

УДК 539.03

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РАСЧЕТОВ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
РАЗЛИЧНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Овчинников Илья Игоревич,

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

*кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Транспортное
строительство».*

Овчинников Игорь Георгиевич,

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

*доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортное
строительство».*

Акуличев Алексей Владимирович,

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

магистрант кафедры «Транспортное строительство».

Бугаенко Леонид Михайлович,

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

магистрант кафедры «Транспортное строительство».

Аннотация.

Рассматривается проблема применения современных программных комплексов для расчета транспортных сооружений. Анализируются вопросы взаимодействия с экспертизой в современных условиях, когда для анализа можно применять не только нормативные, но и другие, в том числе конечно-элементные методы расчета. Обсуждается рекомендация главгосэкспертизы о

применении к расчету транспортных сооружений двух независимых программных комплексов. Рассматриваются как альтернативные программные комплексы MIDAS/CIVIL (Корея) и SOFISTIK (Германия).

Ключевые слова: расчет, моделирование, транспортные сооружения, достоверность, программные комплексы, MIDAS/CIVIL, SOFISTIK.

RELIABILITY OF COMPUTATIONAL ANALYSIS OF TRANSPORT CONSTRUCTIONS USING DIFFERENT SOFTWARE COMPLEXES

Ovchinnikov Ilya Igorevich,

Saratov State technical University Y.A. Gagarin, Saratov,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Transport construction”.

Ovchinnikov Igor Georgievich,

Saratov State technical University Y.A. Gagarin, Saratov,

Doctor of Sciences, Professor of the department “Transport construction”.

Akulichev Alexey Vladimirovich,

Saratov State technical University Y.A. Gagarin, Saratov,

undergraduate of the department “Transport construction”.

Bugaenko Leonid Mikhailovich,

Saratov State technical University Y.A. Gagarin, Saratov,

undergraduate of the department “Transport construction”.

Abstract

The problem of the use of modern software for the calculation of transport constructions is considered. The issues of interaction with expertise in modern conditions are considered, when the analysis can be applied not only to regulatory and other, including finite-element method of calculation. There are discussed recommendation of expertise on the application to the calculation of transport

constructions two independent software systems. There are considered as an alternative software systems MIDAS / CIVIL (Korea) and SOFISTIK (Germany).

Keywords: calculation, modeling, transport constructions, reliability, software systems, MIDAS / CIVIL, SOFISTIK.

Очевидно, что в настоящее время проектирование и расчёты транспортных сооружений невозможны без применения современных компьютерных технологий. И если еще лет пятьдесят тому назад основным расчетным инструментом инженера были или логарифмическая линейка или арифмометр, а механико-математические факультеты университетов выпускали довольно большое количество прикладных математиков, которые работали в вычислительных бюро и лабораториях, то в последнее время ситуация кардинально изменилась. И, хотя пока еще многие нормативные документы по расчету конструкций транспортных сооружений (да и промышленных, гражданских, гидротехнических и других сооружений тоже) опираются на простой и якобы всем понятный метод расчета сечений (а не сооружений – специально подчеркнем) по предельным состояниям [1], маховик инженерного анализа начинает все больше раскручиваться в сторону применения методов компьютерного моделирования поведения сооружений с учетом реальных свойств материалов, схем нагружения, условий опирания, влияния реальных условий эксплуатации и так далее. По умолчанию становится правилом хорошего тона применять для расчета конструкций транспортных сооружений различные программные комплексы, основанные на методе конечных элементов. Здесь мы сразу же заметим, что почему-то подавляющее большинство программных комплексов опираются именно на метод конечных элементов, хотя прикладная математика разработала огромный арсенал различных и численных, и получисленных (или полуаналитических), и аналитических методов расчета, многие из которых для определенного типа задач являются более эффективными.

Мы уже отмечали [2-6], что после принятия федеральных законов «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ с последующими его корректировками и «Технический регламент о требованиях безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ методика проектирования стала более гибкой, не связанной жесткими требованиями ранее действовавших нормативных документов и допускает обоснование проектных решений с помощью сложных расчетов с применением различных современных программных комплексов.

Но здесь возникла проблема. Раньше проекты, представляемые на экспертизу, проходили проверку на соответствие существовавшим на тот момент довольно жестким нормам проектирования, и эксперты, прекрасно знакомые с этими нормативными документами, стояли на страже правильности соблюдения их требований, а значит, на страже безопасности проектируемых зданий и сооружений. Теперь же в соответствии с новыми «правилами игры» они должны проверять правильность проектных решений, не всегда опирающихся на твердые нормы, а во многом обоснованных сложнейшими расчетами, выполненными с помощью современных программных комплексов. При представлении на государственную экспертизу проектные решения, разработанные и обоснованные на таких расчетах, и, соответственно, сами расчеты, а точнее их результаты стали вызывать неприятие со стороны экспертов в силу их определенного и нередко вполне логичного недоверия к такой сложной и неоднозначной системе, как по существу, так и по оформлению. В определенной мере это связано с отсутствием в отечественной практике наработанных и унифицированных подходов к методологии компьютерного моделирования, которые должны были бы быть изложены в нормативных документах или в руководствах либо рекомендациях компетентных организаций или инженерных обществ. Следует сразу же заметить, что, по всей вероятности, процедура компьютерного моделирования и оценки правильности полученных с ее помощью результатов принципиально не

нормируема, по крайней мере, на современном этапе. Так что бедному эксперту в настоящее время пока не на что опереться, кроме как на старые, отработанные методологии контроля.

Но мы все свидетели того, что компьютеризация шагает не только по планете, но и по нашей стране тоже, и достаточно сложные программные комплексы начинают широко использоваться различными проектными организациями для расчета и моделирования поведения конструкций, как процессе эксплуатации, так и в процессе строительства, что позволяет избежать многих неприятных и не всегда предвиденных ситуаций.

Но тут возникает весьма важная и нетривиальная проблема: а какое программное обеспечение использовать, и как сохранить знания, полученные при работе с одним сложным проектом с тем, чтобы эффективно их использовать при работе с другими проектами?

Как справедливо отмечает уважаемый нами специалист в области компьютерного моделирования транспортных сооружений с использованием программного комплекса Sofistik Д.А. Ярошутин [6]: «Знания, полученные в ходе работы над сложными проектами, впоследствии могут стать труднодоступными или потеряться даже в пределах одной организации. Нередкой оказывается ситуация, когда время расходуется на повторное решение задач, закупается избыточное дорогостоящее оборудование или программное обеспечение, исключительно из-за отсутствия возможности эффективного обмена знаниями. Оптимизация подобных расходов, с соответствующим уменьшением производственных затрат возможна, однако она требует от руководства предприятия целенаправленной работы по сбору и систематизации знаний, формированию баз данных и обеспечению доступа к ним сотрудников для оценки возможности их применения в новых проектах. Очевидно, что такая, единожды выполненная работа приносит компании важные конкурентные преимущества: обеспечивается накопление и хранение критически важных знаний, эффективно используются как материальные, так и

интеллектуальные ресурсы, оптимизируется количество привлеченных собственных и сторонних экспертов. Создание центров сбора и распространения знаний (центров компетенции) – это одна из задач, возникающих после принятия решения о выделении и описании такого ресурса, как знания». И далее: «...необходимость формирования таких центров возникает при внедрении любого инновационного продукта (программного обеспечения, технологии, методики). При этом в зависимости от поставленных задач организация может по отдельности или одновременно решать следующие задачи: сбор и накопление опыта; разработка стандартов; централизованное или распределенное обслуживание.

В первом случае основным рабочим материалом являются образцы передового опыта ведущих отечественных и зарубежных организаций (описания процессов, технические рекомендации и стандарты, методики, образцы программ управления). Основным показателем эффективности деятельности здесь следует считать повторяемость использования накопленного опыта.

Во втором случае акцентируется техническая сторона – осуществляется стандартизация технологических процессов на некой единой платформе, формируются и объединяются хранилища для обмена данными, определяется и развивается передовой опыт использования отдельно взятой платформы, при этом обмен технологическими ресурсами или перекрестная экспертиза между проектами могут не применяться. В третьем случае приоритетом является оптимизация затрат за счет использования высокотехнологичных инструментов (например, программных комплексов), при этом функции центра компетенции подразумевают обучение, тестирование технологий, формирование банков знаний и анализ имеющегося или полученного опыта. Такой центр при достаточном уровне развития способен сопровождать большое количество проектов, обеспечивая качество предоставляемых данных, заниматься

разработкой требований и стандартов технических подсистем, способствовать обмену и повторному использованию знаний в новых проектах».

Следует заметить, что еще раньше подобную работу по созданию по сути дела центра компетенции в области компьютерного моделирования уникальных зданий, сооружений и комплексов создал д.т.н., профессор Белостоцкий А.М., профессор кафедры информатики и прикладной математики, директор научно-образовательного центра компьютерного моделирования уникальных зданий, сооружений и комплексов ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», а также генеральный директор ЗАО «Научно-исследовательский центр Стадио», который был основан в 1991 году с целью разработки и развития численных, численно-аналитических методов, программно-алгоритмического обеспечения и выполнения автоматизированного проектирования, мониторинга и комплексного наукоемкого расчетно-теоретического и экспериментального обоснования напряженно-деформированного (и иного) состояния, прочности, устойчивости, надежности и безопасности ответственных объектов энергетики, гражданского и промышленного строительства, машиностроения, биотехнологии и других высокотехнологичных отраслей.

Однако вернемся к проблеме расчетного обоснования проектов. Перельмутер А.В. и Сливкер В.И. указывали [3], что развитие средств компьютеризации оказало не только положительное, но и отрицательное воздействие на качество расчетных обоснований проектных решений, привело к появлению ряда серьезных проблем. Оказалось, что применение высокоточных компьютерных методов не избавляет проектировщиков от ошибок, которые могут привести к весьма неприятным последствиям, включая аварии и разрушения конструкций.

Поэтому для повышения качества расчетных обоснований проектных решений сложных современных объектов строительства, еще в 2004 году Главгосэкспертиза России направила в свои региональные филиалы следующее

письмо: «Анализ современного состояния проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений свидетельствует о необходимости реализации комплекса мер по повышению качества расчетных обоснований проектных решений строительных конструкций. Эти меры касаются, в первую очередь, объектов, не имеющих в отечественной практике ранее запроектированных и построенных аналогов (современные высотные здания, уникальные торговые, спортивные и зрелищные объекты с большепролетными покрытиями, здания сложной архитектурной формы, в том числе возводимые в сейсмоактивных районах, и т.п.). На практике при выполнении расчетов строительных конструкций по пространственным схемам с помощью программных комплексов, во многих случаях не проводится тщательное компьютерное моделирование для различных вариантов расчетных схем, учитывающих изменение расчетных моделей в процессе возведения и эксплуатации, геометрическую и физическую нелинейность, динамический характер воздействий и реакций конструкций. Проектировщиками, не имеющими во многих случаях необходимой подготовки и опыта расчета сложных объектов, не всегда учитывается тот факт, что современные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов, являются лишь инструментом моделирования, дающим некоторое приближенное решение. Результаты расчета для сложных объектов могут значительно отличаться при использовании различных программных комплексов и различных моделей. Как следствие, имеют место просчеты в проектировании, приводящие к аварийным ситуациям в ходе строительства и эксплуатации, в ряде случаев с трагическими последствиями. Для достижения необходимого уровня качества расчетных обоснований проектных решений современных сложных объектов строительства проектным организациям рекомендуется осуществлять расчеты не менее чем по двум сертифицированным, независимо разработанным и проверенным на практике программным комплексам, проводить сопоставительный анализ полученных результатов.

Такая практика широко применяется в развитых странах и в некоторых проектных организациях в России. Органам Госэкспертизы рекомендуется запрашивать в необходимых случаях расчетные обоснования конструктивных решений с использованием двух независимо разработанных программ. Для поддержки соответствующей технологии расчетов разработчикам программных средств рекомендуется осуществлять поставку программ-конверторов для передачи расчетных схем из одного программного комплекса в другой. Главгосэкспертиза России просит довести указанную информацию до сведения проектных и строительных организаций вашего региона».

Мы не будем здесь обсуждать проблему проверки правильности расчетов. Она достаточно изложена в статьях [2-5], а также в работах упомянутых выше А.В. Перельмутера и В.И. Сливкера [7].

Обратимся к проблеме, указанной в заголовке статьи: а какой программный комплекс, а еще лучше сразу два программных комплекса (учитывая рекомендацию Главгосэкспертизы) выбрать для расчета транспортных сооружений?

С 80-х годов прошлого века известны весьма мощные программные комплексы, такие как ANSYS, NASTRAN, COSMOS. Это программы-монстры, ориентированные на решение весьма сложных задач термоупругости, термопрочности и термоползучести, устойчивости и так далее. Их конечно, можно применять и для расчета транспортных сооружений, но это будет не очень эффективно, так как многие специфические функции этих программных комплексов не будут задействованы, и, в то же время, ряд необходимых для расчета транспортных сооружений функций в них не предусмотрены.

Программные комплексы LIRA, SCAD, MICROFE, как справедливо отмечает Петровым В.А. [8] ориентированы на расчёт промышленных и гражданских зданий и хороши для применения в своей области строительства.

Применительно к сфере транспортного строительства, а еще уже к сфере мостостроения, наиболее известны программные комплексы RM BRIDGE

(Австрия), LUSAS (Великобритания), SOFISTIK (Германия), MIDAS/CIVIL (Корея), GTSTRUDL (США), EUFEL (Франция).

В статье [8] отмечается, что программный комплекс RM BRIDGE (разработчик – австрийская компания BENTLEY SYSTEMS) известен в нашей стране сравнительно недавно и интересен он возможностью хорошего моделирования динамического поведения мостов, особенно аэродинамического поведения вантовых мостов. Кроме того в этом комплексе реализованы российские нормативные документы, позволяющие выполнять расчеты на прочность, устойчивость, трещиностойкость и выносливость. К программному комплексу прилагается довольно полная документация на русском языке, но освоение его довольно трудоемко из-за отсутствия интерфейса, настроенного на пользователя.

В настоящее время с нашей точки зрения наиболее оправданным является использование двух программных комплексов, хорошо себя зарекомендовавших в мостовых организациях. Это программные комплексы MIDAS/CIVIL (Корея) и SOFISTIK (Германия).

Программы MIDAS разрабатываются с 1989 года, а их коммерческое распространение началось в 1996 году. Надежность этого программного обеспечения подтверждена его успешным использованием более чем в 5000 реальных проектов. Компания MIDAS IT имеет офисы в Пекине, Шанхае и Хьюстоне. В компании MIDAS IT работают программисты, создающие программное обеспечение для инженерных расчетов, и профессиональные инженеры с большим опытом практической работы. В настоящее время в компании трудится более 100 таких специалистов. Один из принципов компании – максимально быстро откликаться на нужды проектирования. В России программный комплекс MIDAS/CIVIL появился в 2003 году и быстро завоевал популярность среди специалистов по проектированию и расчёту мостов. В 2014 году появилось учебное пособие [9], посвященное применению программного комплекса MIDAS/CIVIL к расчету железобетонных мостов.

Однако следует иметь в виду, что опыт применения MIDAS/CIVIL к расчёту мостов свидетельствует о необходимости тщательного анализа и проверки полученных результатов.

Что же касается программного комплекса SOFISTIK (Германия), то это интегрированный программный комплекс, использующий метод конечно-элементного анализа мостов, тоннелей, а также для решения задач геотехники. Как отмечается в ряде публикаций, SOFISTIK далеко не прост в изучении, и потому требуется прохождение специальных курсов.

Программный комплекс SOFiSTiK имеет модульную структуру и потому для решения каждого вида задач можно скомплектовать подходящий набор модулей. Определенным достоинством SOFiSTiK являются достаточно широкие возможности по вводу исходных данных: в зависимости от задачи можно использовать как удобный графический ввод в препроцессоре SOFiPLUS через интерфейс знакомого всем пакета AutoCAD, так и текстовый ввод данных на языке CADINP, предоставляющий весьма большие возможности параметрического описания объектов расчетного анализа. В 2011 году опубликовано учебное пособие по применению программного комплекса SOFISTIK для расчета мостов [10].

Мы не проводили детального сравнительного анализа этих программных комплексов по расчету транспортных сооружений и, в частности, мостов. Мы просто указали, что в настоящее время наиболее активно позиционируются на рынке программных продуктов для расчетного моделирования мостовых сооружений программные комплексы MIDAS и SOFiSTiK, тем более что они активно используют весьма эффективную стратегию продвижения программных комплексов через высшие учебные заведения и кафедры, готовящие специалистов по проектированию транспортных сооружений.

И эту их деятельность можно только приветствовать.

В реальной работе инженеры (или, как сейчас выясняется, еще и магистры) должны иметь на рабочем месте не один, а как минимум два

программных комплекса для того, чтобы наиболее эффективно использовать их достоинства и избавляться от недостатков, а также для того, чтобы обеспечивать выполнение рекомендации Главгосэкспертизы о необходимости проведения расчетов по двум независимым программным комплексам и сопоставления полученных результатов.

Библиографический список:

1. Овчинников И.Г., Межнякова А.В. Проблемы, возникающие при расчете железобетонных конструкций транспортных сооружений по методу предельных состояний // Мир дорог. 2008. №35. С. 45-46.

2. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Кононович В.И. Оценка достоверности численных расчетов при проектировании: доверять или не доверять компьютерам? // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе : Материалы международной научно-практической конференции. Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2012. Т. 3. С. 377-388.

3. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Кононович В.И. Проектирование сложных объектов. Проблема надежности и достоверности компьютерных расчетов. Часть 1 // Дороги. Инновации в строительстве. СПб., 2012. №18. С. 12-15.

4. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Кононович В.И. Проектирование сложных объектов. Проблема надежности и достоверности компьютерных расчетов. Часть 2 // Дороги. Инновации в строительстве. СПб., 2012. №19. С. 64-66.

5. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Как обеспечить надежность компьютерных расчетов в условиях «гибкого» проектирования // Наука: 21 век. Саратов, 2012. №4(16). С.79-87.

6. Ярошутин Д.А. Эффективное использование интеллектуального ресурса // Дороги. Инновации в строительстве. СПб., 2012. №8. С. 66-67.

7. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. Киев: Сталь, 2002. 600 с.

8. Петров В.А. Как выбрать программу для расчета мостов // Дороги. Красная линия. 2014.

9. Быкова Н.М. Проектирование мостов. Расчет пролетного строения балочного железобетонного моста : учеб. пособие. Иркутск: ИрГУПС, 2014. 160 с.

10. Ярошутин Д.А. Расчет транспортных сооружений в SOFiSTiK. Ч.1. Организация проекта SOFiSTiK Structural Desktop (SSD) : учебн. пособие. СПб., 2011.