

Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6

Гулин В.Н., директор по технологиям ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматриваются вопросы применения систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами, имеющие большое значение как для повышения эффективности дорожно-строительного производства, так и для совершенствования парадигмы информационного моделирования дорог.

Предисловие

Степень автоматизации некоторых производственных процессов при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог крайне мала. В частности, такой вид работ, как геодезическая разбивка (вынос проекта в натуру), практически не автоматизирован. Даже на значимых дорожно-строительных объектах в центральных регионах страны по-прежнему можно наблюдать «лес» деревянных кольшков (геодезических маячков), задающих высотные отметки и габариты для работы дорожной техники. Мало того, что разбивка требует затрат времени, материалов и людских ресурсов, результат к тому же не застрахован от влияния «человеческого фактора», то есть ошибок при выполнении работ. Далее всё зависит от мастерства и физического состояния операторов дорожно-строительных машин — насколько быстро и качественно они смогут сформировать структурные слои на основании выполненной разбивки. Не секрет, что переделки, приводящие к дополнительному расходу материалов, износу техники и затягиванию сроков строительства, являются неотъемлемой частью отечественной действительности. Но существует эффективное решение перечисленных выше проблем — системы автома-

тизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ), о которых на страницах данного журнала уже шла речь ранее [1, 2].

Определение САУ ДСМ

Имеется несколько терминов для описания данной технологии. В англоязычной технической литературе, как правило, используется одно словосочетание — machine control, а вот в русскоязычных источниках можно встретить такие определения, как системы управления техникой, системы нивелирования, 2D/3D-системы и т.п. По своей сути система управления — это программно-аппаратный комплекс, устанавливаемый на строительной технике для постоянного контроля текущего положения рабочего органа машины (отвала бульдозера или грейдера, выглаживающей плиты асфальтоукладчика и т.п.). Системы управления могут быть установлены на различные дорожно-строительные машины: бульдозеры, грейдеры, экскаваторы, грунтовые и асфальтовые катки, дорожные фрезы, укладчики асфальта и бетона (рис. 1). Подробное описание принципов работы систем управления техникой можно найти в публикации [3].

Следует отметить, что подобные системы могут быть установлены не только на технику для до-



Рис. 1. Строительная техника, оснащённая САУ ДСМ

рожного строительства. Существуют решения для роторных экскаваторов в горнодобывающей отрасли, для тракторов (снежных бульдозеров), формирующих сложный рельеф горнолыжных спусков, — этот список можно продолжать, однако, учитывая специфику журнала, далее мы всё же будем говорить только о решениях для дорожно-строительных машин.

Типы САУ ДСМ

С точки зрения функционирования системы управления делятся на индикаторные и автоматические. Первые просто выводят информацию о текущем положении рабочего органа относительно проекта на экран в кабине машины для информирования оператора техники, а вторые, благодаря подключению к гидравлической системе, автоматически приводят рабочий орган машины в нужное (проектное) положение. Не на каждую технику возможно и целесообразно устанавливать автоматические системы с подключением к гидравлике машины. Например, для экскаваторов пока не существует полностью автоматических систем, а в системах для грунтовых или асфальтовых катков о подключении к гидравлике речь вообще не идёт.

С точки зрения решаемых задач системы делятся на 2D и 3D. В первом случае задачей системы является формирование плоских поверхностей (горизонтальных или наклонных)

с использованием в качестве опорной высотной отметки копировальной струны, лазерной плоскости или уже существующей поверхности (например, бордюра или финишного покрытия). Такие 2D-системы не используют в своей работе цифровые модели поверхности. Задачей 3D-систем управления техникой является формирование сложных по форме поверхностей, и для работы таких систем требуется использование трёхмерных цифровых моделей.

В данной публикации термин «системы автоматизированного управления» (САУ) будет использоваться для обобщённого обозначения всех типов систем управления (систем нивелирования), используемых на дорожно-строительных машинах (ДСМ).

Производители САУ ДСМ

Поставщиков таких решений на мировой арене не так много, а в контексте данной статьи нас интересуют главным образом поставщики 3D-систем управления, — далее станет понятно, почему именно они. Среди поставщиков 3D САУ ДСМ на мировом рынке первенство принадлежит трём всемирно известным производителям: Leica Geosystems (Швейцария), Topcon Positioning Systems (США) и Trimble Navigation (США). Не случайно лидерами в разработках САУ являются общепризнанные мировые лидеры в области производства геодезического оборудования — системы управления

техникой являются результатом интеграции самых передовых геодезических технологий со сложными аппаратно-программными комплексами. Все перечисленные выше производители предоставляют пользователям широкий ассортимент решений для обширного спектра дорожных машин, а выбор конкретного бренда зависит уже от индивидуальных предпочтений заказчиков.

Текущее состояние дел

Выбор типа системы (2D или 3D), как уже упоминалось ранее, зависит от решаемых задач. Принимая во внимание специфику дорожного строительства и необходимость формирования поверхности сложной формы, целесообразно говорить о предпочтительном использовании 3D-систем. Но если речь идёт о 3D-системах управления, в бортовой компьютер САУ ДСМ требуется загрузить цифровую модель той поверхности, которую данная машина должна формировать на конкретном этапе выполнения работ [4]. И вот здесь начинаются вопросы...

На сегодняшний день подрядчик, как правило, получает от проектной организации проект строящегося объекта на бумажном носителе. Даже если имеется электронный вариант проектной документации (в виде PDF-файлов), он всё равно не может быть загружен в САУ ДСМ, поскольку по своей сути не является трёхмерной цифровой моделью

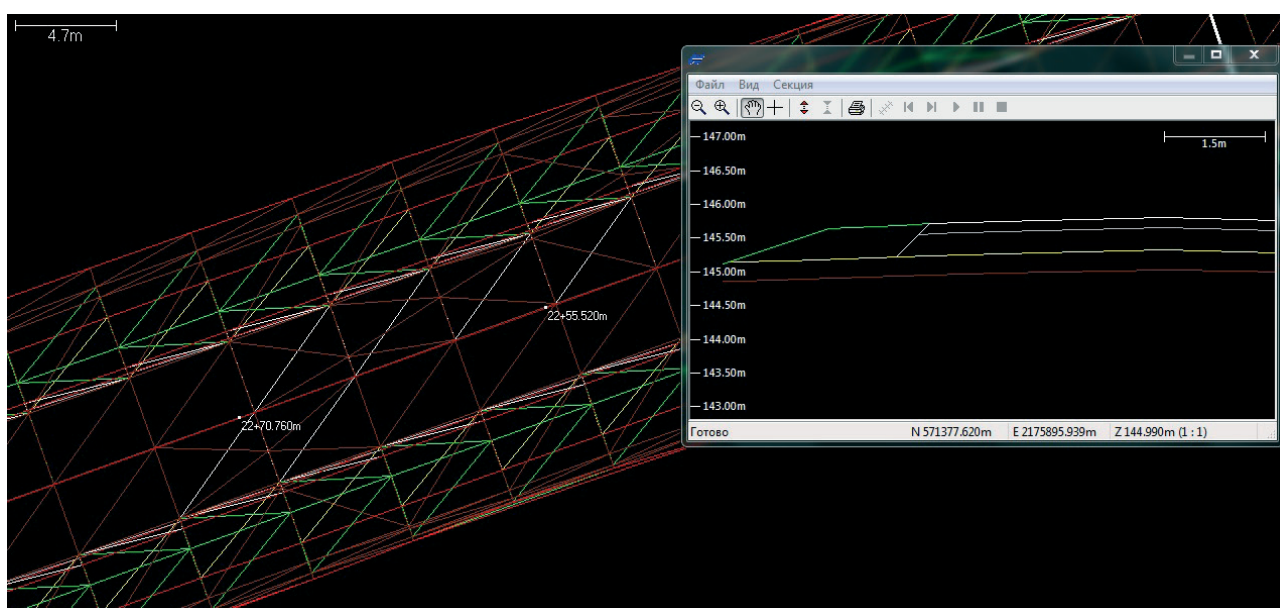


Рис. 2. Пример модели, созданной в программе Topcon 3D Office

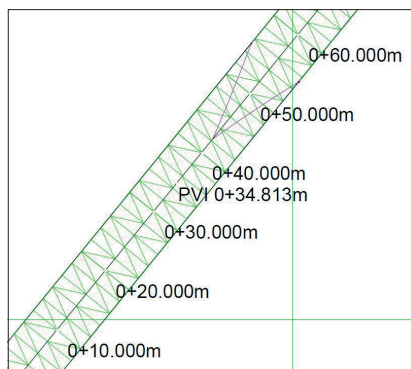


Рис. 3. Пример цифровой модели поверхности в виде триангуляционной сетки (TIN-модель)

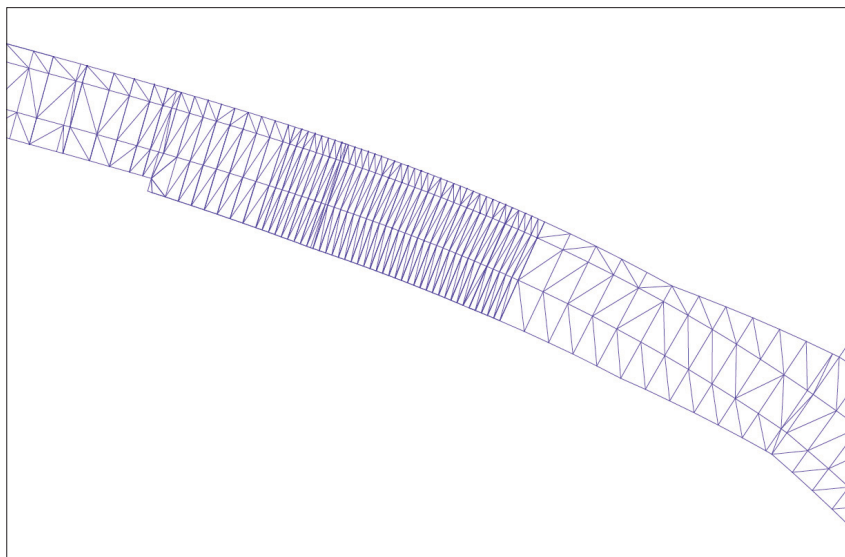


Рис. 4. Пример TIN-модели различной детализации

поверхности. В результате геодезические подразделения подрядчика вынуждены заниматься оцифровкой бумажных материалов для создания цифровых моделей, необходимых для работы САУ ДСМ. Мало сказать, что эта операция требует определённых затрат времени и человеческих ресурсов, опаснее другое. На этапе оцифровки могут быть допущены ошибки, которые затем будут неминуемо «воплощены в жизнь» во время работы техники, если их своевременно не обнаружить. Более того, именно необходимость создания своими силами цифровых моделей поверхности порой является сдерживающим фактором для более широкого внедрения САУ ДСМ в производственные процессы российских дорожно-строительных организаций.

Безусловно, САУ ДСМ не является полностью автономным решением, исключаяющим какое-либо внимание со стороны геодезистов. Как минимум потребность в наличии пунктов планово-высотного обоснования объекта строительства никто не отменяет. Однако многих проблем можно избежать, если исключить из технологической цепочки необходимость самостоятельной подготовки подрядной организацией цифровых моделей поверхности для САУ ДСМ. Этого можно добиться только в том случае, если необходимая информация будет готовиться непосредственно проектными организациями и впоследствии передаваться исполнителю работ в цифровом виде.

Информация, необходимая для работы САУ ДСМ

Как уже отмечалось ранее, для работы любой САУ ДСМ в бортовом компьютере системы должна находиться цифровая модель поверхности того структурного слоя, который будет формироваться данным видом техники на данном этапе выполнения работ. Как правило, структурные слои описаны в соответствующей ведомости, являющейся частью проектной документации. Только теперь все эти поверхности должны быть описаны трёхмерными моделями.

Каждый производитель САУ ДСМ использует цифровые модели поверхности в своём внутреннем формате. Другими словами, чтобы загрузить модель поверхности в бортовой компьютер системы, предварительно её нужно преобразовать в собственный внутренний формат производителя. Для этой цели в комплекте с САУ ДСМ любого производителя поставляется специальное офисное программное обеспечение, позволяющее создавать собственные модели поверхности, а также конвертировать готовые цифровые модели из широко распространённых общепризнанных форматов во внутренний формат поставщика решения. В частности, такими специальными программными продуктами являются Leica iCON office, Topcon 3D Office, Trimble Business Center — HCE. На рисунке 2 показан пример модели, созданной в программе Topcon 3D Office.

Функционал каждого из перечисленных программных продуктов достаточно богат и не ограничивается только работой с цифровыми моделями для САУ ДСМ.

Требования к цифровым моделям для САУ ДСМ

Теперь представим, что проектная организация намерена подготовить цифровую модель проекта (ЦМП) строительства (реконструкции, ремонта) участка дороги в том виде, в каком она может быть использована для САУ ДСМ, причём любого производителя. Для решения этой задачи нужно определить, что из себя должна представлять ЦМП дороги с точки зрения формы и содержания.

Абсолютно все производители САУ ДСМ поддерживают работу с триангуляционными (TIN) моделями поверхности. Пример такой поверхности показан на рисунке 3.

В связи с этим видится логичным выбрать такой тип представления 3D-поверхности в качестве универсального, подходящего для использования в любой САУ на любой машине. Но для эффективной работы техники только этого требования может оказаться недостаточно.

Как показывает опыт использования САУ на различных видах работ, плотность детализации TIN-модели также имеет значение для получения качественного результата. Если речь идёт о прямолинейном участке дороги, то для формирования слоёв основания достаточно иметь TIN-модель с дли-

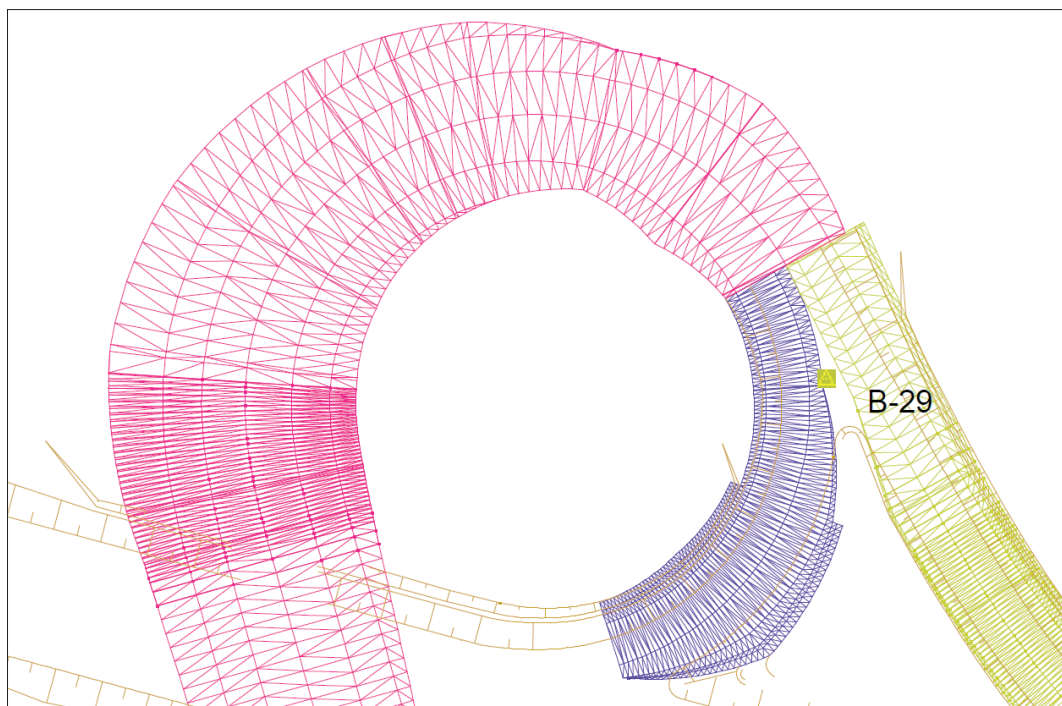


Рис. 5. Пример TIN-модели различной детализации со структурными линиями

нами рёбер треугольников в пределах 10 метров, тогда как для слоёв дорожной одежды под укладку асфальта длины рёбер треугольников уже не должны превышать 5 метров. Если рассматривать участки дорог с динамичным изменением значений продольного или поперечного уклона, потребуется гораздо более плотная TIN-модель с длинами рёбер треугольников в пределах 1–3 метров (рис. 4).

Но и это ещё не всё. Эффективность работы техники, а также удобство оперативного геодезического контроля качества работы САУ ДСМ может заметно возрасти, если на TIN-моделях будут представлены также 3D-полилинии, характеризующие различные элементы трассы (осевая линия, левая и правая бровка, откосы, кюветы и т.д.). Если мы говорим о максимально возможной автоматизации процесса дорожного строительства, то наличие TIN-моделей откосов также является необходимым условием. Пример такой модели показан на рисунке 5.

Это то, что касается содержания. Теперь о форме (или формате) представления данных. С точки зрения импорта файлов сторонних производителей все три перечисленные программы поддерживают форматы AutoCAD DWG/DXF и LandXML — вот и ответ на вопрос касательно рекон-

струируемых форматов представления данных.

Заключение

Приведённая выше информация не претендует на статус финальных рекомендаций. Она скорее должна рассматриваться в качестве отправной точки для более детального и всестороннего обсуждения. Но вот что очень важно отметить. При внедрении такого подхода речь не идёт просто об облегчении жизни подрядных организаций (теперь не надо самим готовить модели поверхности, всю нужную информацию мы получаем от проектных организаций). Последствия от введения такой практики носят гораздо более глубокий характер — это шаг в направлении реализации концепции информационного моделирования дорог на протяжении всех этапов их жизненного цикла. При таком подходе исключается разрыв между проектом в том виде, в каком он задумывался изначально, и его конкретным воплощением в жизнь в результате строительства. Но это ещё не конец цепочки, поскольку далее информационная модель готового сооружения должна передаваться эксплуатирующей организации для эффективного содержания и управления объектом инфраструктуры. На выходе — повышение качества проектной документации и сокра-

щение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог, а также совершенствование системы управления состоянием сети автомобильных дорог и повышение эффективности капитальных вложений. Конечно, для реализации такой концепции требуется проделать большой объём работы, включающий согласование обменных форматов, подготовку и утверждение регламентов и нормативных документов, поэтапное внедрение новых подходов в производственную практику. Но дорогу осилит только идущий. ■

Литература:

1. Кулижников А.М., Ануфриев А.А., Колесников И.П. Нормативная база для САУ 3D // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 37–42.
2. Райкова Л.С., Петренко Д.А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 81–85.
3. Букреев И.А., Жданов А.В. Взгляд изнутри // Строительная техника и технологии. 2011. №8. С. 78–81.
4. Гулин В.Н. Цифровой проект — основа для эффективного выполнения дорожно-строительных работ // Дорожная держава. 2010. №25. С. 15–16.