

УДК 624.21:69.003.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-3-184-195

*В.А. КУЛЕШОВ, П.А. ЕЛУГАЧЕВ, С.С. МАРНИКОВ,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

**ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ
В МОСТОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ.
ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВ
И ИХ ГОТОВНОСТИ
К ИНФОРМАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ**

В статье рассматриваются преимущества и недостатки инструментов широко распространённых систем автоматизированного проектирования (САПР) для расчета несущей способности пролетных строений при проектировании, обследовании и испытании. Эффективность инструментов САПР оценивалась при обследовании и испытании мостовых сооружений на примере моста через р. Томь (Коммунальный) в г. Томске.

Была поставлена задача поиска универсального инструмента для инженера, который мог бы максимально использовать информационную модель и выполнять расчеты без потери инженерных данных при импорте и экспорте информации. Данный подход позволит создавать информационную модель сооружения, а значит, даст импульс к созданию универсального программного комплекса, в котором велась бы корректная передача информации без потери данных.

Были использованы современные САПР, основанные на методе конечных элементов. Из всех возможных программных комплексов были выбраны самые популярные на сегодняшний день – Лира-САПР и Midas Civil.

И на примере сложного в техническом смысле моста удалось понять, что универсальной САПР на современном этапе не существует. САПР на сегодняшний день не готовы к BIM-технологиям, поскольку в них отсутствует возможность учета дефектов, полученных в процессе эксплуатации сооружения, а следовательно, результаты расчета САПР являются корректными только на стадии проектирования сооружения.

Были сделаны выводы, что на сегодняшний день нет универсального САПР, которая включала бы в себя BIM-технологии, что упростило бы задачу инженерам при работе с мостовым сооружением на всем протяжении его жизненного цикла.

Ключевые слова: мостовое сооружение; расчет; Лира-САПР; программа; Midas Civil; BIM-технология.

Для цитирования: Кулешов В.А., Елугачев П.А., Марников С.С. Предпосылки внедрения BIM-технологий в мостовом хозяйстве. Оценка современных систем автоматизированного проектирования мостов и их готовности к информационному моделированию // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 3. С. 184–195.

*V.A. KULESHOV, P.A. ELUGACHEV, S.S. MARNIKOV,**Tomsk State University of Architecture and Building*

**BUILDING INFORMATION MODELING
AND COMPUTER-AIDED DESIGN IN BRIDGE CONSTRUCTION**

Purpose: The aim of this paper is to consider advantages and shortcomings of widespread CAD systems used in the bridgework analysis for design, inspection and testing. The CAD

system efficiency is estimated in inspecting and testing the bridge in the Tomsk-city. **Design/methodology/approach:** The creation of a general-purpose tool for handling the information model and making calculations without a loss of engineering data during their export and import. Up-to-date CAD systems based on the finite element methods are used in this study, namely such popular design and engineering software as LIRA CAD and MIDAS Civil. **Research findings:** Based on the research results we found that a general-purpose CAD system doesn't exist today. CAD systems are not still ready for building information modeling (BIM) due to the lack in the defect detection during the service life. Therefore, the obtained results of the CAD system analysis are correct only at a design stage. **Practical implications:** This approach can be used to create a building information model and a general-purpose software package which will provide the appropriate data transfer without losses. **Value:** Nowadays, there is no a general-purpose CAD system which would utilize BIM technologies for simplifying engineering works at bridge structures during their lifetime.

Keywords: bridgework; structural analysis; LIRA CAD; software; MIDAS Civil; BIM technology.

For citation: Kuleshov V.A., Elugachev P.A., Marnikov S.S. Predposylki vnedreniya BIM-tekhnologii v mostovom khozyaistve. Otsenka sovremennykh sistem avtomatizirovannogo projektirovaniya mostov i ikh gotovnosti k informatsionnomu modelirovaniyu [Building information modeling and computer-aided design in bridge construction]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 3. Pp. 184–195. (rus)

Введение

На сегодняшний день САПР является неотъемлемой частью работы инженера при проектировании мостовых сооружений и обеспечивает точность расчетов и возможность учета различных факторов и воздействий (ветровых, сейсмических, температурных) [1]. С развитием транспортной сети появляется необходимость строительства новых мостов, а также обследования и реконструкции уже существующих. Использование САПР при этом значительно ускоряет и упрощает работу инженера, следовательно, уменьшает трудоемкость и повышает эффективность работ на всех стадиях жизненного цикла сооружения. Однако использование различных программ с различными форматами данных вызывает проблемы: потери данных или их некорректную передачу.

В настоящее время существует несколько расчетных комплексов, основанных на методе конечных элементов и предназначенных для расчета строительных конструкций: SCAD Office, Лира-САПР, ФОК Комплекс, SOFiSTiK AG, СТАРКОН, Ing+, Midas Civil, АИС ИССО-Н и т. д. Среди них можно выделить системы, часто используемые для проектирования и расчета мостовых сооружений: Midas Civil, SOFiSTiK AG и Лира-САПР (модуль «Мост»). Несмотря на то, что все они используют для расчета метод конечных элементов, в каждой из этих программ есть свои преимущества и недостатки. Авторы статьи поставили задачу поиска универсального инструмента для инженера, который мог бы максимально использовать информационную модель и выполнять расчеты без потери инженерных данных при импорте и экспорте информации [2]. Данный подход позволит создавать информационную модель сооружения, а значит, даст импульс к созданию универсального программного комплекса, в котором велась бы корректная передача информации без потери данных.

Описание процесса исследования

В ходе проведения обследования моста через р. Томь в г. Томске в программной среде AutoCAD [3] были сделаны чертежи (поперечное сечение, фасад моста) (рис. 1). На основании чертежей были созданы расчетные модели в среде САПР.

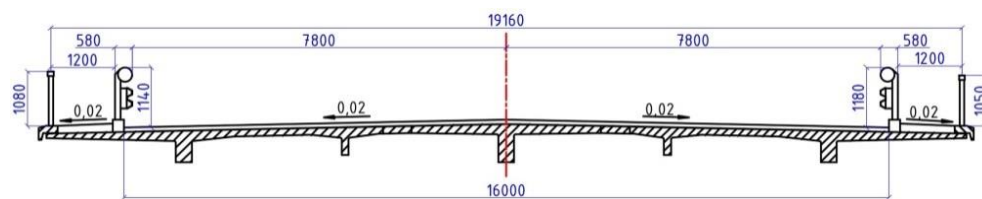


Рис. 1. Поперечное сечение плиты проезжей части моста

Из всех возможных программных комплексов мы выбрали самые популярные на сегодняшний день – Лира-САПР и Midas Civil [4].

В программном комплексе Лира-САПР [5] можно выполнять расчет на статические (силовые, деформационные) и динамические воздействия, подбирать и проверять сечения стальных и железобетонных конструкций. К тому же Лира-САПР полностью адаптирована к российским нормам проектирования, что позволяет легко рассчитывать типовые конструкции [6]. В качестве объекта исследования выбран Коммунальный мост в г. Томске, который имеет уникальную конструкцию: железобетонная плита проезжей части в растянутых зонах предварительно напряжена 18 пучками из высокопрочной арматуры, расположенными симметрично с обеих сторон (по 9 пучков) продольного ребра плиты (рис. 2). Каждый пучок состоит из 48 проволок диаметром по 5 мм.

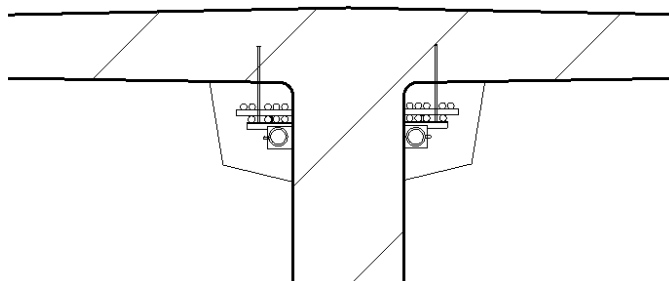


Рис. 2. Схема предварительного напряжения железобетонных плит надпорного участка пролетного строения пучками из высокопрочной проволоки, выполненная в AutoCAD

Как выяснилось, Лира-САПР не предназначена для расчета конструкций с предварительно-напряженной арматурой (рис. 3), и учесть особенность конструкции плиты проезжей части Коммунального моста в данном программном комплексе не представляется возможным, что, в свою очередь, не позволяет выполнить корректный расчет.

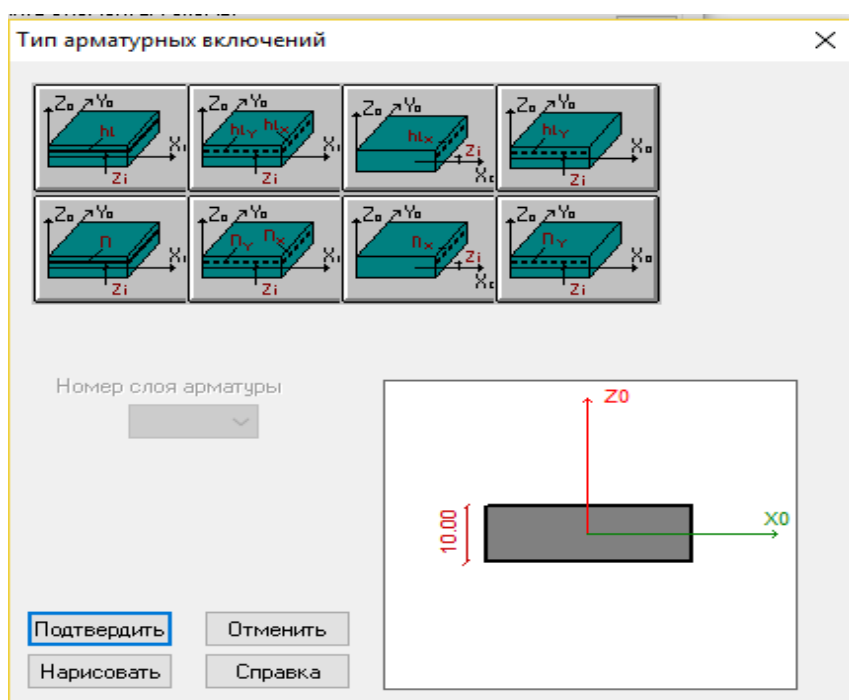


Рис. 3. Назначение арматуры в программе Лира-САПР

Построить модель пролетного строения и провести сравнение с результатами испытаний удалось в программном комплексе Midas Civil [7]. Данная модель позволила оценить напряжения (рис. 4, 5) в середине пролета и опорных сечениях.

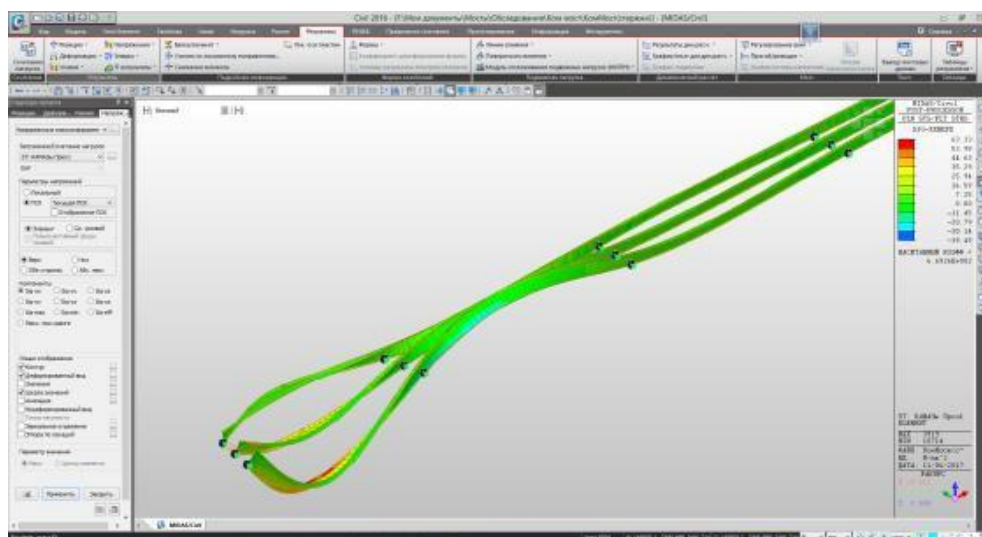


Рис. 4. Напряжение в главных балках при нагрузке в середине пролета № 1 с низовой стороны

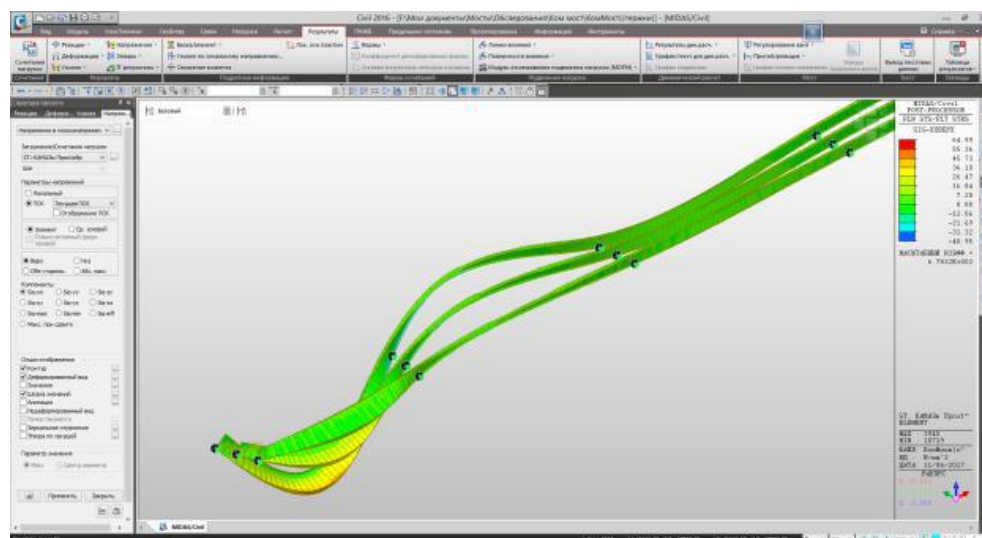


Рис. 5. Напряжение в главных балках при нагрузке в середине пролета № 1 с верхней стороны

В результате моделирования на основе полученных измерений деформаций величины напряжений в сечениях близки к ожидаемым (табл. 1) и соответствуют измеренным значениям, полученным в ходе испытания в 1974 г. при вводе объекта в эксплуатацию. Таким образом, на основании проведенного моделирования грузоподъемность моста соответствует современной нагрузке А11 [8].

Таблица 1

Напряжения и перемещения в пролетных строениях

№ п/п	Название схемы нагружения	Перемещения Δz , мм		Напряжения в нижнем поясе (металл), МПа		Напряжения в верхнем поясе (металл), МПа		Напряжения в стенках балок (металл), МПа		Напряжения в верхнем поясе плиты (железобетон), МПа	
		Δz_{\min}	Δz_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}
1	Схема № 2 (середина прол. № 1 с верхней стороны)	-37,52	17,38	-39,88	64,45	-8,21	7,4	-26,42	56,72	-1,74	1,06
2	Схема № 4 (середина прол. № 2 с верхней стороны)	-55,91	19,62	-53,2	56	-10,17	8,8	-36,85	52,31	-1,97	1,34

Окончание табл. 1

№ п/п	Название схемы нагружения	Перемещения Δz , мм		Напряжения в нижнем поясе (металл), МПа		Напряжения в верхнем поясе (металл), МПа		Напряжения в стенках балок (металл), МПа		Напряжения в верхнем поясе плиты (железобетон), МПа	
		Δz_{\min}	Δz_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}	σ_{\min}	σ_{\max}
3	Схема № 6 (середина прол. № 3 с верховой стороны)	-56,2	20,79	-47,81	56,6	-10,38	8,32	-31,84	52,7	-2,02	1,26
4	Схема № 7 (середина прол. № 3 с низовой стороны)	-56,17	19,67	-48,34	56,31	-10,37	8,49	-31,7	52,05	-2,02	1,28
5	Схема № 8 (середина прол. № 2 с низовой стороны)	-55,98	20,76	-50,38	57,01	-10,11	8,27	-34,89	52,53	-1,98	1,26
6	Схема № 9 (середина прол. № 1 с низовой стороны)	-36,92	18,03	-41,35	64,99	-7,97	7,95	-27,4	57,55	-1,67	1,11

Для оценки возникающих моментов в опорном сечении (над промежуточной опорой № 5), в случае загрузки соседних пролетов нагрузкой A11, были получены координаты линии влияния изгибающих моментов в сечении неразрезной балки над этой опорой. Общий вид линии влияния изгибающих моментов показан на рис. 6.

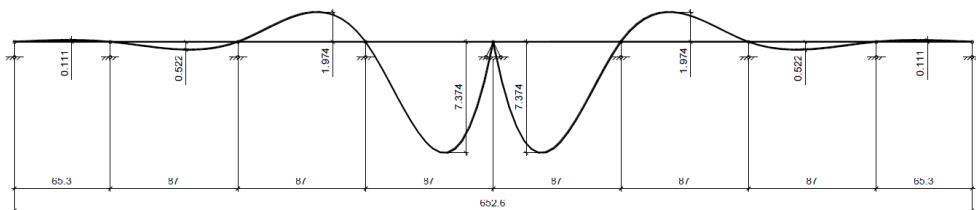


Рис. 6. Линия влияния изгибающих моментов над опорой № 5

При загрузке линии влияния временной нагрузкой А11 были получены координаты расположения тележки, при которых получаются максимальный и минимальный изгибающие моменты в сечении над опорой № 5.

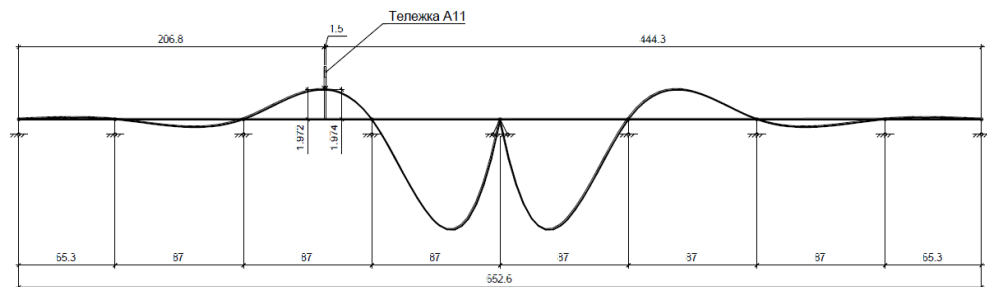
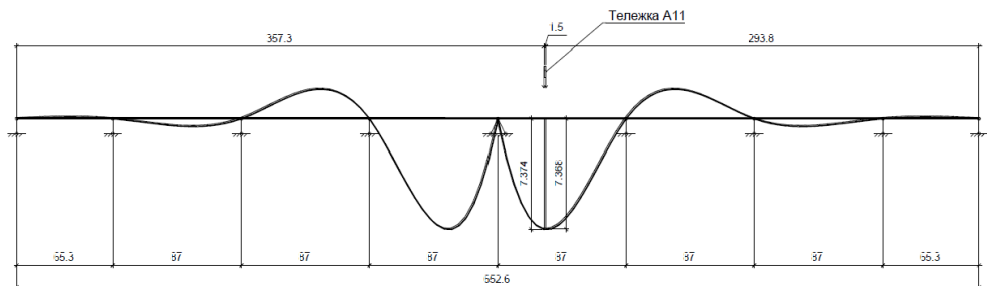
Координаты X м с экстремальными положениями нагрузки показаны в табл. 2.

Таблица 2

Координаты экстремальных положений тележки А11

При M_{\max}		При M_{\min}	
Коорд. X м	Y сум	Коорд. X м	Y сум
206,8	3,947	357,3	-14,743

Положения нагрузки в виде тележки А11 при координатах из табл. 2 показаны на рис. 7, 8.

Рис. 7. Положение тележки А11 при максимальном положительном моменте M_{\max} Рис. 8. Положение тележки А11 при минимальном отрицательном моменте M_{\min}

Вычисление максимального положительного момента M_{\max} в сечении над опорой № 5 показано в табл. 3, минимального отрицательного момента M_{\min} – в табл. 4.

Согласно данным отчёта обследования Коммунального моста за 1974 г., моменты сопротивления сечения главной балки над промежуточными опорами имеют значения, показанные в табл. 5.

В этой же таблице приведены результаты вычисления нормальных напряжений в элементах главной балки моста при $M = -6374,85$ тм по формуле $\sigma = \frac{M}{W}$.

Таблица 3

Положительные изгибающие моменты M_{\max} над опорой № 5

Схема нагружения	Постоянная нагрузка	A11	
		Тележка АК, РАК	Полосовая АК, vAK
Значения норм. q, P, v , (тс/м, тс)	7,33	11	1,1
Σy_i , м		3,97	–
$\Sigma \omega_i$, м ²	–630,655	–	222,851
КПУ	1	1,23	1,23
M_H , тс·м	–4622,7	53,4	301,5
ΣM_H , тс·м	–4622,7		354,92
ΣM_H .общ, тс·м			–4267,78
γf	1	1,5	1,15
(1 + μ) Значения расч. q, P, v (тс/м, тс)		1,4	1
Значения расч. q, P, v , (тс/м, тс), M_p , тс·м	7,33	23,1	1,27
M_p , тс·м ΣM_p , тс·м	–4622,7	23,1	348,12
ΣM_p , тс·м ΣM_p .общ, тс·м	–4622,7	112,15	460,27
ΣM_p .общ, тс·м			–4162,43

Вывод: $M_{\max} = -4162,43$ тм.

Таблица 4

Отрицательные изгибающие моменты M_{\min} над опорой № 5

Схема нагружения	Постоянная нагрузка	A11	
		Тележка АК, РАК	Полосовая АК, vAK
Значения норм. q, P, v , (тс/м, тс)	7,33	11	1,1
Σy_i , м		–14,743	–
$\Sigma \omega_i$, м ²	–630,655	–	–853,505
КПУ	1	1,23	1,23
M_H , тс·м	–4622,7	–199,47	–1154,79
ΣM_H , тс·м	–4622,7		–1354,26
ΣM_H .общ, тс·м			–4267,78
γf		1,5	1,15

Окончание табл. 4

Схема нагружения	Постоянная нагрузка	А11	
		Тележка АК, РАК	Полосовая АК, vAK
(1 + μ) Значения расч. q, P, v (тс/м, тс)		1,4	1
Значения расч. $q, P, v, (тс/м, тс)$ $Mr, тс\cdot м$	7,33	23,1	1,27
$Mr, тс\cdot м$ $\Sigma Mr, тс\cdot м$	-4622,7	-418,89	-1333,26
$\Sigma Mr, тс\cdot м$ $\Sigma Mr.общ, тс\cdot м$	-4622,7		-1752,15
$\Sigma Mr.общ, тс\cdot м$			-6374,85

Вывод: $M_{min} = -6374,85$ тм.

Таблица 5

Вычисление напряжений в элементах главной балки моста

Название	Обозначение момен- та сопротивления W	Значение $W, см^3$	Напряжение $\sigma,$ кг/см ²
Нижняя фибра металла	$W_{нфм}$	453 000	1407,25
Верхняя фибра металла	$W_{вфм}$	1 550 000	-411,281

Из результатов расчёта следует, что максимальные по модулю сжимающие напряжения $[\sigma_{min}]$ в нижней фибре металлической балки не превышают допустимые R_{yn} для стали 15ХСНД, из которой изготовлены главные балки моста, согласно табл. 8.5 СП 35.13330 «Мосты и трубы», $[\sigma_{min}] = 1407,25 < R_{yn} = 2850$ кг/см².

Но все эти результаты расчетов актуальны для сооружения на момент его постройки. Так как мост был построен в 1974 г., в процессе эксплуатации были получены дефекты, которые нельзя учесть в программном комплексе Midas Civil.

В ходе проведенной работы на примере сложного в техническом смысле моста удалось понять, что универсальной САПР на сегодняшний день не существует.

САПР сегодня не готовы к BIM-технологиям, поскольку в них отсутствует возможность учета дефектов, полученных в процессе эксплуатации сооружения, а следовательно, результаты расчета САПР являются корректными только на стадии проектирования сооружения.

Midas Civil, по мнению пользователей, имеет «дружественный интерфейс», встроенные мастера для создания различных типов мостов, дающие возможность импортировать готовую модель моста, созданную в AutoCAD, возможность 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, а также автоматически сформировать отчёты нужных типов с необходимой информацией.

На примере Коммунального моста нам удалось учесть внешнее армирование плиты проезжей части предварительно напряженной арматурой, изменив поперечное сечение плиты, включив в него бетон объединения и арматуру.

Таким образом, система Midas Civil хорошо подходит для расчета мостов, но не позволяет корректно проектировать армирование железобетонных конструкций, т. к. в ней нет возможности произвести расчет арматуры по нормам Российской Федерации. Еще одним минусом является то, что в ней невозможно задать дефекты сооружения (трещины, выщелачивание, коррозия бетона, коррозия арматуры, металлических конструкций). Таким образом, данный программный комплекс не подходит для расчета несущей способности сооружения с учетом имеющихся дефектов и с его помощью невозможно оценить остаточный ресурс. Установившаяся практика использования комплекса Midas Civil сводится к теоретическому моделированию без учета износа конструкций.

Лира-САПР имеет более сложный интерфейс, но это не делает ее менее популярной. Прежде всего, это обусловлено полным соответствием российским нормам проектирования. Благодаря этому Лира-САПР вполне подходит для расчета типовых проектов. С нетиповыми возникают трудности, с которыми столкнулись и мы в нашем примере. Прежде всего, это невозможность задать преднапряженную арматуру. Так же, как и в Midas Civil, оказалось невозможным задать и учесть дефекты сооружения для оценки его текущей несущей способности.

Возможно, на помощь инженерам должны приходиться ВІМ-технологии [9], ведь первый шаг к ним уже сделан. Этим «шагом» является АИС ИССО-Н [10]. Данная система управления содержанием дорожных искусственных сооружений позволяет вести их учет, организовывать и контролировать мероприятия по проведению всех видов обследований и мониторинга искусственных сооружений, оценивать и прогнозировать техническое состояние искусственных сооружений. Создание универсального расчетного комплекса или усовершенствование существующих, в которых были бы учтены все недостатки, имеющиеся на сегодняшний день, и дальнейшее их объединение с АИС ИССО-Н позволили бы сделать большой рывок вперед в проектировании, диагностике и обслуживании мостовых сооружений и существенно ускорить все сопутствующие процессы.

Целью дальнейших исследований является разработка задач для создания универсального программного комплекса САПР, который будет включать в себя ВІМ-технологии. Это даст возможность передавать информацию без потери данных, создавать прогноз об оценке долговечности сооружения и существенно облегчить обследования мостовых сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков В.Н. САПР автодорог – перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1 (1). С. 6–9.

2. Петров В.А. Как выбрать программу для расчёта мостов // Ирисофт. Решения, ведущие к успеху. Блог инженерно-консалтинговой компании. Условия доступа: <http://irisoft.livejournal.com/100241.html> (дата обращения: 22.05.2018 г.).
3. Райкова Л.С., Акимов М.Б. Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 78–85.
4. Что такое BIM – технологии (Building Information Modeling) в современной интерпретации? Условия доступа: <https://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page/> (дата обращения: 22.05.2018 г.).
5. Рыбалов Ю.В. Автоматизированная информационно-аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 126–135.
6. Долинский Я.А., Елугачёв П.А. Предпосылки зарождения BIM в ФКУ Упрдор «Алтай» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 43–45.
7. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 4–12.
8. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
9. Slyadnev S., Malyshev A., Turlapov V. CAD model inspection utility and prototyping framework based on OpenCascade // Conference Paper: GraphiCon 2017, At Russia, Perm. Условия доступа: https://www.researchgate.net/publication/319078392_CAD_model_inspection_utility_and_prototyping_framework_based_on_OpenCascade
10. Бондарь И.С., Исаметова М.Е., Жасболатов Б.К. Системы автоматизированного проектирования для расчета мостов // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2017. № 4 (103). С. 13–23.

REFERENCES

1. Boikov V.N. SAPR avtodorog – perspektivy razvitiya [CAD of highways —prospects of development]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2013. No. 1 (1). Pp. 6–9. (rus)
2. Petrov V.A. Kak vybrat' programmu dlya rascheta mostov [How to choose program for bridge analysis]. Available: <http://irisoft.livejournal.com/100241.html> (accessed: May 22, 2018). (rus)
3. Raikova L.S., Akimov M.B. Vybor avtomatizirovannoi sistemy dlya proektirovaniya mostovykh sooruzhenii CAD system for bridge design]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2015. No. 2 (5). Pp. 78–85. (rus)
4. Chto takoe BIM – tekhnologii (Building Information Modeling) v sovremennoi interpretatsii? [What is BIM – technologies (Building Information Modeling) in modern interpretation?]. Available: <https://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page> (accessed: May 22, 2018). (rus)
5. Rybalov Yu.V. Avtomatizirovannaya informatsionno-analiticheskaya sistema po iskusstvennym sooruzheniyam na avtomobil'nykh dorogakh [Automated information system for artificial structures on automobile roads]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2015. No. 2 (5). Pp. 126–135. (rus)
6. Dolinskii Ya.A., Elugachev P.A. Predposylki zarozhdeniya BIM v FKU Uprдор 'Altai' [Pre-requisites for BIM in FKU Uprдор Altai]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2014. No. 2 (3). Pp. 43–45. (rus)
7. Skvortsov A.V. Trudnosti perekhoda ot avtomatizirovannogo proektirovaniya k informatsionnomu modelirovaniyu dorog [Difficulties of transition from road automated design to information modeling]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog*. 2015. No. 2 (5). Pp. 4–12. (rus)
8. Skvortsov A.V. Standarty dlya obmena dannymi [Standards of data exchange]. *Avtomobil'nye dorogi*. 2015. No. 2. Pp. 84–89. (rus)
9. Slyadnev S., Malyshev A., Turlapov V. CAD model inspection utility and prototyping framework based on OpenCascade. Available: www.researchgate.net/publication/319078392_CAD_model_inspection_utility_and_prototyping_framework_based_on_OpenCascade
10. Bondar' I.S., Isametova M.E., Zhasbolatov B.K. Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya dlya rascheta mostov [CAD systems for bridge analysis]. *Vestnik Kazakhskoi akademii transporta i kommunikatsii im. M. Tynyshpaeva*. 2017. No. 4 (103). Pp. 13–23. (rus)

Сведения об авторах

Кулешов Владислав Александрович, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, hopscc@gmail.com

Елугачев Павел Александрович, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Elugachev@mail.ru

Марников Станислав Сергеевич, инженер, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, m.stanislav.s@gmail.com

Authors Details

Vladislav A. Kuleshov, Undergraduate, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, hopscc@gmail.com

Pavel A. Elugachev, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Elugachev@mail.ru

Stanislav S. Marnikov, Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, m.stanislav.s@gmail.com