

УДК 625.721.2

**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЫБОРА
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Волков Владимир Павлович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Тарасеева Нелли Ивановна,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное
строительство».*

Осипова Татьяна Викторовна,

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А,
г. Саратов,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортное строительство».

Якашина Анна Владимировна,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

студент.

Аннотация

Специфика мостостроения обусловлена не только сложностью конструктивных узлов и элементов, но и методов расчета, которые отличаются от промышленного и гражданского строительства. Выбор программного обеспечения позволит выбрать оптимальную модель транспортного сооружения и выполнить более качественное проектирование. В данной работе представлены результаты обзорно-аналитических исследований отечественных и зарубежных программных комплексов.

Ключевые слова: моделирование, программное обеспечение, транспортные сооружения, мосты, конструктивные элементы, конечно-элементное ядро, предельные состояния.

FEATURES OF MODELING AND SELECTION OF SOFTWARE FOR DESIGNING TRANSPORT STRUCTURES

Volkov Vladimir Pavlovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Taraseeva Nelli Ivanovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Geotechnics and road construction”.

Osipova Tatyana Viktorovna,

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Construction

Yakashina Olga Vladimirovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

student.

Abstract

The specific nature of bridge construction stems not only from the complexity of structural assemblies and components, but also from calculation methods that differ from those in industrial and civil engineering. Selecting the right software will allow you to select the optimal model for a transport structure and produce a higher-quality design. This paper presents the results of a review and analytical study of domestic and international software packages.

Keywords: modeling, software, transport structures, bridges, structural components, finite element kernel, limit states.

Моделирование искусственных сооружений на предпроектной стадии позволяет учесть особенности линейного объекта, т.е. автомобильной дороги с входящими в ее состав транспортными сооружениями и участками примыканий [1]. Ось подобного сооружения может иметь большую протяженность и сложную геометрию, состоять из участков, расположенных на прямых и круговых кривых в плане и профиле (рис. 1). Интеграция мостовых переходов в структуру автомобильной или железной дороги является достаточно сложной задачей, поскольку линейные транспортные объекты могут иметь различные пересечения, уширения и примыкания к другим линейным объектам.

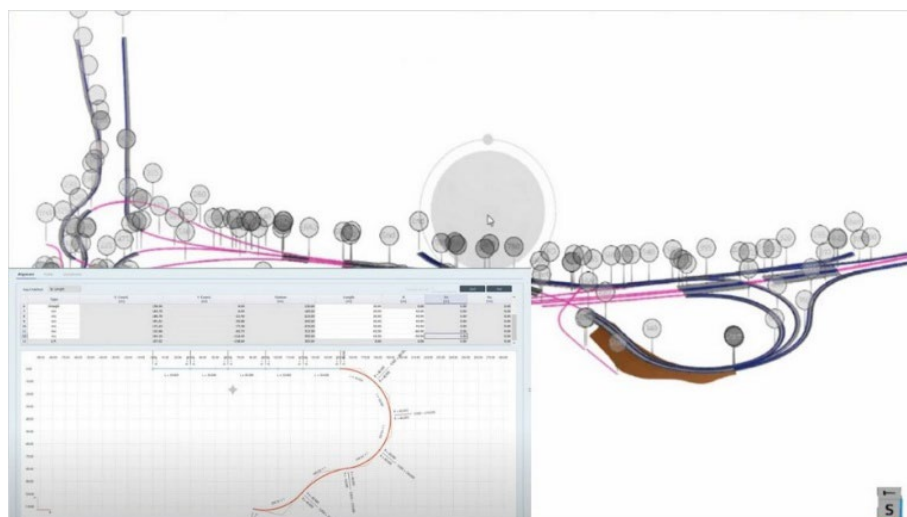


Рисунок 1 – Пример задания осей искусственных сооружений при проектировании транспортной развязки

Установлено, что особенности моделирования являются следствием сложной геометрии сооружения, поскольку связаны с необходимостью задания корреляции между положением основных конструктивных и несущих элементов и планово-высотным положением оси, что не реализовано в большинстве существующих решений для BIM-моделирования. В частности, мостовое полотно, пролетное строение, ограждающие конструкции нужно привязывать непосредственно к оси сооружения.

Линейные объекты транспортной инфраструктуры отличаются значительными параметрами длины проложения трассы, что диктует необходимость принимать

конструктивные решения с учетом изменяющихся условий рельефа, геологии и гидрогеологии. Поэтому на начальной стадии важное значение имеет моделирование грунтовых элементов (выемки, насыпи, котлована), однако, в большинстве программных комплексов общестроительного назначения подобная функция либо отсутствует, либо функционально ограничена.

Также можно сказать, что специфика проектирования транспортных сооружений требует соответствующего функционала по созданию и параметризации конструктивных элементов с привязкой к криволинейной оси трассы (рис. 2)

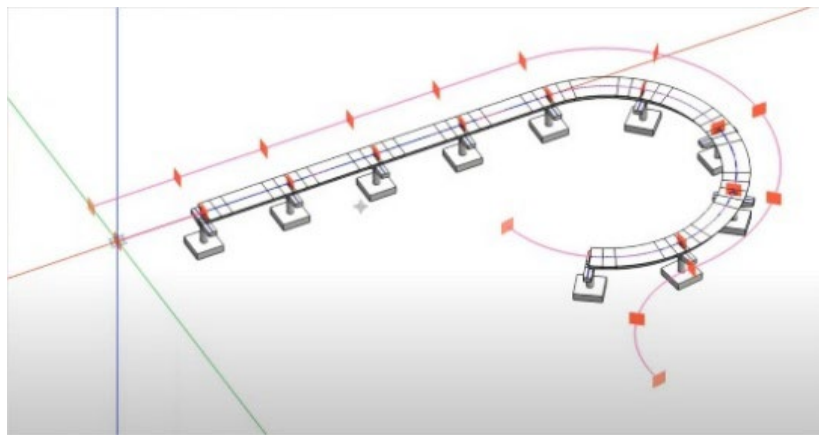


Рисунок 2 – Пример привязки сооружения к криволинейной оси трассы

Обзорно-аналитические исследования программных комплексов для проектирования мостов показывают, что современное проектирование сложных инженерных сооружений, к которым безусловно относятся мосты, претерпело радикальные изменения с приходом концепции информационного моделирования (Building Information Modeling, BIM). BIM трансформирует традиционный линейный процесс («эскиз – расчет – чертеж») в управляемый жизненный цикл цифрового двойника объекта [2]. Установлено, что, учитывая специфику проектно-конструкторской деятельности в области мостостроения, это предъявляет к специализированному программному обеспечению (ПО) ряд комплексных требований, выходящих за рамки простого расчета на прочность [3, 4].

Анализ ключевых задач позволил сгруппировать требования по следующим направлениям:

- *возможность создания интеллектуальной 3D-модели, в которой основные элементы (балка, плита, опора, фундамент) характеризуются определёнными геометрическими и семантическими параметрами, при чём изменение одного из них (высота балки, радиус закругления продольного профиля) должно автоматически вносить изменения в связанную геометрию и смежные элементы;*

- *интеграция с данными изысканий и смежных дисциплин, т.е. обеспечивать бесшовный импорт геодезических и геологических данных, а также обмен проектными данными между различными САПР-пакетами и взаимодействие с моделями дорог, коммуникаций, что важно для корректного размещения сооружения в пространстве;*

- *сбор нагрузок и автоматизация инженерного анализа, т.е. современное ПО должно не только реализовать мощное конечно-элементное ядро, но и максимально автоматизировать самые простые операции и типовые процессы, такие как назначение постоянных нагрузок по заданным материалам изысканий, автоматический сбор и комбинирование временных нагрузок (ветровых, снеговых, специальных, транспортных, пешеходных) в строгом соответствии с действующими на территории России нормативными документами, поскольку поддержка нелинейных, динамических, сейсмических, а также расчетов на устойчивость является базовой для объектов мостовых сооружений;*

- *верификация результатов и интеллектуальное проектирование необходимы, поскольку система должна предоставлять средства, обеспечивающие визуализацию и анализ (эпюры, диаграммы, модели), включая инструменты для проверки предельных состояний по нормам; применение на этом этапе элементов искусственного интеллекта для оптимизации расчетных схем и сечений является актуальным и рациональным / перспективным;*

- *автоматизированная генерация итоговой / отчетной документации, т.е. конечной целью является в том числе выпуск проектной документации, которая*

должна быть получена в результате параметрической связи, где графическая часть и отчет являются «видом» на модель, который способен обновляться при ее изменении;

- *экономическая и операционная эффективность* включает рациональную модель лицензирования, оптимально оправданную стоимость владения, интуитивный интерфейс, понятный для новых пользователей и техническую поддержку на родном языке.

На основе этих требований выполнен дальнейший сравнительный анализ.

SCAD Office

Комплекс SCAD Office широко распространен в России и странах СНГ как переходное решение и долгое время занимал значительную долю рынка и и благодаря хорошему соотношению цена/качество. Рассматривая функциональные особенности, следует отметить, что формирование расчетной схемы или ее части может быть выполнено как в самом пространстве SCAD (рис. 3), так и на основе информации, импортируемой форматах dxf и dwg системы AutoCAD [4]. По мнению проектировщиков «изжил себя».

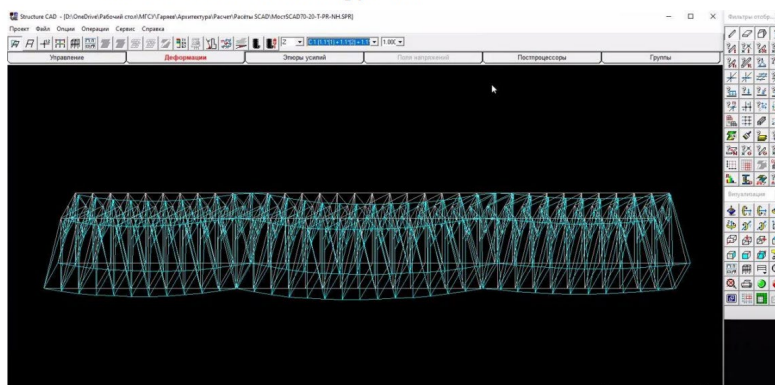


Рисунок 3 – Модель пролетного строения с решетчатыми главными фермами в SCAD Office

Программный комплекс (ПК) «ЛИРА»

Обзорно-аналитические исследования опыта проектирования транспортных сооружений показали, что наиболее удобным и профессиональным для проектирования и расчета является программный

комплекс «ЛИРА», который использует метод конечных элементов (МКЭ) для анализа прочности, устойчивости, динамики, а также взаимодействия с ВМ-системами; специализируется на основных статических схемах балочных, арочных, вантовых и висячих мостов, позволяя моделировать действие подвижных нагрузок, генерировать поверхности влияния и составлять вариации сочетаний расчетных нагрузок. Модели мостов можно создавать конечными элементами сразу в LIRA-FEM, с помощью модуля Генератор, а также выполнять расчет мостовых сооружений (рис. 4).

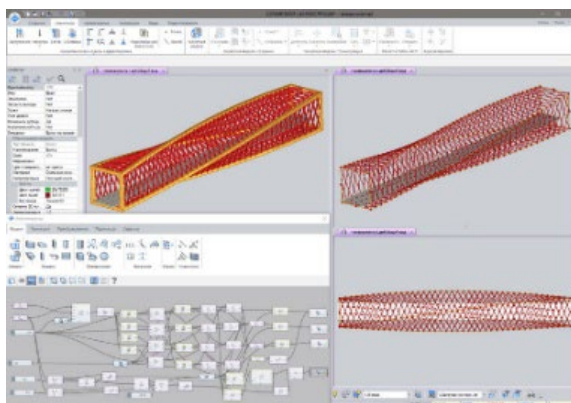


Рисунок 4 – Расчётная модель моста в LIRA-CAD (САПФИР)

Midas Civil

По результатам анализа специализированных программных комплексов установлено применение в России также и зарубежных ПК, например, с 2003 года широкое распространение и признание получил многофункциональный конечно-элементный комплекс MIDAS Civil (Корея). Эта программа даёт возможность создавать единую информационную 3D-модель для последующего использования при выполнении расчётов конструкций и проектировании мостов, оформление документации (рис. 5).

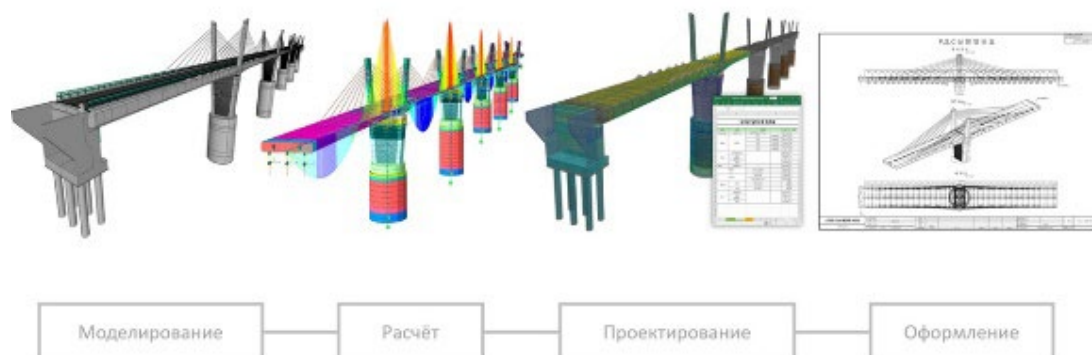


Рисунок 5 – Процессы использования платформы midas CIM

Способы создания модели моста в Midas Civil:

1 этап – в пространстве программы разделяют задачи моделирования конструкции со сложной геометрической конфигурацией, комбинируя несколько подмоделей, в которых геометрические формы (объемные, осесимметричные, типовые элементы и узлы, фермы, плиты, и т. д) создают окончательную расчетную модель (рис. 6);

2 этап – при использовании встроенных мастеров создают различные типы мостов (балочные, арочные, висячие, предварительно-напряженные и т. д.) (рис. 17);

3 этап – происходит импорт модели из AutoCAD в формате dxf [3, 4].

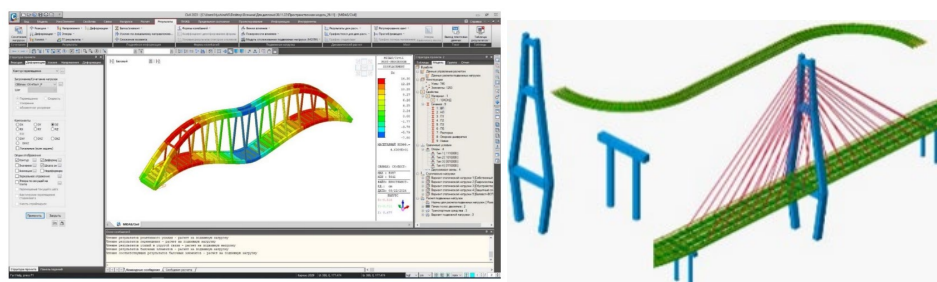


Рисунок 6 – Модель арочного пролетного строения в Midas Civil ([8])

Выводы

Широкий спектр программных комплексов решает множество задач, однако, описанная в данной работе специфика мостостроения требует особого подхода к моделированию и проектированию этих уникальных сооружений [5, 6]. Следовательно, современный программный комплекс для мостостроения

должен выполнять не только функции простого «калькулятора», но являться интегрированной средой сквозного проектирования (BIM-платформой), обеспечивающей управление данными на всех этапах – от идеи до рабочей документации. Представленная в работе систематизация ключевых задач программного обеспечения позволяет выбрать из всего многообразия актуальный продукт не только для моделирования, но и проектирования с максимальной практической значимостью.

Библиографический список:

1. Газаров, А. Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства / А. Р. Газаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 136-139. – EDN DZQOPN.

2. Обзор программных комплексов для расчета и проектирования мостовых сооружений. Нюхина Н.С., Мазур Е.В., Ибрагимова А.А. Интернет-журнал «Транспортные сооружения» Russian Journal of Transport Engineering 2024, Том 11, № 2. – С. 1-30

3. Райкова, Л.С. Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений / Л.С. Райкова, М.Б. Акимов. — DOI <https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.2.12> // САПР и ГИС автомобильных дорог. - 2015. - № 2. - С. 78–85. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24289811>. EDN ULNWSZ. (дата обращения: 29.02.2024)

4. Провора, Д.А. Программные продукты для расчета мостов: преимущества и недостатки / Д.А. Провора // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ имени В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля — 20 мая 2021 года / Белгород: Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, 2021. — С. 2255–2261. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46382402>. — EDN YTTSCC. (дата обращения: 29.02.2024).

5. Осипова, Т.В. Критерии оценки технического состояния автомобильных дорог / Т.В. Осипова, М.М. Сорокин, Д.Е. Осипов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. - 2018. - № 1(27).

6. Тарасеева, Н. И. Применение нейросетевых технологий при решении задач дорожной отрасли / Н. И. Тарасеева, Д. Е. Осипов // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2023. – № 2(17). – С. 48-52. – EDN TAQBIQ.