

Нормативная база для САУ 3D

Кулижников А.М., д.т.н, профессор, зам. генерального директора ФГБУ «РосдорНИИ» (г. Москва)

Ануфриев А.А., к.т.н, ЗАО «ТрансПутьСтрой» (г. Москва)

Колесников И.П., инженер ФГБУ «РосдорНИИ» (г. Москва)

В статье выполнен анализ состояния и представлены предложения по разработке нормативной правовой и нормативно-технической базы, позволяющей внедрить системы моделирования и автоматического управления 3D на этапах жизненного цикла автомобильной дороги (планирование, проектирование, строительство, реконструкция, ремонты и содержание).



Актуальность и эффективность

В мировой практике активно внедряются информационные технологии, в том числе системы 3D-моделирования при проектировании и автоматического управления дорожно-строительной техникой при строительстве. Рассмотрим простые примеры: дорожные работы выполняют асфальтоукладчики, грейдеры, экскаваторы, бульдозеры, укладчики бетона и дорожные фрезы, оборудованные системой автоматического нивелирования поверхности в трёх плоскостях, которые дополнительно комплектуются ультразвуковыми или контактными датчиками и лазерными системами. Применение систем моделирования и автоматического управления 3D возможно только при наличии качественной инженерной цифровой модели местности (ИЦММ) и инженерной цифровой модели проектного решения (ИЦМП).

В дорожном строительстве используются две основные автоматические технологии управления: на базе глобальной навигационной спутниковой системы и с использованием роботизированных тахеометров.

Следует отметить, что системы моделирования и автоматического управления (САУ) 3D должны эффективно работать в течение всего жизненного цикла автомобильной дороги. Жизненный цикл должен включать следующие этапы: планирование, изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию (реконструкция, капитальный ремонт, ремонт) и ликвидацию дорожного объекта (разборка).

На этапах территориального планирования и планировки территории под размещение автомобильной дороги планирование и проектирование будет эффективно выполняться по 3D инженерным цифровым моделям местности, которые будут описывать ситуацию, рельеф, гидрологию, геологию, гидрогеологию, кадастровую информацию и т.д.

На этапе проектирования на стадиях проектной и рабочей документации с разной степенью детализации разрабатывается 3D-модель проектного решения. В данной модели, например, на стадии проектной документации для балки пролётного строения будут определены пространственные ко-

На этапе строительства автомобильных дорог САУ 3D позволяет контролировать строительный процесс и управлять производственным процессом, а также формировать 3D-модель результата строительства (инженерную цифровую модель проектного решения) с учётом возможных изменений проектной документации в процессе строительства.

ординаты всех её точек, а на стадии рабочей документации уже в балке пролётного строения будут также показаны все пучки арматуры и арматурных сеток.

На сегодняшний день дорожные организации Российской Федерации проектируют автомобильные дороги в САПР АД, результаты проектирования переводят (конвертируют) в форматы программного обеспечения САУ 3D или проектируют сразу в САПР AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США). Планировочные решения на этапах территориального планирования и планировки территории выполняются в среде SpacEyes 3D (SpacEyes, Франция).

На этапе строительства автомобильных дорог САУ 3D позволяет контролировать строительный процесс и управлять производственным процессом, а также формировать 3D-модель результата строительства (инженерную цифровую модель проектного решения) с учётом возможных изменений проектной документации в процессе строительства.

Сравнивая САУ 3D с применением роботизированного тахеометра и приёмников ГНСС, можно убедиться, что спутниковая система применяется для производства земляных работ на объектах, где необходимо обеспечить перемещение больших объёмов грунта и быстро формировать поверхности, например, на начальных этапах строительства дорог, а также при строительстве сложных объектов (например, транспортных развязок). В то время как роботизированный электронный тахеометр предназначен для выполнения высокоточных работ по формированию основания, фрезерованию и укладке асфальтобетонного или цементобетонного покрытия.

3D-системы моделирования и автоматического управления дорожно-строительной техникой позволяют решать многие задачи, связанные

с передачей бумажных данных и реализацией проекта, полностью отказаться от разбивочных работ, исключить человеческий фактор, увеличить точность и качество выполняемых работ, сократить расход материала, уменьшить сметную стоимость работ, а также значительно усовершенствовать и ускорить процесс дорожно-строительных работ.

Анализ существующего опыта применения САУ 3D различными строительными организациями как за рубежом, так и Российской Федерации показал на этапах строительства следующие основные преимущества:

- повышение производительности до 70%;
- сокращение сроков выполнения работ в 1,5–2 раза;
- экономия денежных средств до 50%.

На этапах эксплуатации при реконструкции, капитальном ремонте, и ремонте автомобильной дороги наряду с мониторингом состояния автомобильной дороги (изменение пространственного положения элементов автомобильной дороги), появляется возможность при подготовке проектной документации существенно повысить производительность работ на основе использования уже имеющихся 3D-моделей автомобильной дороги (ИЦММ+ИЦМП).

Анализ нормативной базы

Для формирования условий и эффективного внедрения систем 3D-моделирования, проектирования и автоматического управления дорожно-строительной техникой по заданию Федерального дорожного агентства сотрудниками ФГБУ «РОСДОРНИИ» был выполнен детальный анализ существующих нормативно-правовых и нормативно-технических документов, которые устанавливают правила и требования к процессу осуществления изыскательской, проектной, строи-

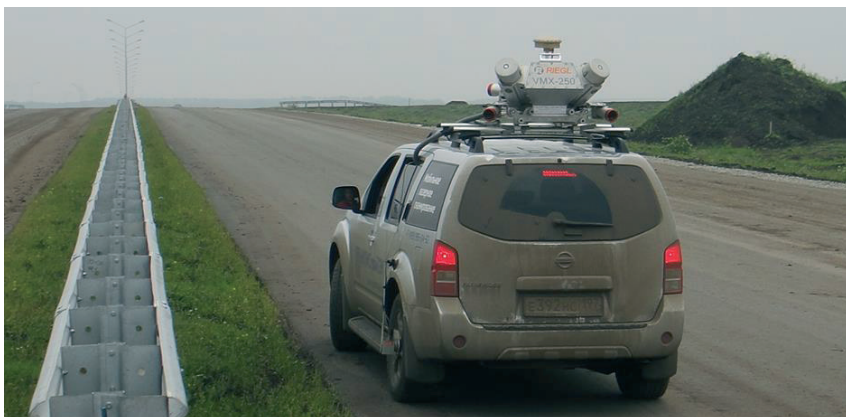


Рис. 1. Мобильное лазерное сканирование, выполняемое компанией НИПИСтройТЭК с помощью системы VMX-250

тельной деятельности и эксплуатации автомобильных дорог в Российской Федерации:

- рассмотрены нормативно-правовые документы;
- проанализированы документы по инженерно-геодезическим изысканиям на предмет использования новейших технологий и приборов в процессе изыскания и составления ИЦММ;
- рассмотрены правила и требования к процессам планирования и проектирования автомобильных дорог. Проведён анализ на наличие требований к планированию и проектированию для систем 3D-моделирования;
- проанализированы документы на наличие норм и правил применения 3D-систем автоматического управления дорожно-строительной техникой (CAU 3D ДСТ) при строительстве, реконструкции и ремонтах автомобильных дорог;
- рассмотрены методы и решения с использованием CAU 3D, применяемые в процессе содержания автомобильных дорог;

■ выполнен анализ сборников базовых цен, строительных норм и расценок на различные виды дорожно-строительных работ, предусматривающие применение новейшего геодезического оборудования, программ САПР АД и CAU 3D ДСТ.

Выявлено, что в нормативном документе на инженерные изыскания СП 47.13330.2012 [1] сделан акцент на применении новейшего оборудования в геодезической отрасли и создании ИЦММ. При этом заказчик должен предусмотреть в техническом задании требования и критерии предоставления результатов инженерно-геодезических изысканий как трёхмерной модели инженерно-топографического плана. Однако в своде правил не указано, что ИЦММ должна быть пригодна для использования в CAU 3D на протяжении всего жизненного цикла объекта (например, автомобильной дороги), в каких форматах она создаётся, для какого программного обеспечения предназначена в дальнейшем использовании. Здесь важно видеть

возможности развития программного обеспечения на срок службы объекта, возможности последующего конвертирования ИЦММ в более совершенные программные среды.

В данном своде правил [1] представлены требования к точности выполнения топографической съёмки, а также к определению планово-высотного положения ситуации и рельефа местности в ИЦММ. Но для создания качественной и полноценной ИЦММ этих данных недостаточно, а точность определения высотных отметок рельефа, по нашему мнению, очень мала. Следовательно, необходимо установить требования к топографической съёмке, съёмке профилей, точности определения планово-высотных координат дорожного полотна, рельефа и объектов инфраструктуры.

При анализе документа было выявлено отсутствие требований к процессу инженерно-геодезических изысканий для создания ИЦММ, которая бы отвечала всем необходимым требованиям для CAU 3D в жизненном цикле

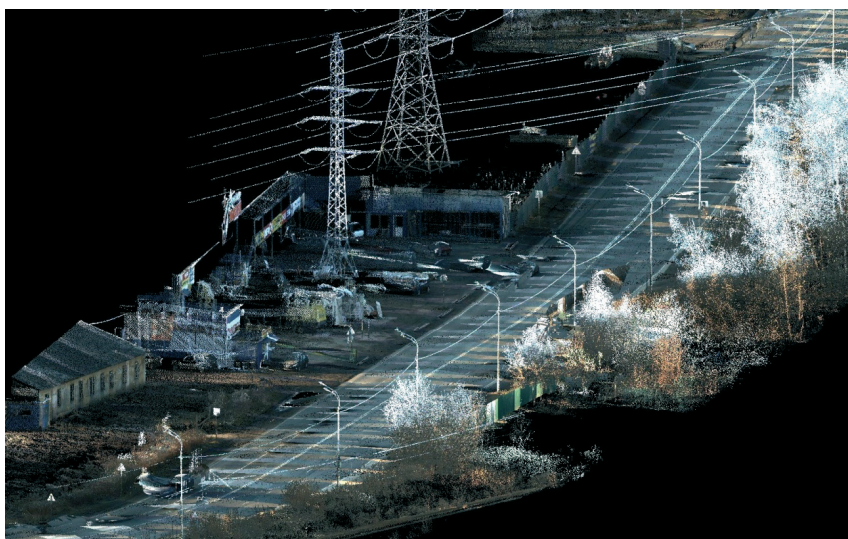


Рис. 2. Облако точек по результатам лазерного сканирования

...эффективность работы САУ 3D начинается с этапа планировки территории под размещение автомобильной дороги, так как выбор трассы во многом будет определять последующие затраты как в процессе строительства, так и при эксплуатации объекта.

автомобильной дороги. Получается, что требования к предоставлению инженерно-топографического плана как ИЦММ должен указывать заказчик в задании самостоятельно, опираясь на свои знания и опыт, с указанием ссылок на нормативные документы, регламентирующие данные требования.

Предлагается предусмотреть материалы по созданию пунктов геодезической основы, необходимых для применения САУ 3D ДСТ. Более того, предлагается внести требования по созданию и предоставлению ИЦММ, необходимой для проектирования автомобильных дорог, для последующего использования в САУ 3D ДСТ.

ГОСТом Р 21.1101–2013 [2] проектная документация предусматривается к разработке как в бумажном, так и в электронном виде на усмотрение заказчика. Речь о дальнейшем использовании чертежей в электронном виде на последующих этапах строительства и эксплуатации автомобильной дороги, к сожалению, не идёт. Более того, ничего не сказано и о форматах, которые бы позволили использовать электронную модель в САУ 3D ДСТ. Остаётся надеяться на техническую грамотность каждого отдельного заказчика, которая позволит решить перечисленные вопросы в пользу САУ 3D ДСТ. При этом важное значение будет отводиться и наличию аргументированных прогнозов развития САУ 3D.

В нормативном документе на проектирование СП 34.13330.2012 [3], к сожалению, речь не идёт ни о конечном продукте проектирования — ИЦМП автомобильной дороги, ни о требованиях, предъявляемых к ней.

Приказ Министерства транспорта РФ № 199 от 6 июля 2012 г. [4] отражает порядок подготовки документации

по планировке территории для размещения автомобильных дорог общего пользования федерального значения. Однако в нём ни слова не говорится о применении 3D-технологий как в процессе разработки проекта, так и в дальнейшем использовании материалов планировки территории в жизненном цикле автомобильной дороги (например, при последующей реконструкции дороги). В то время как эффективность работы САУ 3D начинается с этапа планировки территории под размещение автомобильной дороги, так как выбор трассы во многом будет определять последующие затраты как в процессе строительства, так и при эксплуатации объекта.

В нормативном геодезическом документе СП 126.13330.2012 [5] не уделено внимание исполнительной съёмке в 3D, которая позволила бы контролировать состояние автомобильной дороги в течение всего её жизненного цикла при эксплуатации, анализировать состояние автомобильной дороги на этапах реконструкции, капитального ремонта и ремонта.

Нормативные документы по строительству СП 78.13330.2012 [6] и СП 45.13330.2012 [7] не содержат информации о применении САУ 3D ДСТ, что сильно сдерживает их применение в дорожном строительстве, так как не определены нормы времени на выполнение технологических операций, что не позволяет планировать организацию дорожно-строительных работ на объектах.

Анализ СБЦ–2004 [8] показал, что в документ следует внести новые расценки на современные методики измерений, такие как лазерное сканирование (рис. 1, 2), использование данных ДЗЗ, а также более широкое применение ГНСС. Кроме того, доку-

мент необходимо дополнить изменениями и в представлении результатов обработки, в частности, на создание и корректировку ИЦММ.

В действующих нормативных документах расценки установлены на давно установившиеся методы и способы проведения строительно-монтажных работ, осуществляемых с применением устаревших (традиционных) методов и оборудования. Отсутствуют расценки на применение компьютерных технологий и САУ 3D ДСТ, поэтому необходимо и целесообразно внести своевременные дополнения.

Справочник базовых цен на проектные работы для строительства автомобильных дорог [9] также не содержит цен при выполнении проектирования в трёхмерном пространстве с получением моделей для использования в САУ 3D ДСТ. Отсутствуют расценки на подготовку и корректировку ИЦМП.

По итогам проведённого анализа было выявлено практически полное отсутствие нормативной базы для применения 3D-систем в проектировании и строительстве автомобильных дорог, в том числе отсутствие требований, предъявляемых к современным методам получения и применения топографо-геодезических данных для использования в САУ 3D.

Одним из документов, которые на сегодняшний день могут быть рекомендованы к использованию, является ГОСТ Р 21.1101–2013 [2], предусматривающий представление проектной документации в электронном виде. Данный стандарт может быть рекомендован к включению заказчиком в перечень обязательной нормативно-технической документации. Для этого он должен быть указан в технических заданиях на проектирование, с последующим представлением в тек-

сте задания требований к программному обеспечению и форматам для последующего применения в САУ 3D и специфике чертежей дорожной проектной документации.

За рубежом технологии информационного моделирования и управления изделием (BIM и PLM), схожие с САУ 3D, подкреплены действующими стандартами ISO 16739 и ISO 10303. Однако правила информационного моделирования градостроительной деятельности (промышленных и гражданских зданий) не могут быть перенесены на автомобильные дороги из-за специфики линейных объектов [10–13].

Всё вышеизложенное свидетельствует о том, что отсутствие нормативно-правовой и нормативно-технической документации существенно тормозит развитие дорожной отрасли, не способствует увеличению эффективности вложенных затрат и не повышает качество дорожно-строительных работ на фоне прогрессивно развивающихся зарубежных дорожных организаций.

В настоящее время большое количество дорожно-строительных организаций и проектных учреждений Российской Федерации начинают использовать 3D-технологии в проектировании и строительстве автомобильных дорог и объектов инфраструктуры. Однако полноценное и полноценное использование данных технологий не представляется возможным из-за отсутствия соответствующей нормативно-правовой и нормативно-технической баз по инженерным изысканиям, планированию, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

Семейство ГОСТ Р ИСО 10303 по системам автоматизации производства и их интеграции в какой-то мере отображает общие требования к изделиям, но только для машиностроительной отрасли. Отраслевую специфику автомобильных дорог данные документы не отражают и могут быть использованы только в общих подходах к системам моделирования, автоматизированного проектирования и САУ 3D.

Рекомендации по разработке нормативной базы

Первым нормативом, по нашему мнению, должен быть документ, содержащий основные термины и понятия, используемые в системах моделирования, автоматического проектирования и САУ 3D, с учётом последующего обмена информационными моделями в рамках жизненного цикла автомобильной дороги.

На основе выполненного анализа для устранения нормативных барьеров представляется целесообразным разработать новый государственный стандарт (или свод правил), который будет содержать все необходимые единые требования для осуществления дорожно-строительной деятель-

ности с применением систем моделирования, автоматизированного проектирования и автоматического управления 3D в течение жизненного цикла автомобильной дороги. Стандарт может иметь следующее название: «Дороги автомобильные общего пользования. Общие требования к проектированию, строительству и содержанию с использованием САУ 3D».

В состав вышеупомянутого документа должны войти следующие разделы:

- территориальное планирование;
- планировка территории под размещение автомобильной дороги;
- инженерные изыскания;
- разработка проектной и рабочей документации;
- подготовка проектов организации строительства и проектов производства работ;
- управление дорожно-строительной техникой, временем и ресурсами;
- авторский надзор и строительный контроль;
- приёмочная диагностика и исполнительная съёмка;
- управление земельно-имущественным комплексом;
- содержание;
- управление производством (интеллектуальные транспортные системы, автоматизированная система управления дорожными данными, базы дорожных данных);
- мониторинг состояния;
- планирование ремонтов и реконструкции.

...правила информационного моделирования градостроительной деятельности (промышленных и гражданских зданий) не могут быть перенесены на автомобильные дороги из-за специфики линейных объектов.

Внесение дополнений и изменений в каждый действующий нормативно-технический документ (их более 50) — не эффективный путь решения вопроса. Указанный путь не позволит систематизировать и взаимно увязать весь технологический процесс применения САУ 3D от планирования до ликвидации объекта в жизненном цикле автомобильной дороги. Если идти по данному пути, то каждый отдельный документ будут дополнять специалисты по одному из направлений (например, изыскатели, проектировщики, строители либо экономисты и т.д.), которые зачастую не могут «видеть» весь комплекс САУ 3D в целом.

В развитие и в полном соответствии с предлагаемым выше стандартом (сводом правил) для каждой стадии жизненного цикла должны быть предусмотрены свои взаимовязанные нормативно-технические документы (например, отраслевые дорожные методики):

- инженерные изыскания для 3D-моделирования;
- планирование и проектирование автомобильных дорог для САУ 3D;
- применение САУ 3D при строительстве автомобильных дорог;
- применение САУ 3D при управлении автомобильными дорогами;
- применение САУ 3D при эксплуатации автомобильных дорог;
- нормы времени и расценки на выполнение проектно-изыскательских и дорожно-строительных работ с использованием инновационных технологий САУ 3D.

Например, в ОДМ «Инженерные изыскания для 3D-моделирования» должны быть включены, помимо традиционных способов и методов изыскания и проектирования, следующие технические рекомендации:

- по плотности, точности измерений, условиям закрепления пунктов геодезической основы при применении САУ 3D ДСТ;
- по применению методов лазерного сканирования (рис. 1, 2) при выполнении инженерных изысканий на автомобильных дорогах;
- по использованию данных ДЗЗ, в том числе и беспилотных летательных аппаратов;
- по применению методов ГНСС для определения трёхмерных координат точек;
- по созданию ИЦММ для планировки территории и разработки проектных решений, используемых в 3D-системах;
- по требованиям к программному обеспечению для возможности последующего использования ИЦММ при трёхмерном проектировании, строительстве, управлении и эксплуатации автомобильных дорог.

Для качественной подготовки нормативно-технической базы для применения систем моделирования и автоматического управления 3D целесообразно выполнить несколько пилотных проектов, начиная с этапа планирования территории под размещение автомобильной дороги хотя бы до выполнения исполнительной съёмки после завершения строительства.

Заключение

1. Для формирования условий и эффективного внедрения систем 3D-моделирования, проектирования

и автоматического управления дорожно-строительной техникой был выполнен детальный анализ существующих нормативно-правовых и нормативно-технических документов. Было выявлено практически полное отсутствие нормативной базы для применения 3D-систем в проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

2. В настоящее время большое количество дорожно-строительных организаций и проектных учреждений Российской Федерации начинают широко использовать технологии 3D в проектировании и строительстве автомобильных дорог и объектов инфраструктуры. Дорожные организации не имеют возможности полноценного и полноценного использования данных технологий из-за отсутствия соответствующей нормативно-правовой и нормативно-технической базы по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

3. Для устранения нормативных барьеров необходимо разработать новый государственный стандарт «Дороги автомобильные общего пользования. Общие требования к изысканиям, проектированию, строительству и содержанию с использованием САУ 3D», который будет содержать все необходимые требования для осуществления дорожно-строительной деятельности с применением систем моделирования, автоматизированного проектирования и автоматического управления 3D в течение жизненного цикла автомобильной дороги. В развитие указанного стандарта для каждого этапа жизненного цикла должны быть предусмотрены свои взаимоувязанные нормативно-технические документы (например, отраслевые дорожные методики).

4. Формирование нормативной базы для САУ 3D будет серьёзным шагом вперёд по повышению эффективности и качества дорожно-строительных работ. ■

Литература:

1. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».
2. ГОСТ Р 21.1101-2013 «Основные требования к проектной и рабочей документации».

3. СП 34.13330.2012. «Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85».
4. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации N 199 от 6 июля 2012 г. «Об утверждении Порядка подготовки документации по планировке территории, предназначенной для размещения автомобильных дорог общего пользования федерального значения».
5. СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84».
6. СП 78.13330. 2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85».
7. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87».
8. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания.
9. Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Автомобильные дороги общего пользования.
10. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 6-7.
11. Сковцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8-11.
12. Сковцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12-21.
13. Сковцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22-32.