

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ КРЕДО ДОРОГИ

Шишко Н.И., Мордас М.С.

Белорусский национальный технический университет
ad_ftk@bntu.by

***Аннотация:** Рассмотрены актуальные возможности и перспективные направления в создании концептуальных вариантов проектирования транспортных объектов с применением технологий информационного моделирования на базе отечественного программного обеспечения – системы автоматизированного проектирования КРЕДО ДОРОГИ.*

***Ключевые слова:** концептуальное проектирование, технологии информационного моделирования, проектное решение.*

Этап планирования проектной деятельности с целью участия в тендерах на проектирование объектов транспортной инфраструктуры может потребовать высоко производительных ресурсов для создания многовариантных решений за относительно короткий промежуток времени, а также обеспечение обоснованного уровня детализации разрабатываемых решений и высокого уровня визуализации представляемых вариантов.

На этапе предпроектных решений, когда в основу материалов изысканий, на которые буду опираться начальные концептуальные решения, могут быть положены данные открытых геоинформационных источников, важно иметь действенные инструменты для проектирования основной геометрии будущих объектов.

Вариантное проектирование участков автомобильных дорог любой технической категории в системе КРЕДО ДОРОГИ [1] может быть выполнено с использованием команд эскизного проектирования плановой геометрии объекта, где основными техническими параметрами являются: радиус псевдо-прямой,

кратность радиуса, минимальная длина кривой и минимальный угол поворота. Указанные параметры влияют на геометрию сплайнов Безье [2], вписываемых в план трассы проектируемого участка дороги, затем полученную геометрию можно уточнить при редактировании образованного тангенциального хода. Проектирование плана трассы с помощью сплайнов помогает максимально быстро обойти имеющиеся препятствия для трассирования, выполнить все ограничения по положению трассы относительно коммуникаций или линий перспективной застройки, а также получить плавное очертание трассы с учетом принципов ландшафтного проектирования.

Сплайн Безье – это кривая, определяемая четырьмя точками: две из них – это начальные и конечные точки и две другие – это контрольные точки. Кривая начинается с начальной точки и заканчивается на точке конечной, через контрольные точки кривая не проходит, но контрольные точки участвуют в формировании криволинейного очертания кривой. Изначально сплайны подобного характера были разработаны для применения в автомобильной промышленности в 60-х годах XX века двумя независимыми друг от друга математиками, но на сегодняшний день данные виды кривых нашли широкое применение во многих сферах проектирования и моделирования формы различных объектов.

Применение шаблонов различных типов для проектируемых объектов широко распространено в системе КРЕДО ДОРОГИ. Использование поставочных шаблонов для технических категорий дорог, параметров автобусных остановок и съездов (проектирование планового положения простых, канализированных и соединительных съездов) помогают в кратчайшие сроки применить для проектируемой трассы параметры поперечного профиля, параметры геометрии элементов плана с возможностью настройки автоматизированного контроля нормативных параметров (радиус в плане, длина переходных кривых, радиус на малых углах поворота). Также в шаблонах для категории автомобильной дороги содержатся контролируемые параметры для проектного профиля: максимальный продольный уклон, минимальные радиусы вертикальных кривых, минимальные длины вертикальных кривых, параметры переломов прямых и криволинейных элементов продольного профиля.

На этапе эскизного проектирования определение положения трассы в продольном профиле также может быть выполнено в сжатые сроки с последующей детальной проработкой. Для этих задач в системе КРЕДО ДОРОГИ существуют методы оптимизации проектной линии с помощью сплайнов: Экспресс-Оптимизация и Сплайн-Оптимизация. Экспресс-Оптимизация с применением сплайнов гладкостью G1, обеспечивающих непрерывную цепочку коротких отрезков прямых и параболических кривых с общей касательной в точках стыковки, может быть с успехом использована на этапе определения оптимального положения проектного профиля, для выяснения возможности выдержать параметры контрольных точек и предъявляемых геометрических ограничений. Для концептуального проектирования данный метод также предварительно дает возможность определения объемов работ и анализа возможных путей оптимизации проектных решений. Однако, математическая особенность сплайнов гладкостью G1 – скачкообразный характер кривизны составляющих его сегментов, ограничивает их последующее применение для использования в качестве конечного варианта проектного профиля.

Метод Сплайн-Оптимизации в системе КРЕДО ДОРОГИ базируется на использовании геометрии проектной линии в виде непрерывной цепочки G2-гладкосопряженных V_Spline, которые представляют собой плоскую параметрическую бикубическую G2-гладкую кривую, которая при заданных отметках, уклонах и кривизне в ограничивающих ее точках позволяет оптимизировать закономерность кривизны и координат по критерию близости к множеству заданных точек с учетом ограничений (максимальные абсолютные значения положительной и отрицательной кривизны; максимальные абсолютные значения уклонов касательных; максимальные абсолютные значения отклонений от эскизной линии; минимальные значения плавности). В этом случае гладкость G2 подразумевает общие касательные и одинаковые радиусы кривизны в точках стыковки сопрягаемых элементов, что обеспечивает оптимальное положение проектной линии с учетом обеспечения необходимого баланса земляных работ, водно-теплового режима проектируемого земляного полотна, плавности движения и высоких безопасных скоростей комфортного движения.

При назначении параметров земляного полотна, для этапа предпроектных решений широко используются заданные в шаблонах категорий дорог стили откосов насыпей и выемок, которые содержат типовые решения для проектирования откосов земляного полотна, параметров продольного водоотвода (кюветов).

В системе КРЕДО ДОРОГИ с реализацией нового типа проекта – «Дорога», появилась возможность применения типовых проектных решений по водоотводу с проезжей части дороги в виде системы открытого водоотвода: продольных водосбросных лотков и поперечных водосборов.

Также концептуальные решения по мостовым сооружениям доступны при работе с новым типом проекта «Дорога». Для работы с мостами и путепроводами на стадии первых оценочных решений предусмотрены отдельные стили объекта, которые доступны для редактирования через редактор тематического классификатора. При работе с функционалом команды *Мосты и путепроводы* доступно моделирование как линейного комплексного объекта, так и моделирование опор (точечных объектов), пролетных строений и переходных плит для сопряжения мостовых сооружений с конусами подходов. Привязка мостового сооружения производится путем согласования пикетного положения, а также с помощью функционала работы в 3D-модели по длине мостового сооружения не рассчитываются объемы работ по устройству дорожной одежды и земляного полотна по всей ширине поперечника.

Для расчета объемов работ, создания цифровой модели проекта и 3D-модели в список характерных точек по дороге добавляются начало и конец пролетных строений и переходных плит, а также границы земляных работ на сопряжении с мостовым сооружением.

Автоматизированный расчет объемов работ на основе созданной трехмерной модели объекта возможен с разным уровнем детализации. Концептуальное проектирование подразумевает оценочное сравнение как можно больше числа вариантов по итоговым укрупненным показателям, что дает четкое представление выбора оптимального решения и назначение его для детального проектирования.

Создание цифровой модели участка дороги или проектируемого транспортного сооружения осуществляется после передачи данных из профилей в план, после чего в проекте сформирована полноценная

цифровая модель объекта. Одним из заключительных этапов концептуального проектирования может быть создание информационной модели проектируемого объекта экспорт её в формат Industry Foundation Classes (IFC) [3]. Это специальный формат файла, в котором содержится информация об используемой в проекте информации, позволяющей иметь полное представление об объекте. Формат файлов IFC является открытым и может быть считан любой программой САПР, которая имеет соответствующий функционал.

Информационная модель по трассе автомобильной дороги строится по всем конструктивным элементам проектного поперечника в расчетных точках, которые определены для создания цифровой модели проекта и хранятся в профиле трассы.

Литература

1. КРЕДО ДОРОГИ программа по проектированию автомобильных дорог в условиях нового строительства, реконструкции и ремонта с реализацией концепции информационного моделирования (ТИМ/ВМ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : - <https://credo-dialogue.ru/tekhnologii/transport.html> – Дата доступа : 20.09.2023г.
2. <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/gdiplus/-gdiplus-bezier-splines-about>. [Электронный ресурс]. – Дата доступа : 20.09.2023г.
3. <https://1-bim.ru/> о-формате-ifc. [Электронный ресурс]. – Дата доступа : 20.09.2023г.