

Научная статья

УДК 69:625.711.1:004.9

EDN PWCUAL

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0600-2-113-119>

**Использование цифровой математической модели
при выносе проекта строительства автомагистрали
с учетом требований природообустройства территории**

Наталья Александровна Пархоменко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина
Омская область, Омск, Россия, na.parkhomenko@omgau.org

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа работы 3D-систем автоматизированного управления специализированной строительной техники. Особое внимание уделяется созданию цифровой TIN модели дороги. Рассматриваются подготовительные и производственные работы, а также преимущества и недостатки использования оборудования с учетом требований природообустройства территории.

Ключевые слова: инженерные изыскания, 3D-модели, 3D-оборудование, грейдер, геодезические работы, плановые и высотные координаты

Для цитирования: Пархоменко Н. А. Использование цифровой математической модели при выносе проекта строительства автомагистрали с учетом требований природообустройства территории // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 113–119.

Original article

**The use of a digital mathematical model in carrying out
a highway construction project, taking into account the requirements
of the environmental management of the territory**

Natalia A. Parkhomenko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin
Omsk region, Omsk, Russia, na.parkhomenko@omgau.org

Abstract. The article presents the results of an analysis of the operation of 3D automated control systems for specialized construction equipment. Special attention is paid to the creation of a digital TIN model of the road. Preparatory and production

work is considered, as well as the advantages and disadvantages of using the equipment, taking into account the requirements of the environmental management of the territory.

Keywords: engineering surveys, 3D models, 3D equipment, grader, geodetic work, planned and altitude coordinates

For citation: Parkhomenko N. A. The use of a digital mathematical model in carrying out a highway construction project, taking into account the requirements of the environmental management of the territory. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 113–119), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Строительство автомагистрали – сложный процесс, который требует много времени и значительных финансовых затрат. Проект должен вписаться в ГЕО-систему района с минимальным нанесением ущерба для земельных, водных ресурсов и природообустройства в целом. Из всех возможных вариантов проекта выбирается наиболее оптимальный, с максимальным показателем экономической эффективности и с учетом экологической безопасности, социальных интересов населения близлежащих районов месторасположения проектируемой трассы.

Для учета элементов природообустройства территории проводят комплексные инженерные изыскания автономными изыскательскими организациями и субподрядчиками во главе с главным инженером и изыскателем. Специфика современных изысканий заключается в том, что в условиях ограниченного времени проектная организация на стадии проекта начинает работу параллельно с изыскателями, информация собирается в единой цифровой базе с применением искусственного интеллекта и может меняться, реагируя на постоянно вносимые заказчиком коррективы, которые неизбежны.

Сегодня 3D-технологии активно внедряются в процесс строительства, предлагая существенные преимущества по сравнению с обычными методами работы. К ним, несомненно, можно отнести информационное моделирование или BIM (Building Information Modeling).

Начинается процесс информационного моделирования создания 3D-модели объекта или цифровой математической модели (ЦММ) с подготовки исходных данных на основе цифровой проектной документации, извлекаемой из единой цифровой базы. Для создания подобных моделей можно использовать разнообразное программное обеспечение.

Современное строительство или вынос проекта автомобильной дороги в натуру выполняется с применением сложной дорожной техники с бортовым компьютером и ГНСС-приемником, встроенными инерциальными датчиками вертикального, горизонтального и продольного углов наклона отвала грейдера. Необходимая информация подается на дисплей бортового компьютера и машинист выполняет указанные действия. Цель геодезической службы – создание цифровой модели под систему автогрейдера и его настройка для непрерывной работы и контроля.

Для разработки ЦММ была использована САПР AutoCAD с установленным дополнением «Меню ГЕО». Плановые и высотные координаты проектных точек загружаются в программу и она сама строит поверхность, создавая триангуляционную модель в виде сети TIN. После ее корректировки подбирается наиболее оптимальный вариант расположения объекта, то есть создается псевдоповерхность.

Информационная модель обладает функциональной гибкостью и способна меняться. На данном этапе триангуляционную нерегулярную сеть TIN можно считать готовой, но возможны некоторые доработки, такие как создание дополнительной линии по бровкам проектируемой дороги, ограничивающей ширину проезжей части, а также оси с пикетами. Они позволяют обеспечивать видимость машинисту и облегчают ему работу.

Для этого созданная модель преобразовывалась в формат, поддерживаемый специализированным оборудованием, монтируемым на строительной технике. В данном случае задействовано специализированное программное

обеспечение Autodesk AutoCAD (для формата .DWG или .DXF (ПО)). На рисунке 1 представлен фрагмент участка автомобильной дороги, созданный в Autodesk AutoCAD.

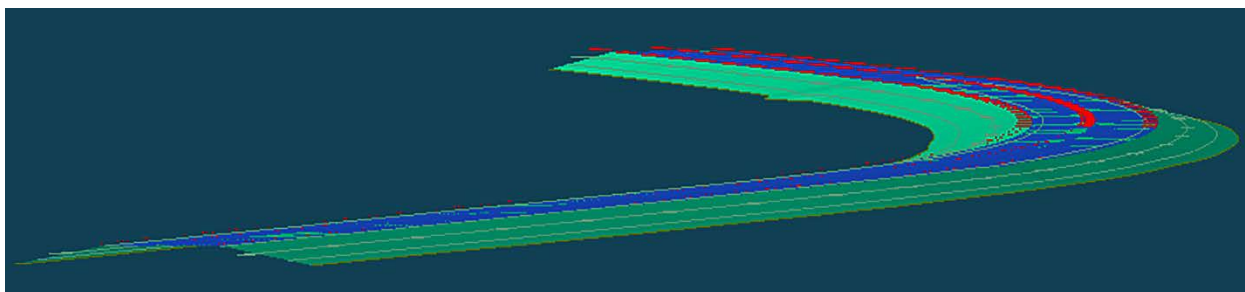


Рисунок 1 – Пример 3D модели участка автодороги в формате DXF

Техника с 3D-системой – это спецтехника, на которой установлены ГНСС-приемник, инерциальные датчики вертикального, горизонтального и продольного углов наклона, бортового контроллера, для определения местоположения отвала грейдера (рис. 2).

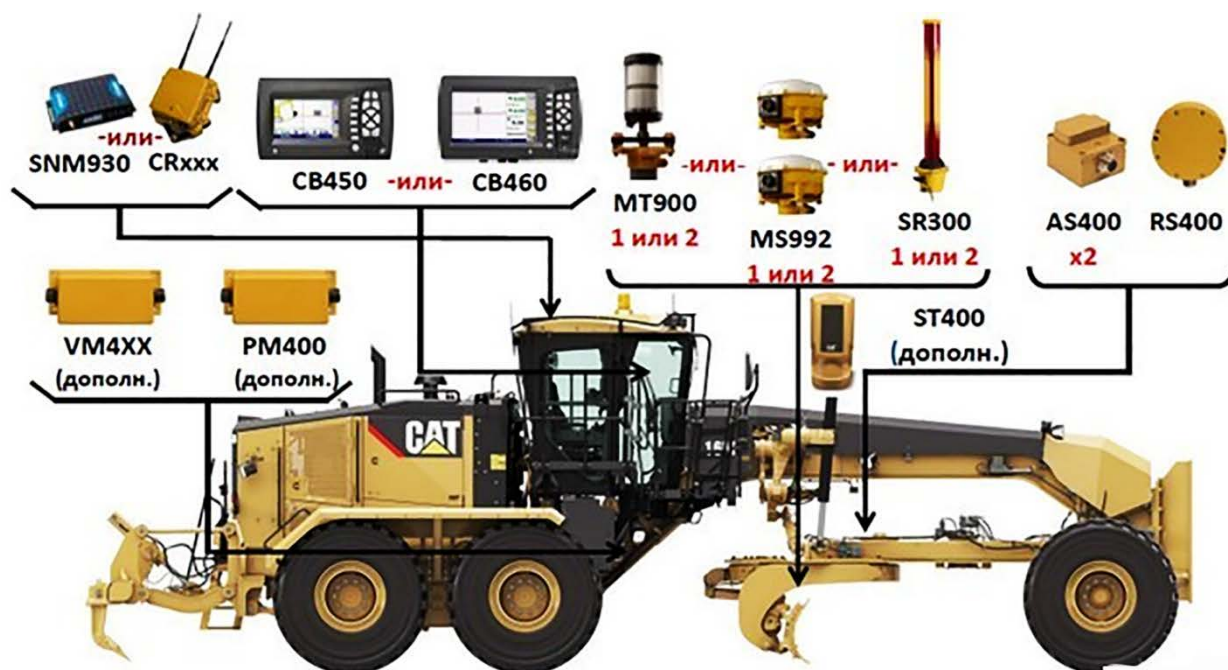


Рисунок 2 – Схема устройства 3D-системы грейдера

При первом запуске все элементы 3D-системы подвергаются калибровке при помощи тахеометра на ровной поверхности. Калибровка выполняется строго в соответствии с требованиями бортового компьютера. В последующем

выполняют контрольные поверки работоспособности системы и точность определения координат для устранения возможных сбоев из-за наличия радиопомех от проезжающей техники на участке выполнения работ.

Геодезическое сопровождение требует установку постоянно действующей базовой станции с усилителем сигнала на все время проведения работ на участке строительства. В идеальном случае радиус действия базовой станции должен покрывать весь объект для обеспечения работы всей спецтехники с 3D-системами и геодезических приборов в единой сети, то есть все приборы получают одинаковые поправки и работают синхронно. В результате исчезают погрешности за счет получения разных поправок разными приборами, упрощается контролирование работоспособности оборудования.

Начальный этап при возведении насыпи требует от геодезиста полного сопровождения выноса проектной поверхности и периодического контроля на соответствие проектным значениям. В случае отсутствия сигнала на разбивочные колышки выносят плановые и высотные координаты; создаваемая поверхность ограничивает машинисту выезд за пределы поверхности, что не позволяет нарушать проектную конструкцию. Граница предельной поверхности отражается на дисплее и машинист самостоятельно проверяет правильность полученных координат, автоматически контролирует высоту отвала, которая не должна превышать 2 см. Контролировать высоту откоса можно и одним приемником, координаты которого вычисляются с помощью интегральной системы. Выявление подобной погрешности происходит при сравнении значений координат, определяемых приемником, расположенным на строительной технике (рис. 3), и геодезистом с использованием GPS-оборудования. При значительных погрешностях (более 2 см) поправку вводят в бортовой компьютер, тем самым корректируя координаты краев отвала. Пример получаемых координат оборудованием грейдера приведен на рисунке 4.

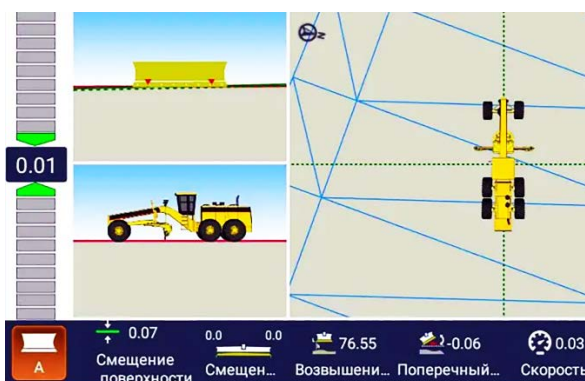


Рисунок 3 – Экран бортового компьютера грейдера

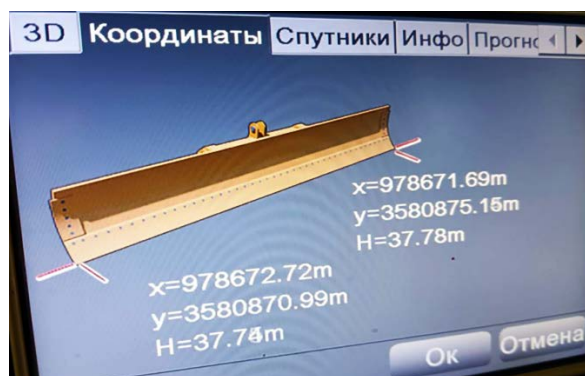


Рисунок 4 – Экран координат краев отвала грейдера

По результатам исполнительной съемки создается цифровая информационная модель, которую сравнивают с фактической первичной моделью, что позволяет получить полный аналитический отчет о точности произведенных работ. Так как оператор грейдера использовал проектную модель и определял координаты в режиме реального времени (RTK), то ожидаемая погрешность возведенной насыпи должна быть в пределах 2–5 см.

Анализ ЦММ показал, что точность выполненных работ по отсыпке слоя дорожной одежды не выходит за пределы допустимых погрешностей по высоте (плюс 4 см и минус 2 см) и соответствует заданному уклону 20 ‰ с погрешностью 3 ‰ на всей протяженности строительства автомагистрали. При этом разбивка на пикетные точки не производилась, техника в автоматическом режиме по созданной 3D-модели выполнила все необходимые работы, что является объективным показателем выбора наиболее оптимального варианта решения задачи по выносу проекта автомобильной трассы на местность с достаточными показателями экономической эффективности и с учетом экологической безопасности.

Кроме того, уменьшается объем разбивочных работ, так как машинист видит на модели местоположение и отклонения по высоте рабочей части движущейся техники. В этой связи пропадает необходимость в частой разбивке пикетных точек на участке работ.

Заключение. Внедрение информационного моделирования в строительстве является перспективным направлением, с помощью которого можно добиться качественного выполнения проектных решений, уменьшить количество расходов, сократить сроки строительства автомобильных дорог, не нарушая основных требований природообустройства при функционировании природных систем территории.

© Пархоменко Н. А., 2025

Статья поступила в редакцию 03.04.2025; одобрена после рецензирования 05.05.2025; принята к публикации 03.06.2025.

The article was submitted 03.04.2025; approved after reviewing 05.05.2025; accepted for publication 03.06.2025.