

Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.12

Райкова Л.С., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Акимов М.Б., главный инженер проекта ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Рассматриваются основные автоматизированные системы, используемые российскими инженерами для проектирования мостовых сооружений. Проводится анализ программных продуктов, их возможностей и преимуществ, которые с их помощью может получить проектировщик.

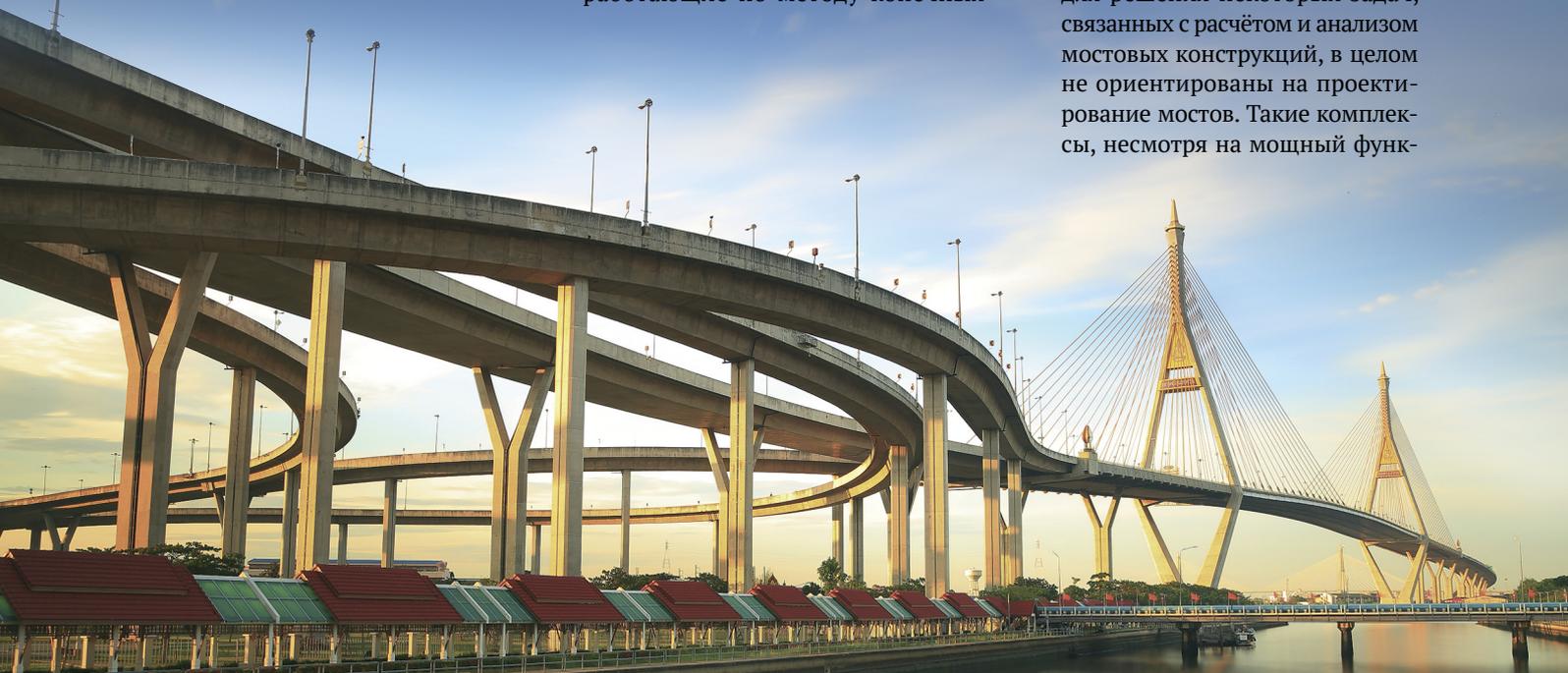
На территории Российской Федерации насчитывается более 1 миллиона мостов, из них 27 — длиной более 1,5 км [1]. Проектирование мостовых сооружений требует высокой точности расчётов и учёта множества факторов и влияний (температурных, сейсмических и пр.). К мостам предъявляются высокие требования обеспечения

надёжности и долговечности [2], ведь от этих характеристик моста напрямую зависит безопасность человека. Очевидно, что при таком положении вещей выбор инструмента для автоматизированного проектирования мостов является чрезвычайно важным.

Для проектирования и расчёта мостов могут использоваться универсальные расчётные комплексы, работающие по методу конечных

элементов (МКЭ), давно и прочно завоевавшие уважение инженеров-проектировщиков, различные САПР, ориентированные на создание объектов гражданского строительства, а также специализированные системы, предназначенные для проектирования и расчёта мостовых конструкций. На первый взгляд может показаться, что сфера применения и функции всех этих систем практически одинаковы, однако это не совсем так.

- Крупные расчётные комплексы МКЭ (ANSYS, NASTRAN, COSMOS и т.д.), хотя и могут быть полезны для решения некоторых задач, связанных с расчётом и анализом мостовых конструкций, в целом не ориентированы на проектирование мостов. Такие комплексы, несмотря на мощный функ-



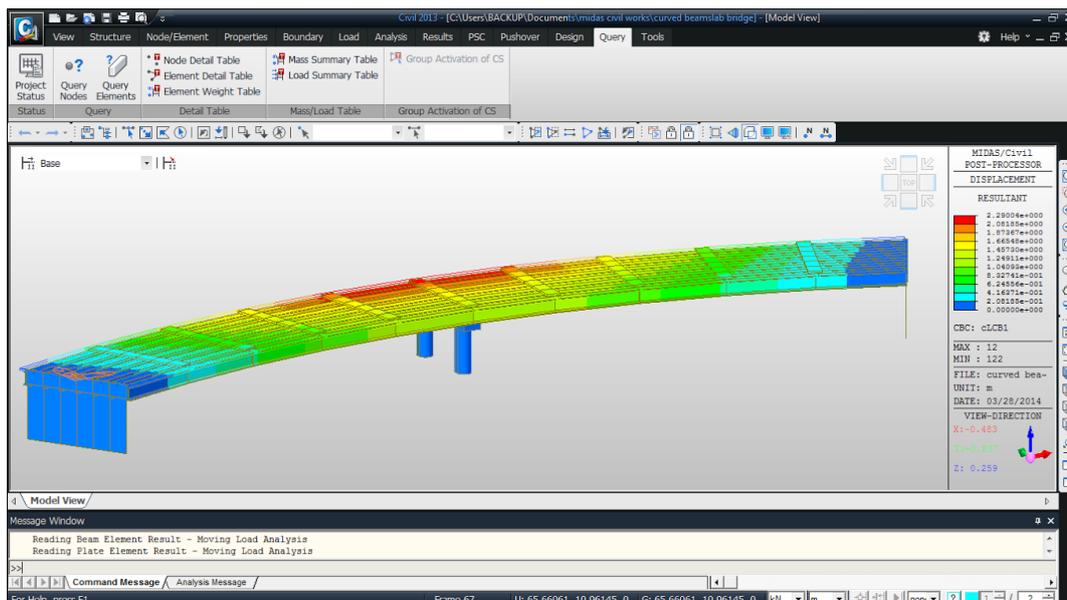


Рис. 1. Поверхности влияния в системе midas Civil 2013

ционал, не позволяют, например, строить линии влияния для расчёта на подвижные нагрузки и выполнять некоторые другие специфические расчёты [3]. Таким образом, из-за отсутствия специальных возможностей их можно рассматривать только как вспомогательные инструменты, а не как самостоятельные системы для проектирования мостов.

- САПР, предназначенные для создания объектов промышленного и гражданского строительства (Autodesk Revit, SCAD, ПК ЛИРА-САПР), по большей части ориентированы на проектирование зданий. Тем не менее, в состав многих из них входят отдельные модули

(например, модуль МОСТ комплекса ЛИРА-САПР), которые вполне успешно используются для проектирования и расчёта мостов, хотя иногда также страдают от недостатка функционала.

- Выбор систем, специально разработанных для проектирования мостов, довольно широк. Среди лидеров мирового рынка такие системы как midas CIVIL, SOFiSTiK, RM Bridge, CSiBridge, Novapoint Bridge и пр. Однако не все из них подходят для проектирования в нашей стране (преимущественно, из-за неадаптированности к отечественным нормам) и не все имеют одинаковые возможности.

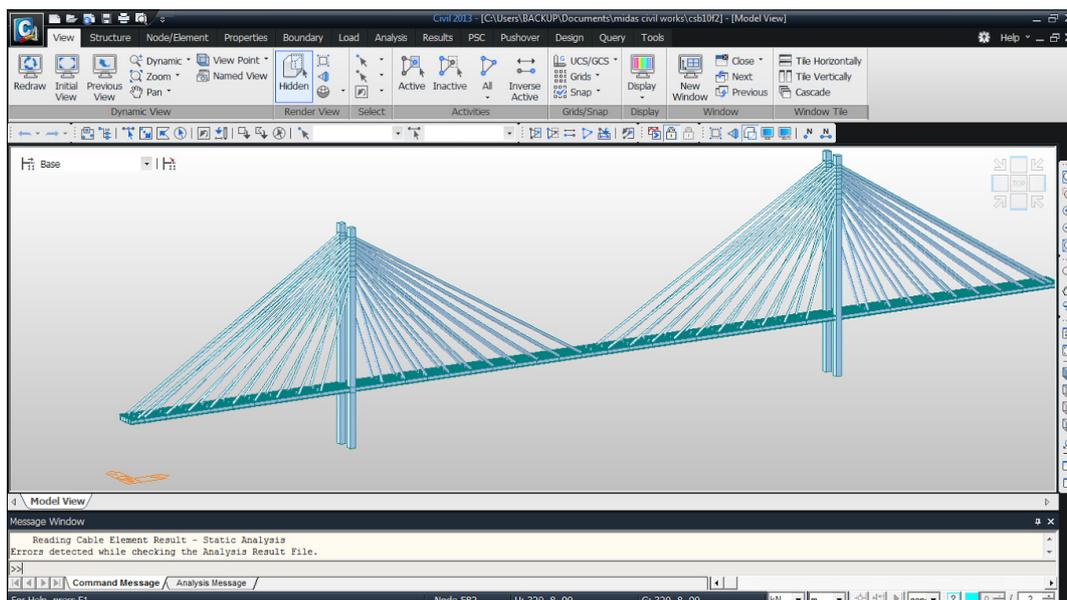


Рис. 2. Модель вантового моста в системе midas Civil 2013

В этой статье мы рассмотрим ряд программ, как специализированных, так и многопрофильных, наиболее часто используемых в России для проектирования мостов, и попробуем выяснить, чем руководствуются проектные организации, отдавая предпочтение той или иной системе.

Система midas Civil

Одним из лидеров среди программных комплексов, специализирующихся на задачах проектирования и расчёта мостов, можно назвать midas Civil (MIDAS Information Technology Co., Ltd., Южная Корея) [4]. Эта программа используется в России с 2003 года и уже успела заработать хорошую репутацию среди инженеров-мостовиков.

Главным образом пользователи отмечают интуитивно понятный и довольно «дружественный» интерфейс системы, логичную последовательность создания и расчёта конструкции моста, качественную 3D-визуализацию, позволяющую оценить конструкцию и увидеть, как она поведёт себя при тех или иных нагрузках (рис. 1).

Процесс формирования конечно-элементной расчётной модели в системе позволяют облегчить встроенные мастера для создания различных типов мостов: вантовых (рис. 2), висячих, конструкций с продольной подвижкой и пр. На каждом шаге мастера система запрашивает определённые параметры, на основании которых затем строится расчётная модель. Кроме того, имея уже готовую модель моста, созданную в AutoCAD (DWG/DXF-файл), проектировщик легко может импортировать её в систему и продолжить работу, не воссоздавая конструкцию «с нуля». Если

после импорта в исходный DWG/DXF-файл были внесены какие-либо изменения, их можно «доимпортировать» в уже существующую модель midas Civil.

Одним из наиболее важных критериев при выборе программы для проектирования и расчёта объектов гражданского строительства является возможность выполнения расчётов по российским нормам. Решение MIDAS получило сертификат соответствия СП 35.13330.2011 и СНиП 2.05.03–84 в 2012 году. С тех пор расчёты по этим нормативным документам регулярно дополняются и улучшаются, в том числе и по запросу пользователей. Задание материалов стали и бетона и задание сечений также производятся в соответствии с российскими нормами.

Система позволяет создать несколько вариантов конструкции моста, рассчитать возможное поведение конструкции при различных нагрузках и воздействиях (в том числе температурных и сейсмических), а затем выбрать наиболее подходящий вариант. Расчёты стальных и железобетонных конструкций и сегментных пролётных строений могут выполняться с учётом методов и стадий возведения. Расчёт вантовых и висячих мостов производится с учётом нелинейности и подбором оптимальных усилий натяжения в элементах, работающих только на растяжение [5].

По результатам расчётов могут быть автоматически сформированы отчёты нужных типов с необходимой информацией. Например, может быть автоматизировано создание технического отчёта для экспертизы. В отчёте даётся подробное описание по всем критериям расчёта, выводится

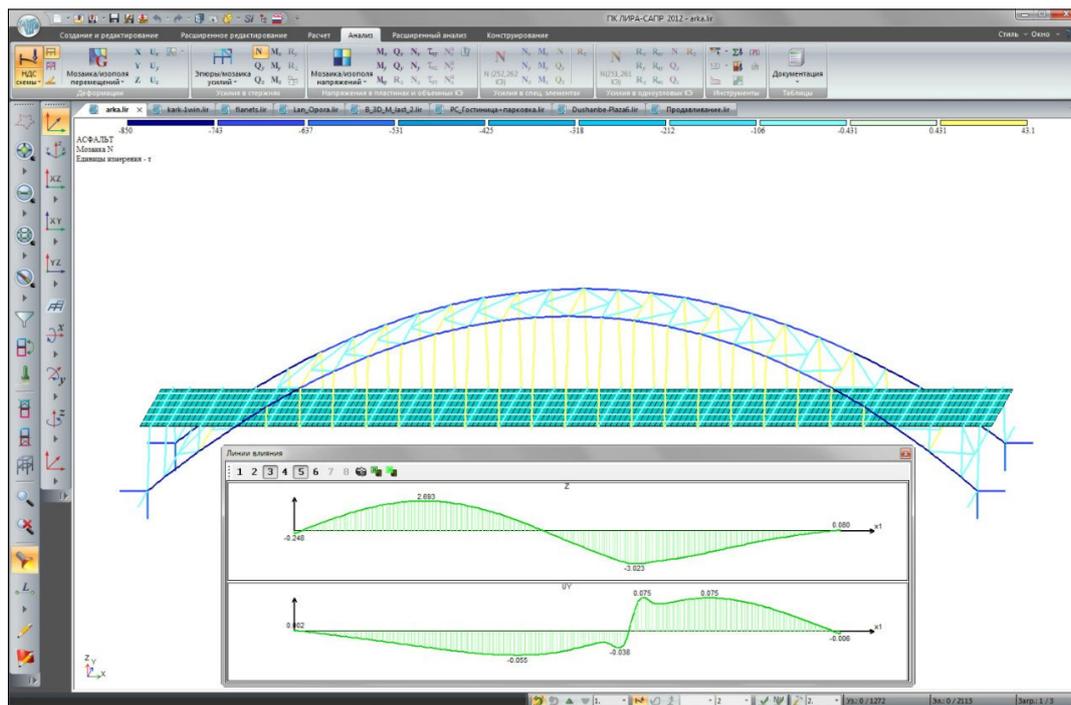
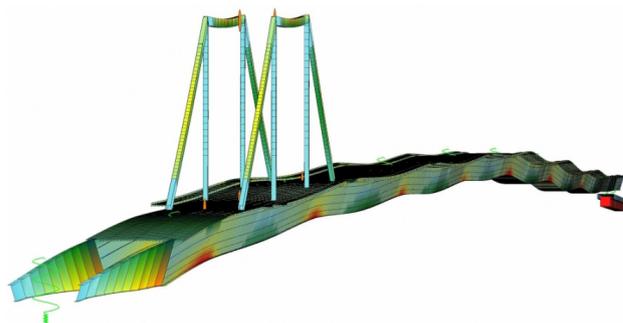


Рис. 3. Интерфейс ПК ЛИРА-САПР



Рис. 4. Расчёт продольной подвижки пролётного строения моста в SOFiSTiK



расчётная схема сечения, показывающиеся промежуточные значения, подставляемые в формулы, подводятся итоги проверок по каждому критерию и сечению.

ПК ЛИРА-САПР

Программный комплекс ЛИРА-САПР (ООО «ЛИРА-САПР», Украина) почти не уступает по популярности midas Civil — в основном благодаря адаптированности к отечественным нормам. Он состоит из нескольких интегрированных модулей, предназначенных для расчёта различных строительных конструкций, в том числе и мостов (рис. 3).

Расчёты по российским СНиП реализованы в системе достаточно полно [6], по крайней мере — для типовых конструкций. С нетиповыми могут возникнуть затруднения (например, с расчётом устойчивости и выносиво-

сти для нетиповых профилей). Однако многие пользователи отмечают, что при отсутствии какого-либо расчёта всегда можно обратиться с запросом в службу технической поддержки, и через некоторое время пожелание будет реализовано.

Сам процесс расчёта и анализа конструкции в ПК ЛИРА-САПР более сложен по сравнению с midas Civil и многим проектировщикам может показаться запутанным. В частности, неудобной может оказаться необходимость задания при расчёте не нормативных, а расчётных нагрузок, которые зачастую неизвестны на этапе проектирования.

В системе ЛИРА-САПР также возможен обмен данными со сторонними приложениями, в том числе импорт моделей из DWG/DXF-файлов. Однако, если после импорта модель была изменена, снова загрузить её в уже су-

ществующий проект моста нельзя — каждый раз при импорте модель будет создаваться заново.

При сравнении двух вышеописанных систем может показаться, что преимущество явно на стороне midas Civil. Однако, несмотря на простоту и логичность работы с этой системой и более мощный по сравнению с комплексом ЛИРА-САПР функционал, многие проектировщики по-прежнему предпочитают использовать эти продукты в паре. Система midas Civil хорошо подходит для расчёта металлических и вантовых мостов, однако, например, не позволяет проектировать армирование железобетонных конструкций — в программе не производится расчёт арматуры по российским нормам. Для этих целей как раз и используются ЛИРА-САПР либо похожая на неё в плане функциональности система SCAD (ООО НПФ «СКАД СОФТ», г. Москва). Таким образом программы удачно дополняют друг друга и позволяют проектировать надёжные мостовые конструкции, соответствующие СНиП и способные пройти экспертизу.

SOFiSTiK

Ещё одно решение, набирающее популярность среди отечественных проектировщиков, — расчётный комплекс SOFiSTiK (SOFiSTiK AG GmbH, Германия) (рис. 4). Как и предыдущие рассмотренные системы, SOFiSTiK адаптирована к российским нормам и имеет соответствующий сертификат. Эта система предназначена скорее для опытных инженеров, так как для освоения всех её функций необходим довольно высокий уровень подготовки в области теории МКЭ. Кроме того, самостоятельно освоить систему и научиться максимально полно использовать её функционал очень трудно — она включает несколько модулей, подробная документация на ко-

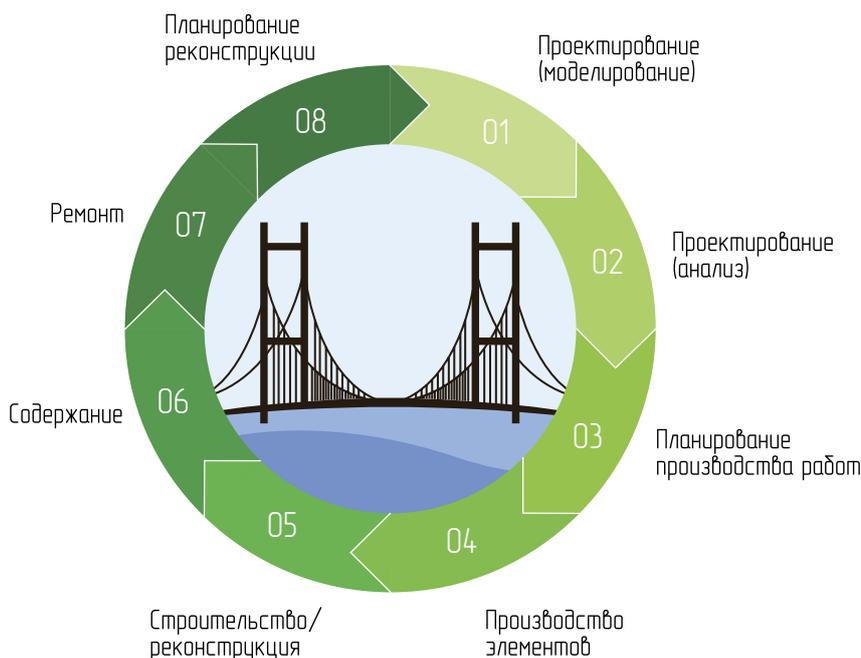


Рис. 5. Жизненный цикл моста

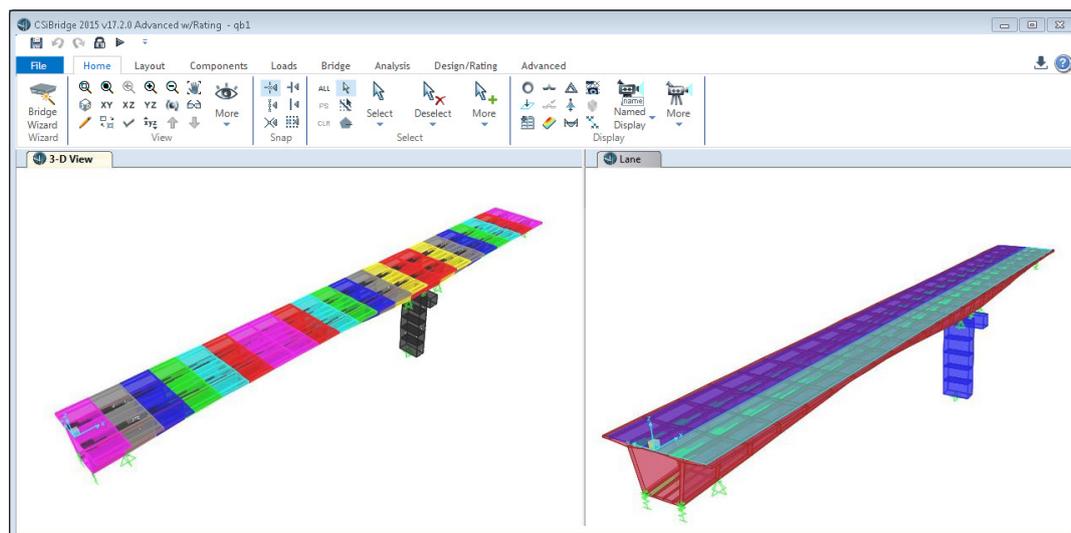


Рис. 6. Интерфейс системы CSiBridge

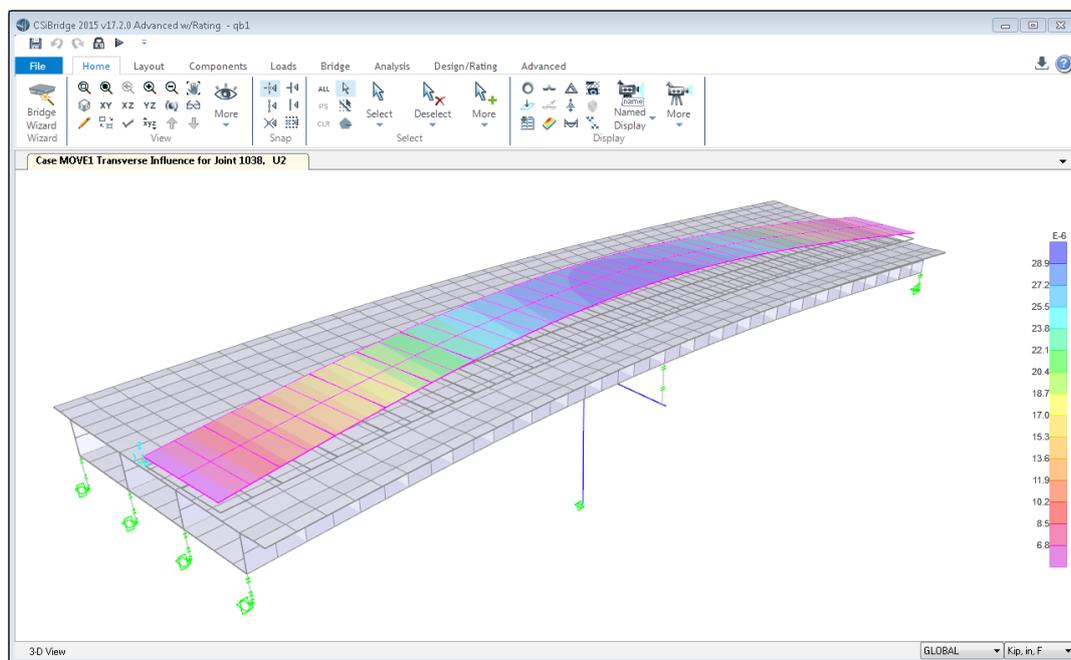


Рис. 7. Поверхности влияния для нагрузки, движущейся поперёк моста, в системе CSiBridge

торые зачастую содержит не одну сотню страниц. Поэтому специалистам, решившим начать пользоваться SOFiSTiK, не обойтись без обучающих курсов и семинаров, которые регулярно устраивают представители компании в России.

Отличительной особенностью системы можно назвать встроенный язык программирования, позволяющий самостоятельно разрабатывать отдельные модули для расчёта нетиповых конструкций [7]. Это позволяет адаптировать систему под требования пользователя для каждого конкретного проекта и открывает широкие возможности по проектированию сложных и уникальных конструкций [8] при условии глубокого погружения в систему и хорошей теоретической подготовки.

Тем не менее, подход, подразумевающий написание собственных расчётных модулей, скорее близок программистам и зачастую вызывает у инженеров некоторое недоверие. Поэтому система SOFiSTiK также довольно часто используется в тандеме с другими программными продуктами (система midas Civil, ЛИРА-САПР и пр.). Как правило, её применяют для расчёта действительно сложных конструкций, предпочитая в остальных случаях использовать более простые в работе программы.

RM Bridge

Компания Bentley, известная своими передовыми разработками в области САПР и ГИС, также представила на российский рынок решение

для проектирования мостовых конструкций — RM Bridge. Это семейство интегрированных приложений, позволяющее решать задачи проектирования и анализа в рамках непрерывного жизненного цикла моста [9].

При использовании программного комплекса от Bentley специалисты проектных организаций работают с единой согласованной моделью, которая разрабатывается, актуализируется и дополняется на каждом этапе жизненного цикла (рис. 5).

Отличительной особенностью системы можно назвать сквозную параметризацию конечно-элементной модели, позволяющую вносить изменения в существующую модель, не создавая новые параметрические и аналитические модели. Это позволяет перестраивать модель «на лету» и оценивать различные варианты конструкции.

Ещё одна возможность системы, о которой разработчики заявляют, как о ключевой, — 4D-проектирование, то есть проектирование трёхмерных моделей мостовых сооружений с учётом временной компоненты. Система учитывает изменяющиеся во времени характеристики материала (ползучесть, усадка и пр.), что позволяет более грамотно планировать последовательность строительства. Моделирование моста в динамике даёт возможность решать структурные задачи и конфликты до начала строительства.

Также, что немаловажно, в системе реализована поддержка российских нормативных документов, позволяющая выполнять проверку конструкции на прочность, устойчивость и выносливость [10].

Однако, несмотря на все преимущества, программный комплекс RM Bridge не получил такого

широкого распространения, как, например, midas Civil. В основном это связано со сложностями в обучении сотрудников и внедрении такой крупномасштабной системы в организации — на это всегда требуется много времени и ресурсов, в том числе финансовых.

CSiBridge

Активно осваивает отечественный рынок ещё одна зарубежная система для проектирования мостовых сооружений — CSiBridge (Computers and Structures, Inc., США) (рис. 6).

Система обладает достаточно мощным функционалом, современным дружественным интерфейсом и качественной трёхмерной визуализацией, однако до недавнего времени её широкому применению среди отечественных специалистов препятствовало отсутствие расчётов по российским нормам. В 2015 году в новой версии системы была реализована поддержка СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» в части расчёта железобетонных конструкций [11], поэтому вполне можно ожидать, что CSiBridge в скором времени начнёт приобретать большую популярность в проектных организациях.

CSiBridge предоставляет единый интерфейс для моделирования, расчёта, проектирования, проверки надёжности конструкций, вывода результатов и создания отчётов. В одном окне можно одновременно просматривать 3D-визуализацию модели моста, поверхности влияния (рис. 7), деформированные усилия и пр.

Система может использоваться как для проектирования типовых конструкций с помощью различных мастеров, так и для выполнения нетривиальных задач, решать которые можно не только с помощью функций системы, но и сред-

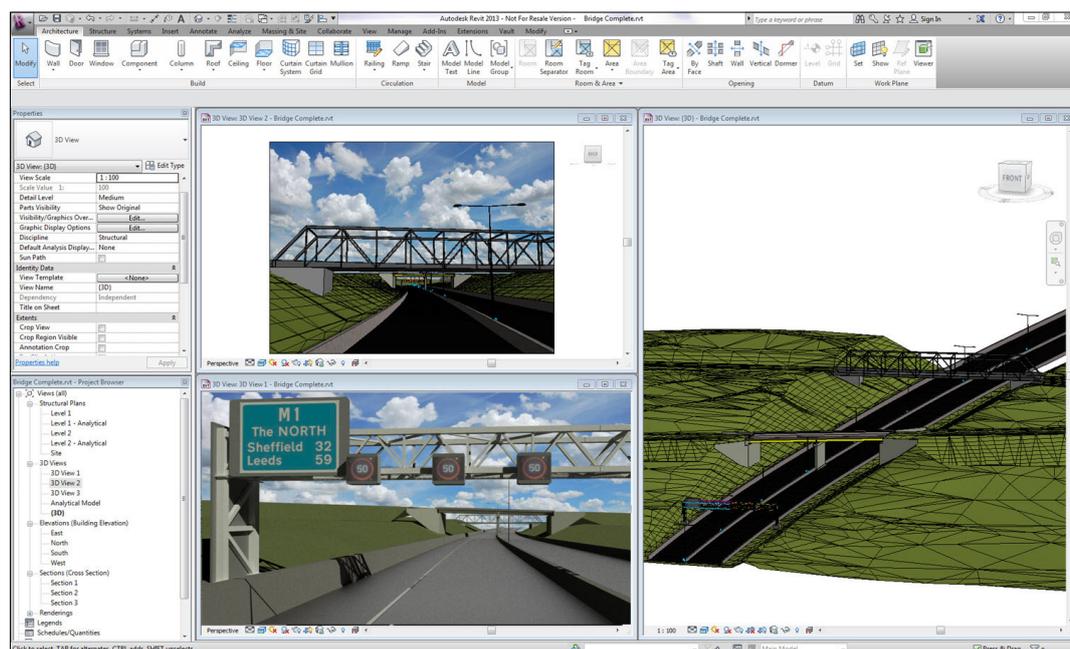


Рис. 8. Мост в системе Revit

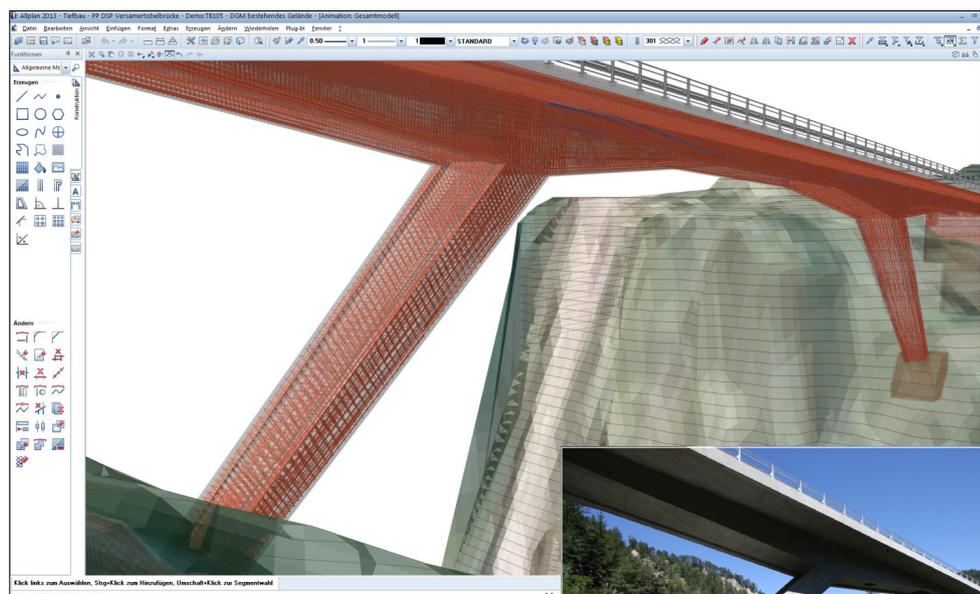


Рис. 9. Мост в Швейцарии, запроектированный в Allplan Engineering



ствами встроенного языка программирования, позволяющего разрабатывать собственные модули.

Autodesk Revit

Линейка продуктов от компании Autodesk (США) позволяет выполнять проектирование и расчёт мостовых сооружений с помощью различных модулей (например, Robot Structural Analysis, Bridge Module в составе Civil 3D и пр.), которые, однако, по большей части не поддерживают российские стандарты.

Тем не менее, в этой линейке можно выделить систему Autodesk Revit. В большей степени эта система ориентирована на создание зданий и сооружений, и в ней довольно трудно рассчитывать некоторые специфические элементы мостовых конструкций. Поэтому в качестве полноценной программы для проектирования мостов она используется довольно редко. Но в то же время Revit прекрасно подходит для интеграции и объединения объектов инфраструктуры, запроектированных в сторонних системах, в единый проект (рис. 8). Например, мост, запроектированный в midas Civil или SOFiStiK, можно импортировать в проект Revit, в который ранее уже была импортирована автомобильная дорога из Autodesk Civil 3D. Затем конструкцию моста можно доработать с учётом рельефа местности, автомобильных дорог, которые он связывает, и прочих объектов инфраструктуры.

Экспорт в формат AutoCAD (DWG/DXF), также как и импорт, в той или иной мере реализован во всех крупных системах для проектирования

объектов промышленного и гражданского строительства. Качество взаимодействия между системами характеризуется тем, насколько полно передаётся модель сооружения из одной системы в другую, и не происходит ли в результате потери данных.

В качестве примера качественной интеграции с Revit можно привести систему SOFiStiK, в которой имеется специально разработанный Revit-интерфейс [12]. Двусторонняя связь между этими системами позволяет экспортировать модель сооружения из Revit в SOFiStiK для выполнения расчётов. При этом можно выбрать, какую информацию следует передать, и задать сетку разбиения на конечные элементы — в итоге переданная в SOFiStiK модель уже будет готова к вычислениям. После выполнения расчёта модель моста можно передать обратно в Revit.

Система midas Civil также предоставляет специальный интерфейс, позволяющий передавать модель моста в Revit [13]. При этом поддерживается связь между моделями в обеих системах: если какой-либо элемент конструкции был добавлен, удалён или изменён в midas Civil, модель в Revit также будет соответствующим образом изменена.

Импорт/экспорт в Revit возможен и из рассмотренных ранее систем: ЛИРА-САПР, RM Bridge и CSiBridge.

Прочие системы

Зарубежный рынок программного обеспечения предлагает и другие, часто весьма интересные, решения для проектирования и расчёта

мостовых сооружений: LUSAS Bridge (LUSAS, Великобритания), Novapoint Bridge (Vianova Systems, Норвегия) [14], Allplan Engineering (Allplan, a Nemetschek company, Германия) (рис. 9) [15], однако в нашей стране эти программные продукты в большинстве своём не представлены. Причина всё та же — отсутствие расчётов по российским нормам. Очевидно, что отсутствие сертификата не означает, что программа выполняет расчёты неверно, и конструкция, выполненная в такой системе не будет соответствовать требованиям надёжности. Тем не менее, одним из важных факторов при проектировании объектов инфраструктуры является обязательное прохождение экспертизы, а для этого сама конструкция и отчётная документация по ней должны соответствовать требованиям принятых в стране нормативных документов.

Заключение

Многообразие программных продуктов для проектирования объектов промышленного и гражданского строительства становится причиной высокой конкуренции между компаниями-разработчиками. В результате каждая компания стремится представить свою программу в наиболее выгодном свете, подчеркнуть достоинства и умолчать о недостатках. Поэтому получить полное представление о возможностях той или иной системы и выяснить её сильные и слабые стороны инженер может только на собственном опыте, используя её для решения конкретных задач. «Идеального» программного продукта, подходящего для проектирования абсолютно любых мостовых сооружений, не существует. Каждый продукт имеет свои преимущества и недостатки, а выбор программного обеспечения чаще всего диктуется спецификой решаемых задач и предпочтениями инженеров-проектировщиков. Оптимальной можно назвать ситуацию, когда в работе используется несколько программных продуктов: к примеру, проектирование и расчёт конструкции выполняется в *midas Civil*, а для сложных статических расчётов используется *SOFiSTiK*.

Нельзя не отметить, что при совместном применении программных продуктов для проектирования и расчёта мостов очень важным становится

обеспечение качественного взаимодействия между используемыми системами, ведь модель моста нужно максимально точно передать из одной системы в другую, без потери или некорректной передачи данных. В противном случае её придётся создавать с нуля, что влечёт за собой риск появления ошибок и многократно увеличивает временные затраты [16–18]. Кроме того, если работа во всех используемых программах выполняется с единой моделью, значительно упрощается обмен данными на всех этапах жизненного цикла моста, начиная от проектирования и заканчивая строительством, эксплуатацией и ремонтом. Модель в таком случае может использоваться не только внутри одной проектной организации, она — при наличии универсального формата данных [19] — может быть передана смежным специалистам для дальнейшей работы. ■

Литература:

1. Список самых длинных мостов России // Википедия — свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_самых_длинных_мостов_России (дата обращения: 30.09.2015).
2. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84. М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. 341 с.
3. Петров В.А. Как выбрать программу для расчёта мостов // Ирисофт. Решения, ведущие к успеху. Блог инженерно-консалтинговой компании. URL: <http://irisoft.livejournal.com/100241.html> (дата обращения: 30.09.2015).
4. Integrated Solution System for Bridge and Civil Engineering // Midas official website. URL: <http://midasit.ru/products/products.asp?strCate=midasCivil> (дата обращения: 30.09.2015).
5. Midas Civil 2014. Русская версия. URL: http://midasit.ru/event/20131002/RU_midasCivil2014.pdf (дата обращения: 30.09.2015).
6. Программа для проектирования и расчёта строительных конструкций // Официальный сайт группы компаний LiraLand. URL: http://lira-soft.com/pc_lira/ (дата обращения: 30.09.2015).
7. Проектирование мостов // Официальный сайт компании SOFiSTiK. URL: <http://www.sofistik.com/ru/loesungen/fem/proektirovanie-mostov/> (дата обращения: 30.09.2015).
8. Трансмост: Расчёт продольной надвижки пролётного строения моста в SOFiSTiK // Официальный сайт компании ПСС. URL: <http://www.pss.spb.ru/realizovanniye-projecty/Infrastruktura-mosty/Transmost.html> (дата обращения: 30.09.2015).
9. About Bridge Information Modeling // Bentley official website. URL: <http://www.bentley.com/en-US/Solutions/Bridges/brim/> (дата обращения: 30.09.2015).
10. RM Bridge. Брошюра о семействе продуктов. URL: http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/docs/PFB_RM_Bridge_US_A4_RU_HiRes.pdf (дата обращения: 30.09.2015).
11. Новый релиз: CSiBridge 2015 17.3.0 // НИП Информатика. Отдел САПР и строительных конструкций. URL: <http://steel-concrete.ru/content/news/novyy-relez-csibrige-2015.html> (дата обращения: 30.09.2015).
12. Морозов А.А., Талапов В.В. Технология BIM: что можно считать по модели, созданной в Revit. Часть 2 // isicad :: Ваше окно в мир САПР. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15546 (дата обращения: 30.09.2015).
13. Midas Link for Revit Structure // Midas official website. URL: http://en.midasuser.com/training/technical_read.asp?idx=6834&pg=1&so=&sort=&bid=12&nCat=274&nCat2=&bType=&totCount=9 (дата обращения: 30.09.2015).
14. Novapoint Bridge // Vianova Systems official website. URL: http://www.vianovasystems.com/Products/NovapointDCM/Novapoint-Bridge#.Vgtrj_ntlHw (дата обращения: 30.09.2015).
15. Bridging more than a century // Nemetschek Group official website. URL: <http://www.nemetschek.com/en/references/versamertobel-bridge/> (дата обращения: 30.09.2015).
16. Петренко Д.А. Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 75–79. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.12.
17. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
18. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
19. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.