рассматриваются с позиций концепции информационного моделирования, одним из элементов которой является постоянный контроль потенциальных коллизий при трёхмерном моделировании.*

Исторически сложившийся комплекс мер по анализу проектных решений, описанный в действующих нормативных документах, к сожалению, не всегда помогает своевременно выявить разнообразные технические проблемы [1]. Связано это в том числе с тем, что анализируется каждый блок проектного решения по отдельности, что, в свою очередь, не гарантирует отсутствия ошибок в целом.

Так как работа над разными разделами проекта (геометрия, обустройство, инженерные сети) строилась независимо, это могло приводить к коллизиям. На смену старой парадигме приходит САПР нового поколения, построенная по концепции информационного моделирования дороги (ИМД), важнейшей функцией которого является контроль коллизий [2].

На смену старой парадигме приходит САПР нового поколения, построенная по концепции информационного моделирования дороги (ИМД), важнейшей функцией которого является контроль коллизий.

Переход к новой концепции САПР как части ИМД позволяет предложить новые методы анализа проектных решений, основанных на трёхмерном моделировании и автоматической оценке проектных решений. Данные методы просты и доступны не только специалистам-проектировщикам, но и всем участникам проектного этапа: заказчикам, строителям, экспертам [3].

## Анализ проектной поверхности

Использование трёхмерной модели дороги в процессе проектирования открывает неоспоримые преимущества для анализа и обнаружения ошибок. Особенно полезной трёхмерная визуализация становится при проектировании примыканий, пересечений, увязке трасс друг с другом [4].

Как правило, в процессе увязки трасс возникает необходимость плановой и высотной увязки. При этом в процессе увязки происходит конфликт поверхностей трасс, когда каждая из них участвует в формировании проектной поверхности. Любые, даже малейшие, неувязки в отметках очевидным образом моментально проявляются на трёхмерной модели (рис. 1), что позволяет гораздо быстрее обнаруживать проблемы в сравне-

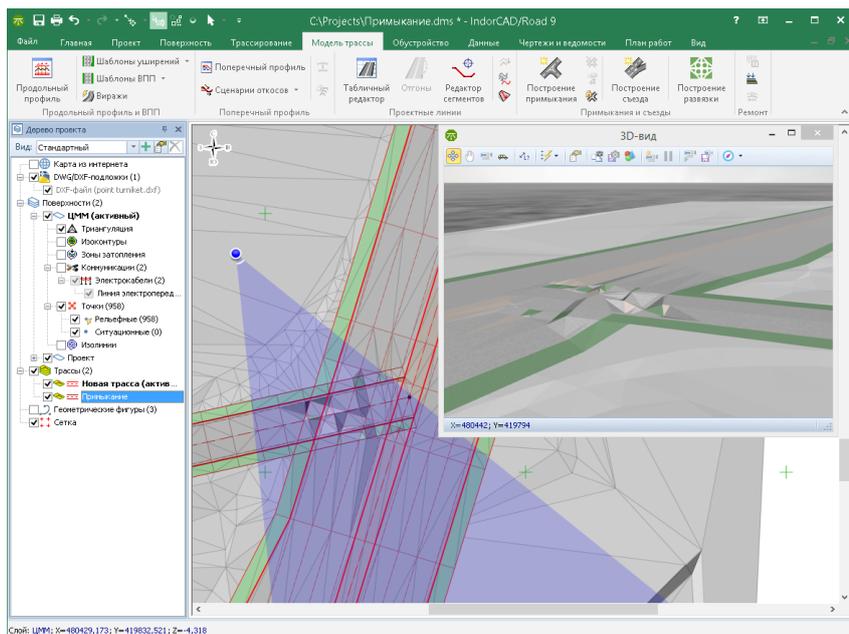


Рис. 1. Обнаружение ошибок при построении примыкания

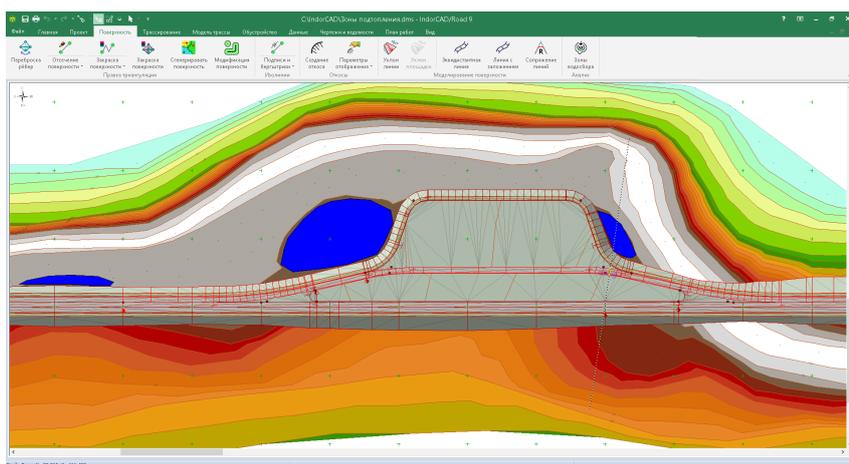


Рис. 2. Отображение зон затопления на плане

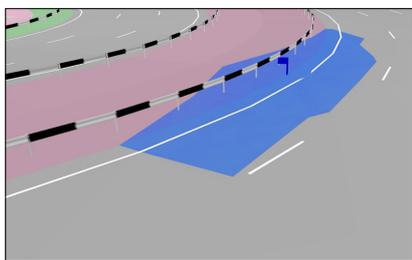


Рис. 3. Отображение зон затопления в трёхмерном виде

нии с классическим методом отображения горизонталей.

### Обеспечение водоотвода

Нахождение зон затопления особенно актуально для САПР, так как позволяет обосновать необходимость построения ливневой канализации в заданных участках, а также наглядно продемонстрировать огрехи в процессе проектирования [5].

При этом наличие информационной модели дороги позволяет применить геометрический метод расчёта зон затопления путём анализа триангуляционных моделей поверхностей. Данный метод значительно проще гидродинамических и гидрогеологических методов расчёта, несмотря на ряд упрощений.

Расчёт осуществляется путём простого моделирования. Предполагается, что на поверхность выливается очень большой объём воды, и анализируется уклон поверхности и места углублений, где будет скапливаться вода (рис. 2). В связи с тем, что используется единая модель дороги, результат такого моделирования доступен не только на плане и в сечениях, но и в трёхмерном виде (рис. 3).

### Анализ конструкций дорожной одежды

После расчёта дорожной одежды [6] для проектирования геометрической конструкции слоёв дорожной одежды особенно важной является наглядная визуализация конструкции на поперечных профилях трассы.

В связи с тем, что проектирование конструкции дорожной одежды происходит на каждом поперечном профиле отдельно, не всегда можно представить слои как единый пласт материала. И ещё сложнее представить стыковку этих слоёв друг с другом. А ведь от анализа модели дорожной одежды напрямую зависят объёмы материала, а следовательно, цена ошибки достаточно велика.

В то же время возможность трёхмерной визуализации модели позволяет находить ошибки, просматривая слои на предмет пустот и наложений, которые можно обнаружить на участках стыковки разных конструкций или на участках примыканий и пересечений. Обнаружение подобных ошибок очень важно, так как, в свою очередь, даёт возможность повысить точность подсчёта объёмов (рис. 4).

### Анализ коридоров движения крупногабаритных транспортных средств

В последнее время в современных САПР стали появляться инструменты, позволяющие проанализировать траектории поворотов и сделать вывод о возможности прохождения поворо-

...наличие информационной модели дороги позволяет применить геометрический метод расчёта зон затопления путём анализа триангуляционных моделей поверхностей.

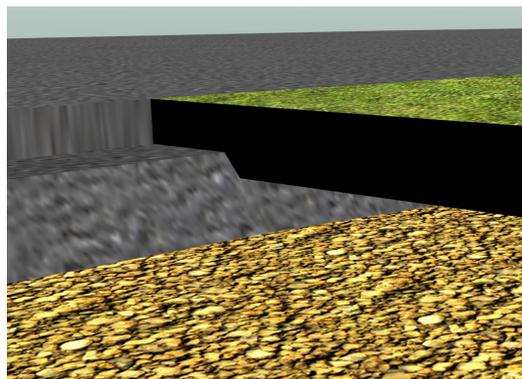


Рис. 4. Отображение дорожной одежды в трёхмерном виде (обнаружение пустот на участке стыковки разных конструкций)

та тем или иным транспортным средством. Если проектный участок предполагается использовать для перевозки грузов с участием крупногабаритных транспортных средств, то необходимость использования данных инструментов очевидна.

В системе IndorCAD процесс моделирования поворота по некоторой траектории движения отображает «след» транспортного средства, который показывает возможность выполнения такого поворота в пределах проезжей части [7].

Для того чтобы начать анализ коридоров движения транспортного средства, необходимо задать его траекторию движения. При этом можно проверить несколько вариантов поворота. Например, при повороте направо можно создать три траектории движения: строго с крайней правой полосы, с левой полосы, со встречной полосы.

После этого нужно выбрать транспортное средство для моделирования процесса прохождения

поворота. Это могут быть как стандартные модели, представленные в библиотеке, так и пользовательские модели, которые можно добавить в библиотеку, настроив необходимые для моделирования параметры.

Далее можно произвести моделирование и увидеть результат на плане и в трёхмерном виде (рис. 5).

### Анализ расстояния видимости

Расчёт расстояния видимости автомобильной дороги является одним из базовых показателей безопасности дорожного движения. От расстояния видимости зависит схема организации дорожного движения, необходимость установки ограждений и проведения дополнительных мероприятий для приведения дороги в соответствие с требуемой категорией.

В соответствии с нормативными документами видимость должна быть обеспечена на расстоянии, достаточном для реагирования водителя при обнаружении препятствия или при появлении встречного автомобиля при обгоне.

Наличие информационной модели дороги позволяет использовать трёхмерное моделирование для анализа видимости. Для этого можно для некоторой точки (перед стоящим на дороге автомобилем) виртуально нарисовать препятствие и начать постепенно его отодвигать вдоль проезжей части, анализируя, какой его процент отображается на экране. Как только препятствие исчезнет более чем на половину, считается, что расстояние, на которое удалось отодвинуть препятствие, и есть фактическое расстояние видимости [8].

Такой подход намного превосходит по точности методы анализа видимости, использующие



Рис. 5. Результат моделирования поворота грузовика при выезде с примыкания на основную трассу

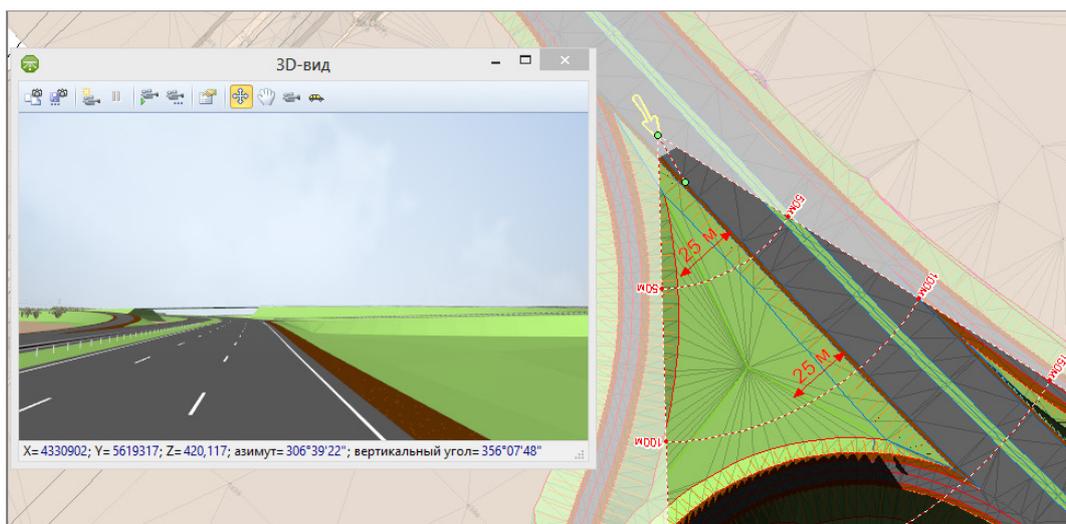


Рис. 6. Отображение невидимых зон из заданной точки

только информацию о плановой геометрии трассы и её продольном профиле. Помимо проектной поверхности при трёхмерном анализе учитываются все объекты, расположенные в области видимости дороги (дорожные знаки, деревья, здания, сооружения и пр.).

Для более наглядного отображения результата предусмотрено два режима.

#### Режим отображения невидимых зон из некоторой точки

В данном режиме необходимо установить положение и направление камеры в трёхмерном виде. После этого на плане тёмным цветом будут отображаться зоны, которые не видны из данной точки (рис. 6).

Данный режим удобен для анализа проектного решения в целом. Используя режим проезда автомобиля по запроектированным трассам, можно оценить опасные участки, где нарушается минимальное расстояние видимости.

#### Картограммы видимости

При анализе видимости для выбранной трассы можно построить картограмму, которая показывает, на каких участках нарушается видимость. При этом расчёт производится для встречного автомобиля и для препятствия на дороге (как в прямом, так и в обратном направлениях движения). С учётом рекомендаций СНиП выбирается необходимое минимальное расстояние видимости, и в случае его нарушения участки с небезопасной видимостью выводятся красным цветом. Если же видимость на трассе обеспечивается, то на картограмме присутствуют исключительно зелёные участки (рис.7).

#### Анализ коллизий инженерных сетей

План инженерных сетей при проектировании в городе представляет достаточно сложный объ-

ект для анализа [9]. В связи с большой концентрацией различных коммуникаций вблизи дороги не всегда можно отследить наличие в нём ошибок.

Однако использование трёхмерной информационной модели позволяет достаточно просто выявить некоторые коллизии в инженерных сетях.

При анализе видимости для выбранной трассы можно построить картограмму, которая показывает, на каких участках нарушается видимость. При этом расчёт производится для встречного автомобиля и для препятствия на дороге (как в прямом, так и в обратном направлениях движения).

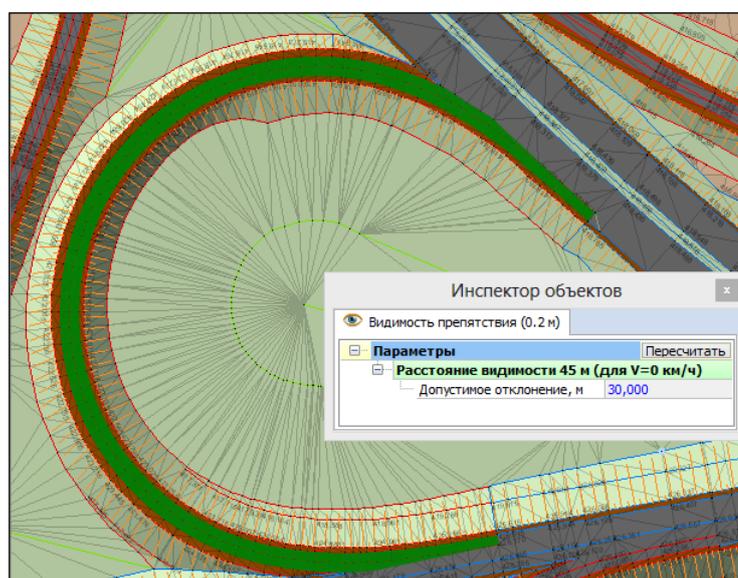


Рис. 7. Результат анализа видимости съезда

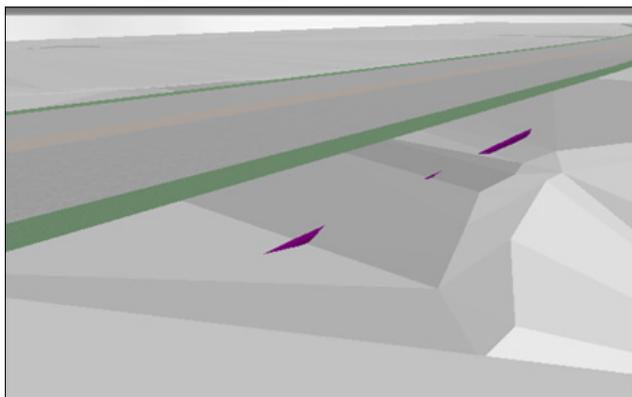


Рис. 8. Ошибка при задании глубины залегания существующего трубопровода

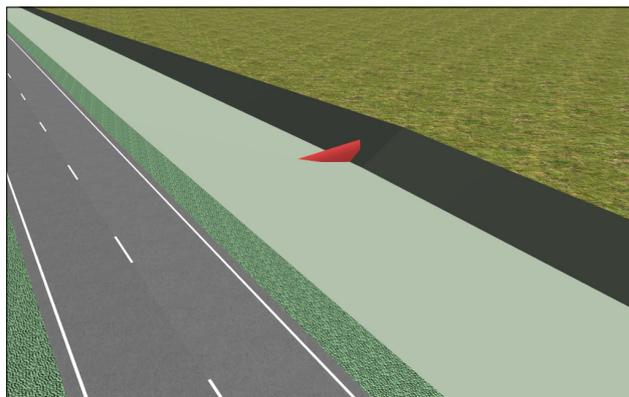


Рис. 9. Оголение трубопровода на выемке

### Оголение трубопроводов

При проектировании трубопроводов (нанесении существующих) обычно задаются отметки в узлах (колодцах). При этом данные в профилях отображаются путём вычисления пересечения секущей линии с участком трубопровода. В этом случае высока вероятность ошибок при сложной конфигурации рельефа.

Находить такие ошибки без анализа трёхмерной модели практически не представляется возможным. В то же время достаточно беглого осмотра трёхмерной модели сети и поверхности рельефа, чтобы отчётливо увидеть места оголения трубопроводов (рис. 8).

К тому же в процессе проектирования необходимо учитывать глубину залегания существующих трубопроводов. При этом, например при достаточно сильном раскрытии выемки или при углублении кювета, может произойти оголение трубопровода. Такие ошибки тоже очень легко обнаружить с помощью анализа трёхмерной модели проекта (рис. 9).

### Близость ситуационных объектов

В процессе проектирования необходимым этапом является анализ наличия ситуационных объектов, близких к участку проектирования. В случае присутствия таких объектов необходимо

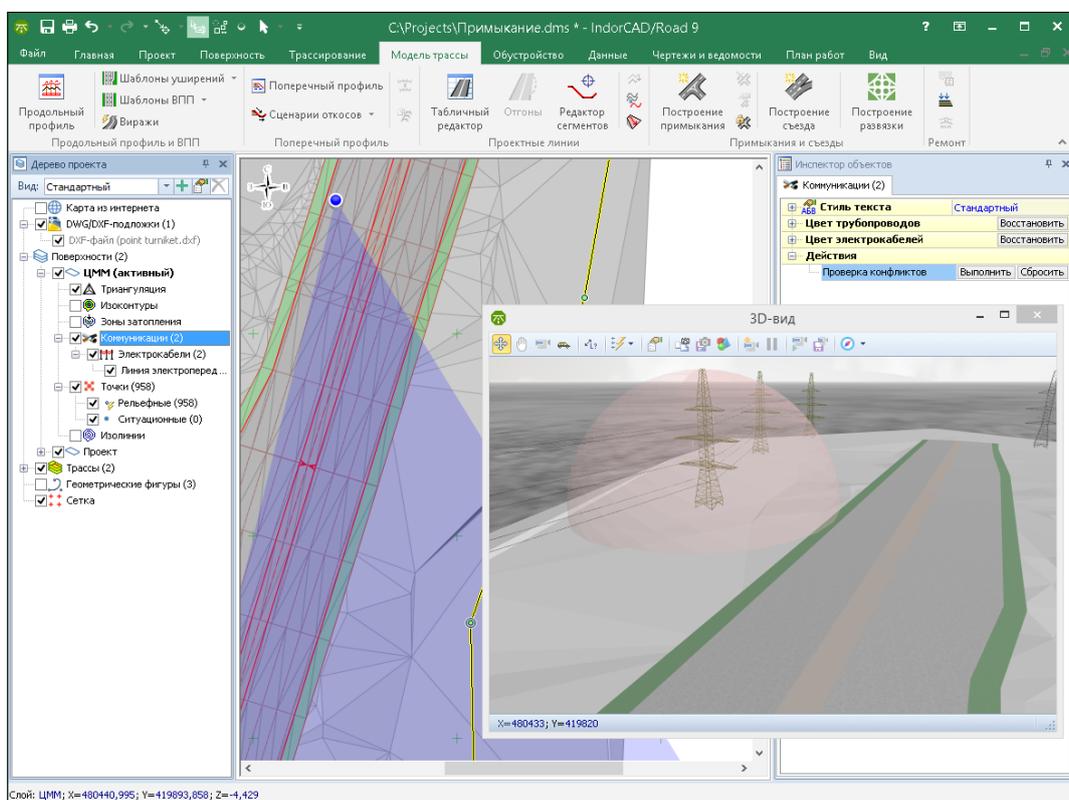


Рис. 10. Отображение коллизии при слишком близком расположении трассы относительно ЛЭП



Рис. 11. Пример коллизии при загрузке модели моста из формата IFC

принимать соответствующие решения об изменении плана трассы, либо переносе (удалении, сносе) объектов.

В качестве объектов для анализа близости расположения могут выступать существующие инженерные сети, линии электропередачи, здания, сооружения, зелёные насаждения и пр.

Например, при анализе попадания линий электропередачи в опасную близость от дороги необходимо учитывать различные параметры: напряжение и высоту опоры, категорию дороги и др.

Если просто смотреть на чертёж сетей и месторасположение опор, то найти участки, где нарушается условие минимального расстояния (или габарита) относительно дороги, не всегда просто. Особенно в условиях городской застройки и наличия огромного количества объектов в зоне проектирования.

Именно поэтому ещё одним важным применением информационной модели дороги является анализ близости объектов относительно поверхности проектируемой трассы (рис. 10).

### Обмен данными со сторонними программами

Важнейшей функцией САПР при реализации концепции ИМД является обмен данными со смежными программными продуктами [10, 11]. Однако при загрузке и интерпретации данных сторонних форматов могут возникать конфликты моделей, которые с лёгкостью можно обнаружить,

используя трёхмерную визуализацию и оценку проекта.

Так, например, при загрузке данных из формата IFC можно не сразу увидеть ошибки. Однако достаточно просмотреть стыковку новой подгруженной модели с существующей моделью дороги в трёхмерном виде, чтобы сразу обнаружить коллизии и исправить их (рис. 11).

### Заключение

Приведённые примеры оценки проектных решений и выявления коллизий являются далеко не исчерпывающими, но наглядно показывающими, куда должен развиваться функционал САПР АД в соответствии с новой парадигмой ИМД. Это безусловно позволит повысить эффективность труда инженеров-проектировщиков, улучшит качество дорог и повысит безопасность дорожного движения. ■

#### Литература:

1. Скворцов О.В. Плохие нормы — плохие дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 57–62. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.9.
2. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
3. Петренко Д.А. Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 75–79. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.12.
4. Кривых И.В., Мирза Н.С. Проектирование транспортных развязок в IndorCAD // САПР

и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 36–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.8.

5. Мирза Н.С. Геометрический подход для решения задачи расчёта зон затопления // Труды 17-й международной конференции по компьютерной графике и её приложениям «Графикон'2007» М.: Московский государственный университет, 2007. С. 290–292.
6. 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.
7. Скворцов А.В., Байгулов А.Н., Мотуз В.О. Траектории движения и расчёт динамических коридоров транспортных средств в IndorCAD/Road // Дорожная держава. 2012. № 43. С. 30–33.
8. Петренко Д.А., Понамарёв И.Н., Бойков В.Н., Скворцов А.В. Оценка пространственной видимости с помощью 3D-моделирования // Дорожная держава. 2012. № 42. С. 19–21.
9. Мирза Н.С. Учётные тенденции // Автомобильные дороги. 2011. № 11. С. 56–57.
10. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
11. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги, 2015, № 2, с. 84–89.