

StructureCAD:



ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА



Белов Вячеслав Вячеславович
Доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой "Строительные
конструкции и материалы"
СПбГПУ

Область научных интересов
Вычислительная механика
строительных конструкций,
теория деформирования и
разрушения железобетона,
оценка технического состоя-
ния зданий и сооружений.

E-mail: belov@cef.spbstu.ru
Тел: +7 (812) 534-1286



Бучнев Андрей Николаевич
Аспирант ИСФ СПбГПУ,
ассистент кафедры
"Строительство объектов
туризма и спорта"
СПбГПУ

Область научных интересов
Вычислительная механика
железобетонных конструк-
ций, компьютерные техно-
логии проектирования,
техническая диагностика
строительных
конструкций.

E-mail: buchnev@userline.ru



Синицын Евгений Андреевич
Аспирант ИСФ СПбГПУ,
ассистент кафедры
"Строительство объектов
туризма и спорта"
СПбГПУ

Область научных интересов
Вычислительная механика
строительных конструкций,
техническая диагнос-
тика строительных
конструкций, компью-
терные технологии
проектирования.

E-mail: skim@cef.spbstu.ru



**Терентьев Дмитрий
Валерьевич**
Аспирант ИСФ СПбГПУ,
ассистент кафедры
"Строительство объектов
туризма и спорта"
СПбГПУ

Область научных интересов
Вычислительная механика
строительных конструкций,
техническая диагностика
строительных конструкций,
неразрушающие методы
испытаний.

E-mail: d_y_terentev@mail.ru

В преддверии 300-летия Санкт-Петербурга благоприятное сочетание административно-политических, финансово-экономических и организационно-хозяйственных факторов обусловило заметное повышение инвестиционной активности на рынке недвижимости города. По понятным причинам наибольшую привлекательность представляют проекты развития недвижимости в историческом центре Санкт-Петербурга. При этом, с одной стороны, завышенный в Российской Федерации банковский процент на заемные средства критическим образом обостряет проблему

сокращения сроков строительства. С другой — градостроительные и технологические риски значительно увеличиваются именно при строительстве в условиях сложившейся плотной городской застройки. Кроме того, современная практика строительства в северном городе-мегаполисе имеет собственную специфику. В итоге существует целый комплекс задач по оперативному многовариантному и оптимизационному исследованию работы трехмерных комбинированных конструкций зданий и сооружений с учетом факторов, ранее рассматривавшихся упрощенно и/или несовместно.

При такой постановке инжиниринга проектов строительства и реконструкции не обойтись без привлечения современных алгоритмов и компьютерных программ — в первую очередь для реализации эффективных схем дискретизации краевых задач, решения вычислительных задач большой размерности, квалифицированного анализа и инженерной интерпретации результатов вычислений.

Эта статья иллюстрирует опыт решения указанных проблем средствами интегрированной системы анализа конструкций StructureCAD (SCAD).

Комплекс программ SCAD реализует прогрессивный и универсальный метод конечных элементов. Имея сертификат соответствия Строительным Нормам РФ, этот пакет получил сегодня наибольшее распространение в Санкт-Петербурге и Северо-Западном регионе России. Высокую конкурентоспособность на рынке программных продуктов обеспечивает выраженная ориентированность комплекса на решение прикладных задач, актуальных для инженеров-проектировщиков. Так, одно из важнейших достоинств SCAD обусловлено возможностями управляемой визуализации всех аспектов строительного проектирования: от создания конечно-элементной модели до расчета напряженно-деформированного состояния конструкций и их конструирования. Этим функции системы нового поколения SCAD далеко не ограничиваются, продолжая расширяться и совершенствоваться. В целом же достигнутый уровень "взаимопонимания" с пользователями во многом объясняется принадлежностью коллектива разработчиков пакета к славной отечественной школе инженеров-строителей, наличием собственного "горького" опыта расчетов и проектирования.

Участие Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ) в научно-техническом обеспечении строительства и реконструкции сложных в инженерном отношении объектов Санкт-Петербурга, имеющих высокую архитектурно-историческую значимость, является уже многолетней традицией. Применение такого высокотехнологичного инструментария, как SCAD, потребовалось при инженерной подготовке реконструкции Юсуповского дворца, Иоанновского моста и собора святых Петра и Павла в Петропавловской крепости, особняка купцов Колобовых, дома генерала Чичерина, проектировании жилых и общественных комплексов на Крестовском острове, Выборгской набережной. Далее в качестве примера представлены некоторые материалы по двум объектам строительства и реконструкции в исторической части Санкт-Петербурга. Работы выполнялись сотрудниками инженерно-строительного факультета СПбГПУ

в рамках учебно-исследовательского Центра информационных технологий в строительстве (ЦИТС), учрежденного совместно с Consistent Software/Бюро ESG – Санкт-Петербургским отделением Consistent Software.

Элитный жилой комплекс на Выборгской набережной, д. 2 (проект "Аврора")

Высотный жилой дом повышенной комфортности пристраивается к уже существующему зданию по Финляндскому проспекту (рядом с гостиницей "Санкт-Петербург") и задуман как архитектурная доминанта стрелки Выборгской набережной (рис. 1). Окончание строительства (застройщик – ИСК "Источник-Строй") приурочено к трехсотлетию юбилею северной столицы. Дом возводится по индивидуальному проекту, разработанному в архитектурной мастерской академика архитектуры Т. П. Садовского. Проектом предусмотрено возведение подземного гаража-стоянки и девятнадцати надземных этажей, полезная площадь которых предназначена для размещения жилых и офисных помещений. Здание увенчано куполом со шпилем и имеет общую высоту около 74 м (без шпиля). На последнем этаже расположатся четыре роскошных пентхауса. Жилая площадь дома – примерно 12 тыс. кв. м. В каждой квартире предусмотрена застекленная терраса (безрамное остекление тонированными или полутонированными стеклами), с которой открывается широкая панорама центра Петербурга. По лицевому фасаду устраивается тройное остекление (рис. 2).

Конструктивная схема здания, имеющего сложную в плане форму, представляет собой пластинчато-стержневой каркас из монолитного железобетона. На надземных этажах наружные стены – самонесущие кирпичные с утеплителем (рис. 3).



▲ Рис. 1

Пространственная жесткость здания обеспечивается несущими продольными и поперечными стенами, системой колонн и дисками безбалочных перекрытий. Фундаменты – свайные, с массивными отдельными и ленточными ростверками под стены и колонны.

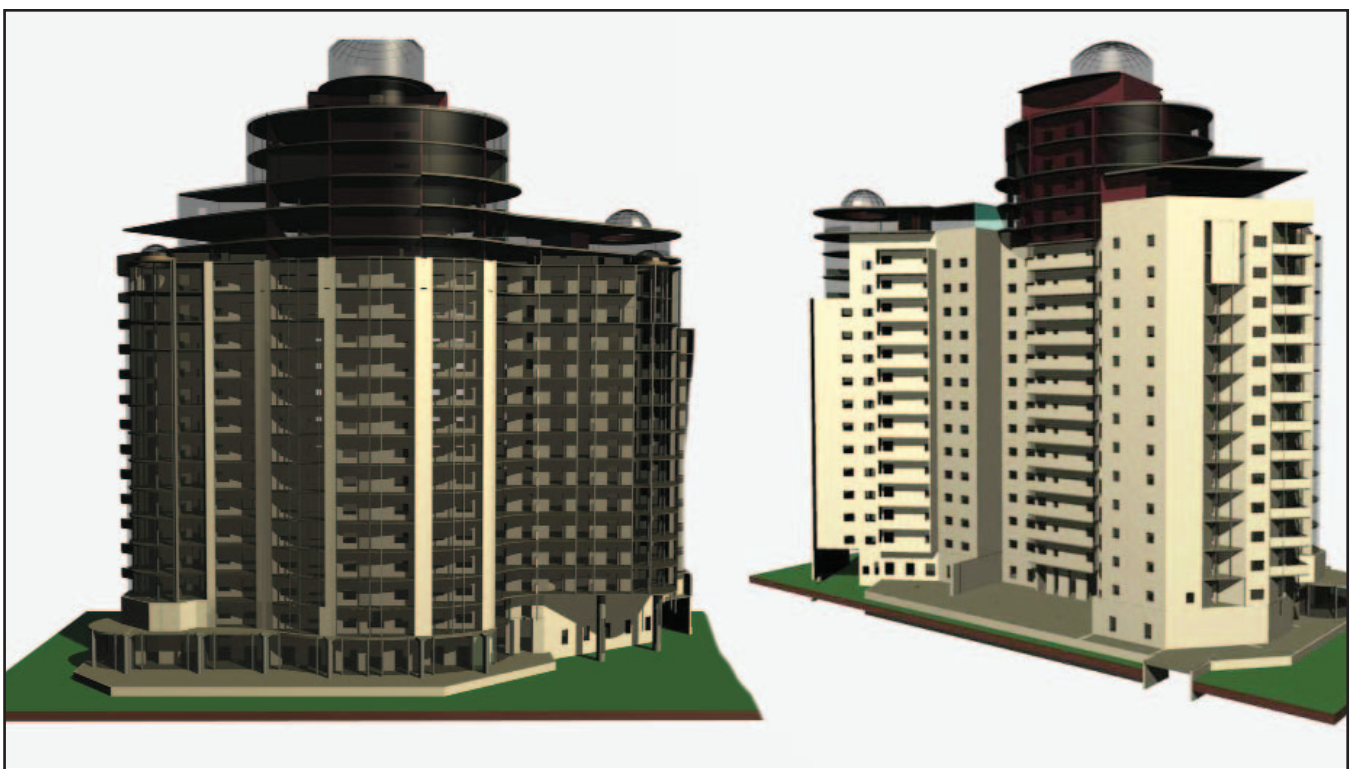
Перекрытие подземного паркинга – безбалочное, переменной толщины (границы изменения толщины см. на рис. 4). Наружные несущие стены – из монолитного железобетона. Плита дна паркинга свободно опирается по контуру свайных ростверков. Несущие конструкции подземного и двух первых надземных этажей составляют жесткую коробчатую базу здания в целом.

При архитектурном проектировании рассматриваемого объекта использовался один из популярных инструментов – разработанная фирмой Graphisoft система ArchiCAD. При этом актуальная проблема автоматизации перехода от архитектурного решения здания к его расчетной схеме в среде SCAD существенно упрощается благодаря наличию специального препроцессора ФОРУМ. Укрупненная расчетная модель – основные размеры, привязки колонн и несущих стен, очертания перекрытий, положение проемов и отверстий – формируется здесь с необходимой степенью детализации (рис. 5). На этом же этапе разработки удаляются объекты, которые не включаются в расчетную схему: перегородки, элементы ограждения, архитектурные детали и т.п. При необходимости уточняется положение конструктивных элементов – колонн, балок, стен и плит, возможно и дополнительные архитектурного решения новыми элементами. Практическую ценность представляет возможность гибкого управления генерацией конечно-элементной сетки – ФОРУМ весьма разнообразен в средствах ее построения и корректировки. Построение расчетной схемы здания завершается заданием жесткостных характеристик, условий опирания и примыкания элементов модели, ввода нагрузок и специальных исходных данных (рис. 6 и 7).

В задаче рассматривались все необходимые нормативно регламентированные статические и ди-



▲ Рис. 2



▲ Рис. 3. Лицевой и дворový фасады

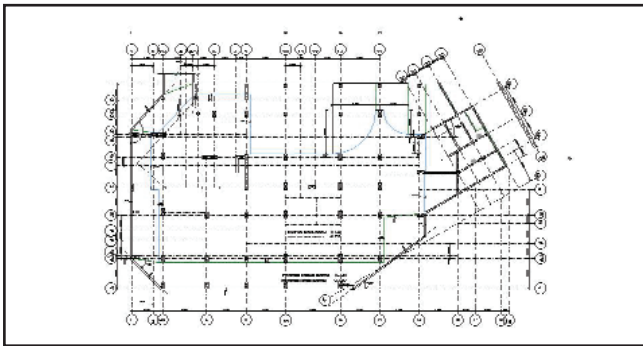


Рис. 4

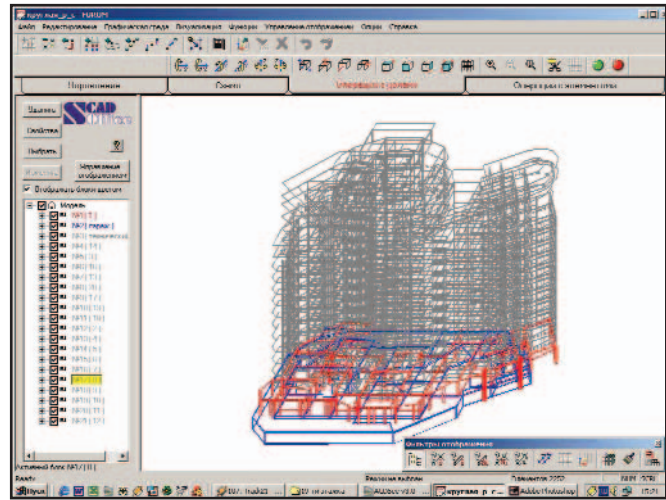


Рис. 5

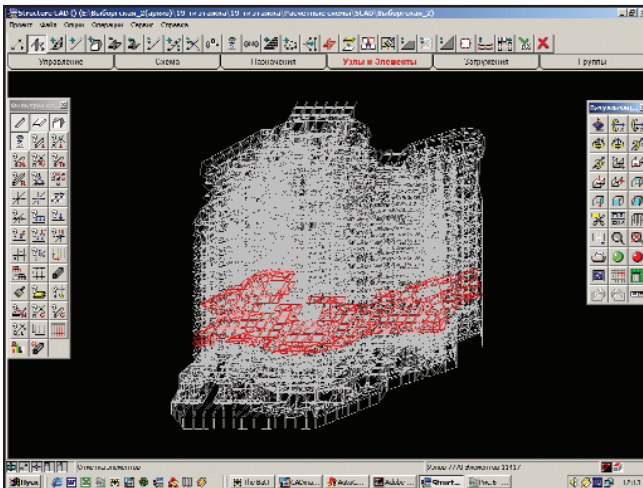


Рис. 6

намические нагрузки, включая действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки. При этом анализ задачи на входе и на выходе существенно упрощается благодаря реализованным в SCAD приемам декомпозиции расчетной схемы. Здесь возможна декомпозиция по пространству (техника фрагментов), по смыслу (техника групп) и по структуре (техника подконструкций).

оценивалось напряженно-деформированное состояние объекта в целом. Для этого использовалась "заглубленная" расчетная схема полной конструкции, в которой локальными особенностями конструктивного решения пренебрегалось (рис. 6). На следующем этапе рассчитывался только фрагмент с использованием более детальной конечно-элементной модели. При этом на границе

фрагмента, образуемой при его выделении из полной конструкции, в качестве внешних сил прикладываются усилия взаимодействия между фрагментом и "отброшенной" частью здания (рис. 8). Для определения этих реакций SCAD предоставляет специальный режим "Нагрузки от фрагмента схемы", который является одной из важных отличительных особенностей комплекса.

Техника декомпозиции по группам конечных элементов и подконструкциям позволяет необходимым образом дифференцировать анализ выходных параметров напряженно-деформированного состояния. Примеры подобной локализации полученных результатов представлены здесь изополями вертикальных перемещений плиты перекрытия (рис. 9), процентов продольного армирования плиты (рис. 10) и стен (рис. 11) на интересующем этаже.

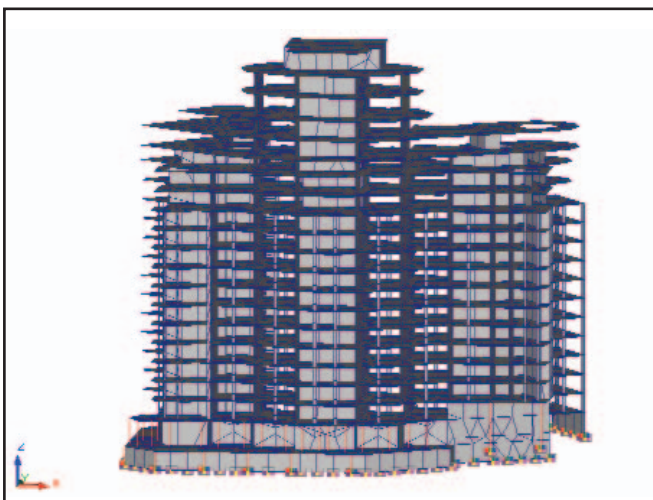


Рис. 7. Модель в режиме презентационной графики

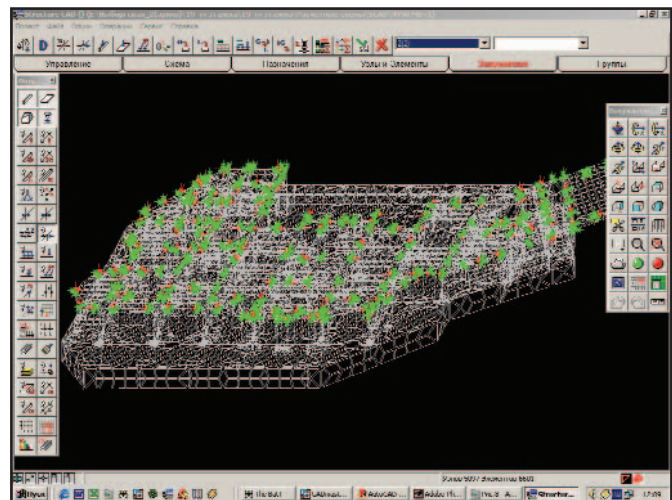


Рис. 8

НОВОСТИ

PlanTracer – новый программный продукт для создания и ведения объектных моделей поэтажных планов

PlanTracer – уникальная разработка Consistent Software, предназначенная прежде всего для организаций, занимающихся учетом и эксплуатацией зданий и помещений.

PlanTracer 1.0 – это ARX-приложение для AutoCAD 2000i/2002/LT, преобразующее исходные изображения поэтажных или строительных планов в интеллектуальную модель этажа, которая представляет собой множество взаимодействующих объектов. С помощью PlanTracer также возможно создание и редактирование такой модели.

Исходной информацией для преобразования являются любые загруженные в AutoCAD двумерные изображения планов.

PlanTracer поддерживает несколько базовых типов объектов: стена, дверь, окно, комната, квартира и т.д. Каждый из них обладает рядом определенных свойств, которые задают "поведение" объектов этого типа (например, объект типа окно по умолчанию должен находиться внутри объекта типа стена).

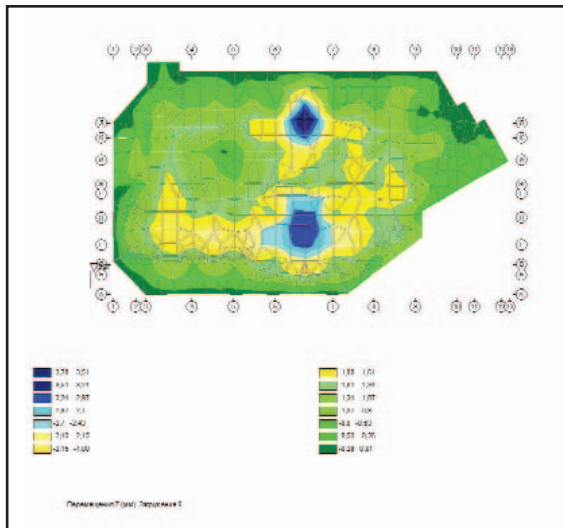
Процесс преобразования объектов "плоского" чертежа в объекты интеллектуальной модели базируется на уникальных алгоритмах распознавания произвольных объектов по образцам для поиска.

Преобразование осуществляется с помощью библиотеки, в которой однозначно установлено соответствие между шаблоном объекта и одним или несколькими образцами для поиска. В процессе преобразования на месте распознанных образцов размещаются (на указанном пользователем слое в поле чертежа) соответствующие объекты.

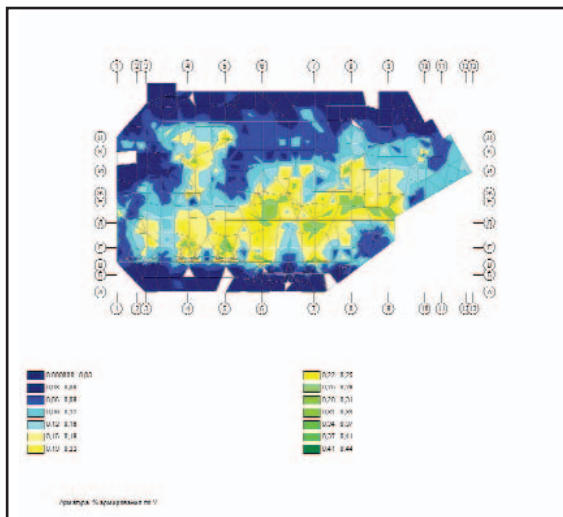
PlanTracer предлагает мощные средства создания и редактирования объектов плана, функции для работы с помещениями. Развитый COM-интерфейс позволяет быстро и надежно организовать обмен между PlanTracer и базами данных, а также другими приложениями. Предусмотрена возможность 3D-визуализации.

Программа уже используется в Бюро технической инвентаризации ряда районов Москвы.

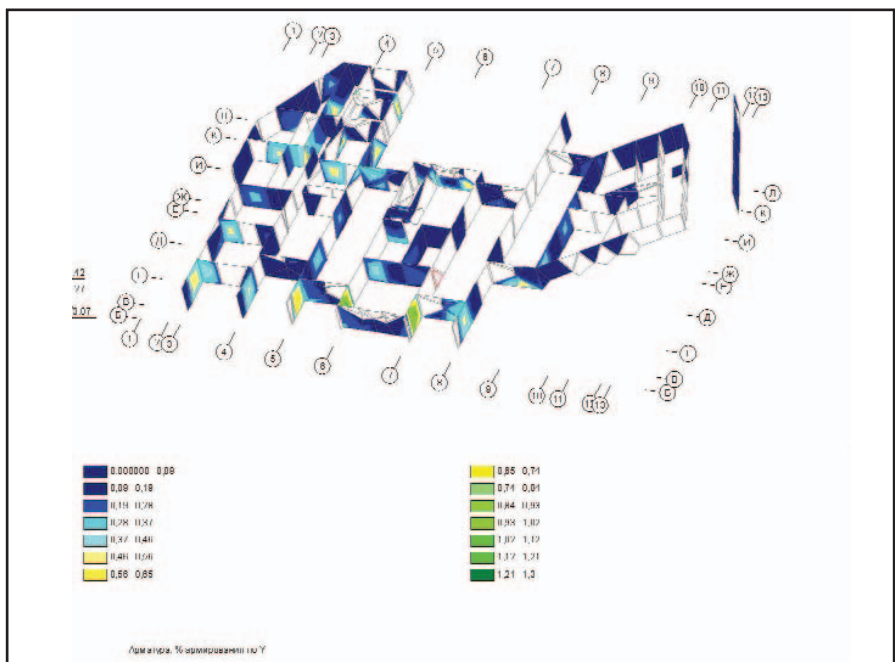
Уникальная технология прошла апробацию в разных странах мира: в начале 2002 года компания Graphisoft подписала OEM-соглашение с компанией Consistent Software на распространение программы Plan2Model, работающей в среде ArchiCAD. Plan2Model использует точно такое же ядро распознавания, что и PlanTracer.



▲ Рис. 9



▲ Рис. 10



▲ Рис. 11

Реконструкция комплекса зданий по набережной реки Мойки, д. 59

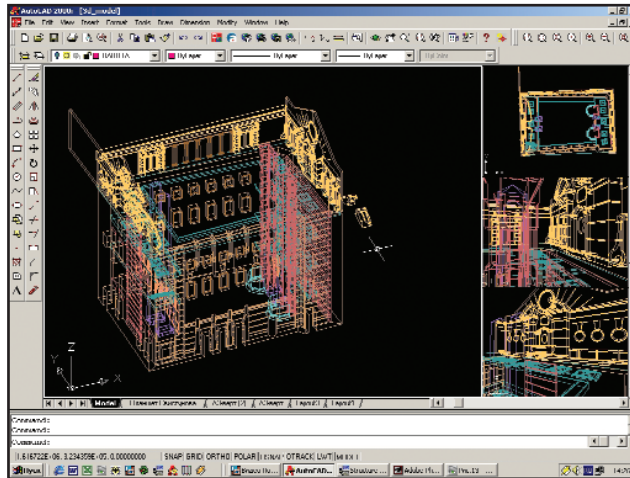
Домовладение состоит из трех-пятиэтажных с подвалом каменных строений, лицевые фасады которых обращены на Большую Морскую улицу, Невский проспект и набережную реки Мойки.

Здание является историческим и архитектурным памятником раннего классицизма XVIII века и известно под названием дома Чичерина. Включает в себя три постройки: основную (1768-1773 гг.) – по Невскому проспекту, боковую (1792-1794 гг. с позднейшей надстройкой четвертым и пятым этажами) – по набережной реки Мойки и боковую, возведенную в 20-х годах XIX столетия, – по улице Большая Морская.

Проект реконструкции здания под гостиницу и развлекательный комплекс (генпроектировщик – ПВП "Регард") предусматривал устройство крытого внутреннего двора (рис. 12) с паркин-



▲ Рис. 12



▲ Рис. 13

гом на уровне первого этажа, рестораном и зимним садом на верхних уровнях.

Архитектурный проект выполнен творческой мастерской "Альменда" в среде AutoCAD (рис. 13).

Основными несущими элементами конструкции атриума являются четыре монолитных железобетонных пилона переменного по высоте сечения, на которых покоятся перекрытие двора в уровне второго этажа, балконы во всех уровнях и стеклянное по металлическим фермам покрытие атриума. Кроме того на пилоны одного ряда навешиваются панорамные лифты (по одному на каждый пилон).

Платформа, перекрывающая двор в уровне второго этажа, запроектирована в монолитном железобетоне. В конструктивном отношении она представляет собой систему взаимноперпендикулярных балок, опирающихся на пилоны и объединенных по контуру двора балкой коробчато-

го сечения. По верху балки объединены монолитной железобетонной плитой. В толще платформы устраиваются прямки для панорамных лифтов. На платформу опираются стержневые стальные конструкции, устанавливаемые вплотную к существующим стенам и поддерживающие конструкцию балконов. Нижние грани монолитных железобетонных плит балконов формируются металлическим профилированным настилом, выполняющим одновременно роль рабочего армирования и оставляемой опалубки.

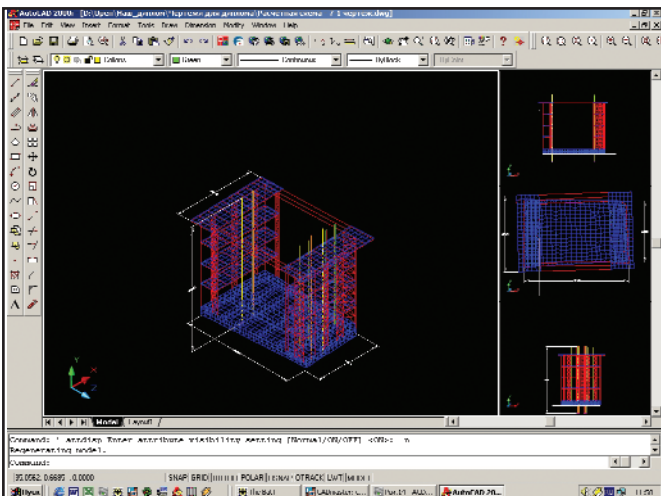
Пространственная геометрическая модель несущей конструкции объекта в осевых линиях создавалась средствами AutoCAD (рис. 14). При генерации конечно-элементной модели (рис. 15) учитывались шарнирный характер сопряжения некоторых элементов стального каркаса, эксцентricность располо-

жения поперечных и обвязочных двутавровых балок балконов по отношению к срединной поверхности плиты перекрытий. В последнем случае SCAD предусматривает возможность использования бесконечно жестких вставок по концам стержневых конечных элементов. Эта специальная функция позволяет удачно обходить известную вычислительную трудность (когда в одном узле модели сопрягаются элементы с резко отличными жесткостными параметрами, происходит потеря точности вычислений за счет ухудшения числа обусловленности матрицы жесткости системы).

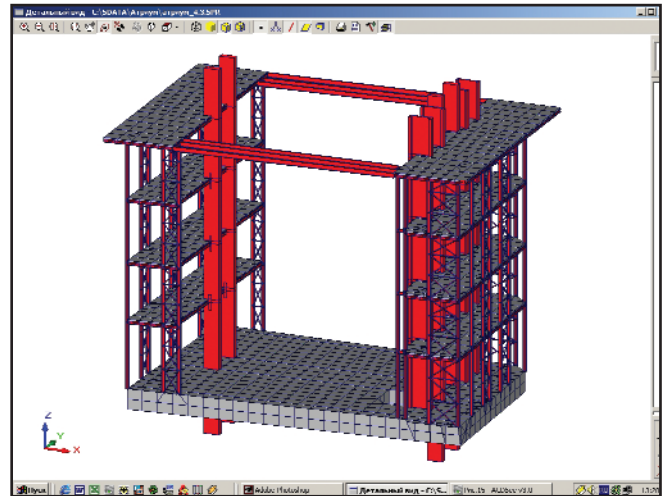
Специальный постпроцессор SCAD позволил проверить прочность и устойчивость, а также подобрать сечения элементов из металлопроката в соответствии со СНиП II-23-81*. Так, например, на рис. 16 красным цветом выделены конструктивные элементы, для которых по одному из нормативных факторов потребовалось изменение первоначально заданного сечения.

По полученным внутренним усилиям (рис. 17) в специальном постпроцессоре Бетон выполнен подбор продольной и поперечной арматуры железобетонных элементов в соответствии со СНиП 2.03.01-84.

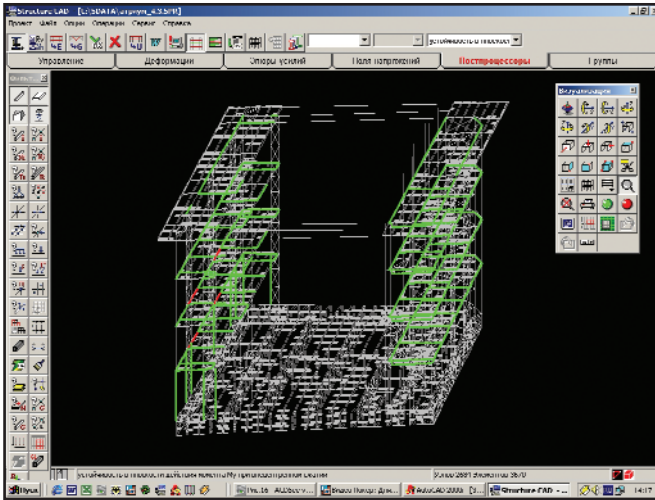
Остро актуальным в рассматриваемом проекте являлся выбор конструктивного решения фундаментов: свайного или плитного. При



▲ Рис. 14



▲ Рис. 15



▲ Рис. 16

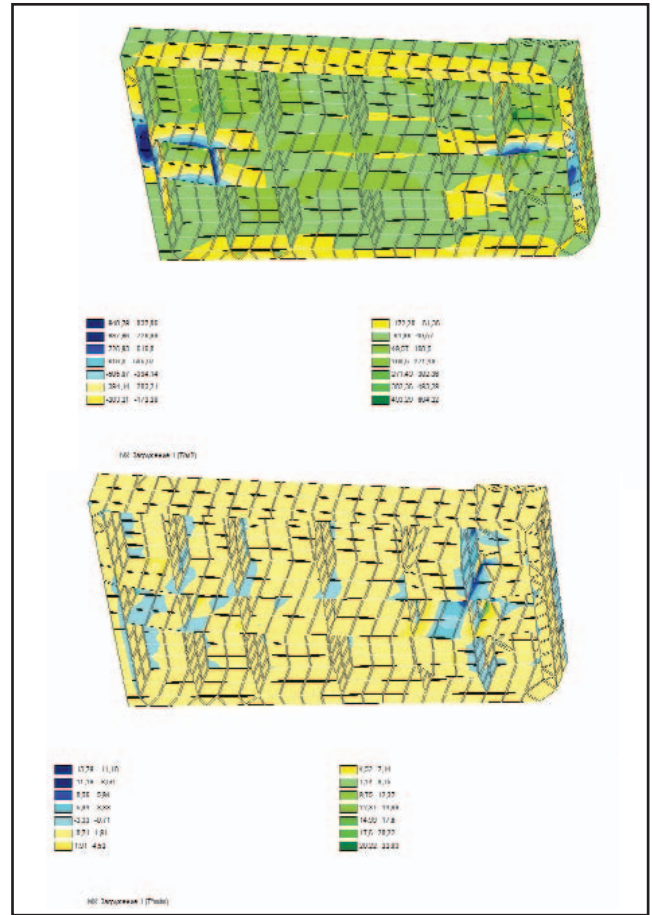
решении этой проблемы активно применялась входящая в комплекс SCAD программа-спутник КРОСС, предназначенная для локализованного определения коэффициентов постели винклеровского основания по результатам геологических изысканий. Здесь важно отметить, что реализованная в SCAD методика использования так называемых законтурных элементов позволяет учитывать и опор грунта за пределами фундаментной плиты.

Заключение

По результатам практического применения комплекса SCAD сегодня можно уверенно квалифицировать его как высокотехнологичный инструментарий, удовлетворяющий современным потребностям строительного проектирования. В представленных примерах SCAD продемонстрировал необходимую эффективность при анализе работы

строительных конструкций:

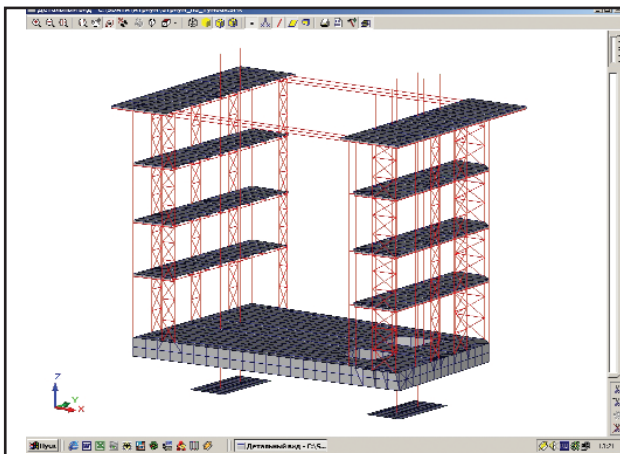
- достаточно сложной пространственной геометрии;
 - комбинированных по форме, материалам и способам сопряжения;
 - испытывающих самые разнообразные статические, динамические, температурные и кинематические воздействия.
- Прикладное значение комплекса обеспечивается:
- удобством подготовки исходных данных и обработки результатов;
 - оперативной и достоверной оценкой параметров напряженно-деформированного состояния конструкций;



▲ Рис. 17

- предоставлением всех необходимых данных для конструирования и создания рабочих чертежей.

*Вячеслав Белов,
Андрей Бучнев,
Евгений Сеницын,
Дмитрий Терентьев
СПбГПУ (Санкт-Петербург)*



▲ Рис. 18

