

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*В.Д. Оленьков, Д.С. Попов*

## AUTOMATION OF DIAGNOSTICS OF BUILDING AND STRUCTURE TECHNICAL STATE IN THE PROCESS OF THEIR USE

*V.D. Olenkov, D.S. Popov*

Рассматриваются перспективные методы повышения эффективности оценки технического состояния зданий и сооружений, а также возможности проектирования зданий и сооружений на качественно новом уровне с применением компьютерных методов моделирования.

*Ключевые слова: диагностика технического состояния, информационное моделирование зданий (BIM), лазерное сканирование, автоматизация обработки данных, конечно-элементное моделирование.*

**Perspective methods of efficiency increase of evaluation of building and structure technical state as well as the possibilities of designing buildings and constructions on a brand new level with the use of computer methods of modeling are considered in this article.**

*Keywords: diagnostic troubleshooting, building information modeling (BIM), laser scanning, data processing automation, finite element modulation.*

Оценка технического состояния конструкций является наиболее ответственным этапом при техническом обслуживании и ремонте зданий и сооружений. От того, насколько корректно проведена диагностика технического состояния объекта, зависит эффективность и безопасность принимаемых технических решений при производстве ремонтных работ.

В настоящее время компетентность оценки технического состояния зданий и сооружений зависит, в первую очередь, от квалификации экспертов, проводящих инженерные исследования. При этом нередки случаи принятия технических решений, осуществленных на основе ошибочных представлений о работе конструкций или неполной диагностики, не учитывающей действие каких-либо скрытых факторов. В этих случаях временно скрытые дефекты снова проявляют себя и, прогрессируя, приводят к еще более сложному состоянию, требующему нового вмешательства.

Для уменьшения количества ошибок «человеческого фактора» в процессе определения технического состояния зданий и сооружений была разработана и опробована методика диагностики, основанная на том, чтобы свести к минимуму количество ручных операций на всех этапах работ над исследуемым объектом. Суть методики заключается в объединении данных, полученных различными инструментами и приборами (лазерный сканер, георадар, тепловизор, ультразвуковые измерители и т. д.), в единую цифровую модель здания

(BIM – Building Information Model). Рассмотрим основные этапы методики на примере реставрации памятника архитектуры начала XX века – Церкви Александра Невского в г. Челябинске.

1. На первом этапе производится трехмерное лазерное сканирование существующего объекта (рис. 1, а). Результатом сканирования является оцифрованное «облако точек» (рис. 1, б). Следует особо отметить, что с помощью лазерного сканера можно получить только облако точек, то есть массив данных, содержащий информацию о XYZ-координатах отсканированных точек объекта. Облако точек само по себе не является моделью здания – это только исходные данные о точной геометрии объекта.

2. Далее оцифрованное «облако точек» конвертируется в высокоточную геометрическую САД-модель здания (рис. 2). Данный этап является самым сложным и трудоемким, поскольку к настоящему времени не разработано программного обеспечения, предназначенного для конвертации облаков точек строительных объектов в модели зданий с высокой степенью автоматизации. Поэтому для назначенных целей использовалось модифицированное программное обеспечение, предназначенное для машиностроения, а также были разработаны собственные модули для ряда программ. Также необходимо отметить, что степень автоматизации получения модели здания напрямую зависит от качества проведения лазерного сканирования (количества станций сканирования,



а)



б)

Рис. 1. Существующее здание (а), отсканированное здание в виде «облака точек»



Рис. 2. Высокоточная CAD-модель здания

отсутствия «мертвых зон», сложности архитектуры объекта и т. д.). Полученная CAD-модель здания является базой для последующих операций.

3. На данном этапе из полученной модели здания можно получить обмерные чертежи объекта (рис. 3) в полностью автоматическом режиме.

4. Проведение прочностных, теплотехнических, аэродинамических и других расчетов по необходимости. Наличие детальной CAD-модели здания позволяет резко увеличить скорость и точность расчетов. Рассмотрим для примера статический расчет основных несущих конструкций церкви.

4.1. На первом этапе расчета CAD-модель оптимизировалась (под оптимизацией подразумевается упрощение расчетной модели в зависимости от поставленных задач – рис. 4, а) и конвертировалась в конечно-элементную модель (рис. 4, б).

4.2. Назначены параметры конечно-элементной модели (жесткости элементов, связи и т. д.), нагрузки на узлы и элементы, добавлены необходимые данные с других приборов и инструментов (параметры и местоположение металлических связей, закладных деталей и т. д.)



Рис. 3. Чертеж, автоматически полученный из CAD-модели

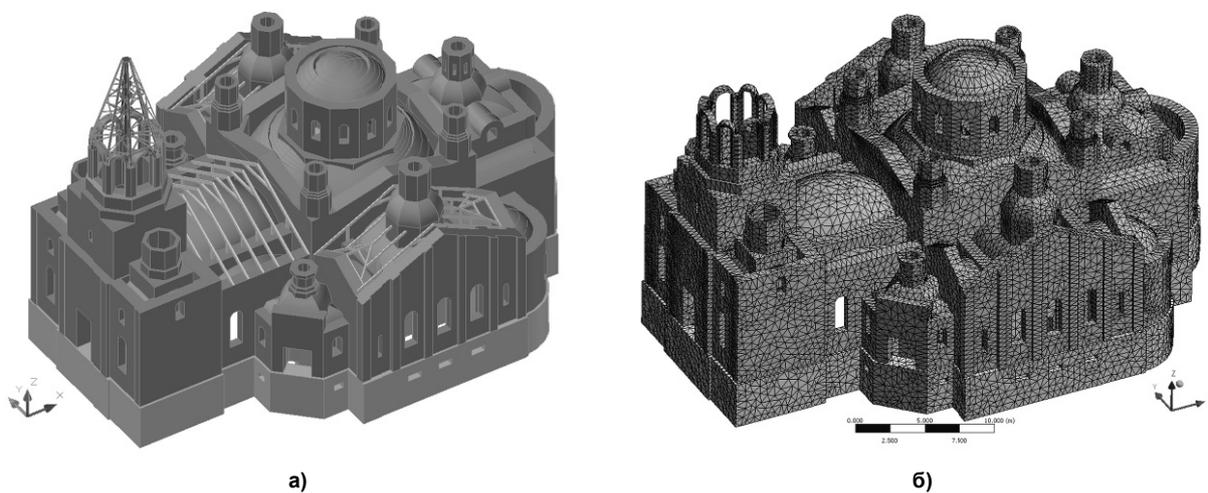


Рис. 4. CAD-модель, оптимизированная для статических расчетов (а), конечно-элементная модель для статических расчетов (б)

4.3. Произведен расчет конечно-элементной модели (рис. 5).

4.4. По результатам расчета выявлены места с максимальными напряжениями в кирпичной кладке, с высокой точностью установлена несущая способность сводов и возможность их обрушения, спрогнозирована возможность увеличения раскрытия трещин и т. д.

### Заключение

Предложенная методика автоматизации оценки технического состояния позволяет минимизировать ошибки на этапе обмерных работ, при создании расчетной схемы и расчете конструкций зданий и сооружений.

Данная методика имеет большие перспективы развития. Например, с помощью данных, получен-

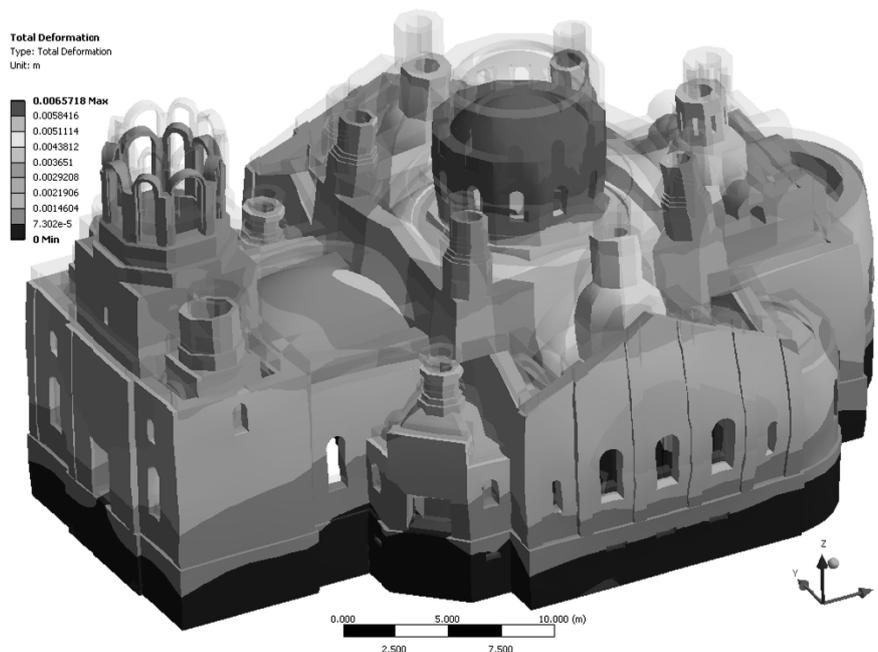
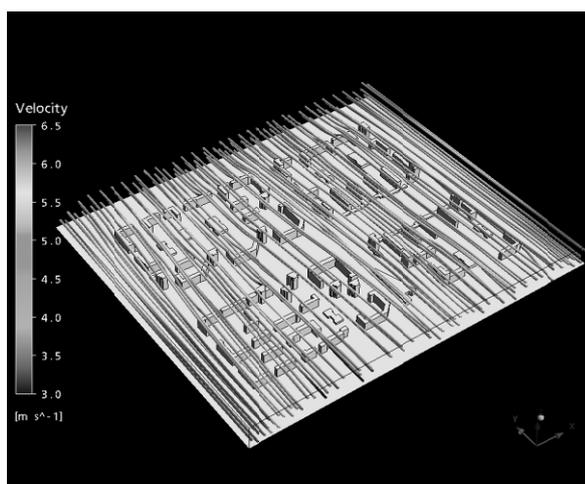
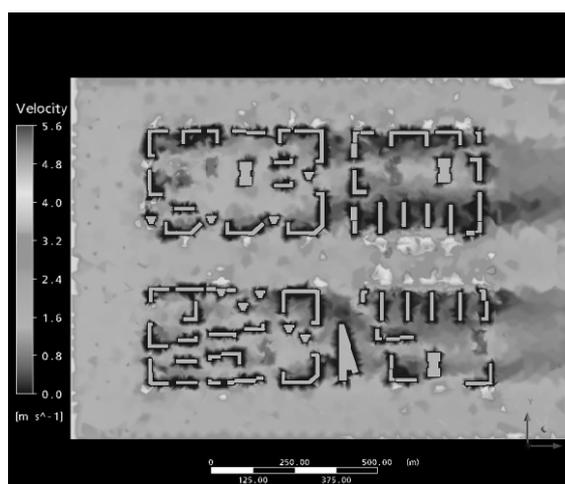


Рис. 5. Расчет конечно-элементной модели



а)



б)

Рис. 6. Исследование ветрового режима микрорайона «Тополиная аллея» (г. Челябинск)

ных с георадаров, можно автоматически извлечь информацию о наличии пустот, дефектов, арматуры и других элементов внутри конструкций (лазерное сканирование дает информацию только о поверхности конструкций). Применение информации, полученной с ультразвуковых измерителей прочности и плотности, может автоматизировать сбор нагрузок, исключить ненужные для расчета материалы. Интегрирование всех этих данных в единое информационное поле и цифровую модель здания значительно повышает точность и скорость оценки технического состояния зданий и сооружений.

Рассмотренную методику также можно применять в градостроительных целях, например, для оценки ветрового режима участков застройки. Для этого на первом этапе производится трехмерное

лазерное сканирование рассматриваемой территории (включая здания, деревья и т. д.). При этом не нужна такая высокая точность (1–5 мм) сканирования, как при работе с отдельными зданиями. На втором этапе оцифрованное «облако точек» оптимизируется (удаляются ненужные для расчетов объекты, упрощается форма зданий, рельеф и т. д.) и конвертируется в трехмерную модель участка застройки. Далее трехмерная модель участка разбивается на конечные элементы, задаются их свойства, граничные условия и в итоге производятся необходимые аэродинамические расчеты.

Примеры результатов аэродинамических расчетов конечно-элементных моделей участков застройки представлены на рис. 6.

*Поступила в редакцию 1 февраля 2012 г.*