

university

Тюменский
индустриальный
университет

Информационные технологии в строительстве

Вычислительные комплексы в расчетах строительных конструкций

Доцент каф. СП, к.э.н. А.П. Шестакова

Зачем нужны программы? Что в них заложено?

- ❖ В большинстве строительных норм и правил рекомендуется выполнять **расчеты строительных объектов в 3-х мерной постановке** с учетом физической, геометрической, конструктивной, а также генетической нелинейностей, что возможно только с использованием программных комплексов и ЭВМ.
- ❖ Современные компьютерные технологии предоставляют пользователям практически неограниченные возможности проектирования и реконструкции зданий и сооружений. Проектировщикам строительных объектов предлагаются разнообразные **специализированные и универсальные программные комплексы**. Эти программы предоставляют разные возможности создания расчетных моделей зданий и сооружений. Затраты времени на расчет и выбор программы зависит от конкретной задачи.
- ❖ Тенденция развития ведущих программных продуктов - **реализация в них набора математических моделей (ММ), позволяющих моделировать все встречающиеся на практике физические эффекты**. Пользователь подключает нужные модели на стадии постановки задачи, задавая соответствующие граничные, начальные условия и прочие требуемые исходные данные.

Программы автоматизации расчета строительных конструкций

- **Автоматизация СП**
 - NormCAD
 - ESOP (Robot)
 - Кристалл (SCAD)
 - Арбат (SCAD)
 - Камин (SCAD)
 - Вест (SCAD)
 - и др.
- **Интегрированные системы
прочностного анализа**

NormCAD

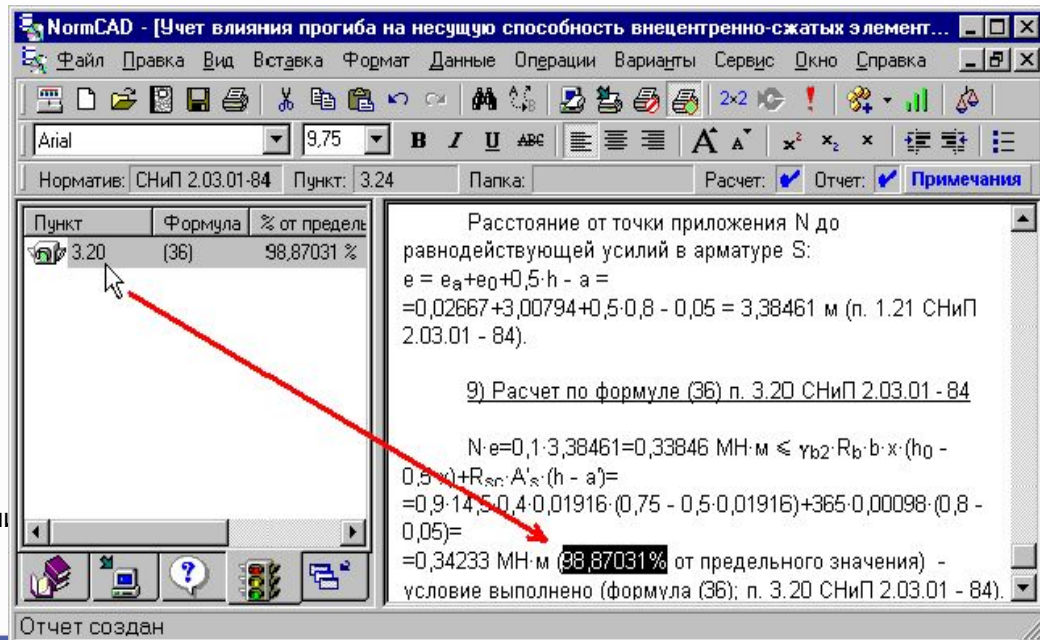
Назначение - выполняет расчеты строительных конструкций по СНиП и готовит проектную документацию для представления заказчику и в органы экспертизы:

- расчет стальных конструкций (расчет балок, колонн сплошного и составного сечения, профнастила и узлов ферм из гнутых профилей);
- расчет железобетонных конструкций (расчет балок, колонн, стен и плит: подбор арматуры, проверка сечений - в т.ч. тавровых и двутавровых, расчет на косоое внецентренное сжатие, расчет круглых колонн и колонн с распределенной арматурой, расчет на трещиностойкость, проверка прогиба, расчет на смятие и продавливание);
- расчет каменных и армокаменных конструкций (проверка сечений - прямоугольных и тавровых на центральное и внецентренное сжатие, растяжение, срез, трещиностойкость и смятие);
- расчет фундаментов;
- теплотехнический расчет (сопротивление теплопередаче и паропроницанию стен, покрытий, перекрытий и светопрозрачных конструкций).
- другие строительные и машиностроительные расчеты

Главное преимущество - на сегодня это единственная программа, в которой расчет оформляется в виде текстового документа (в формате Word), подобному созданному опытным конструктором вручную, что позволяет легко проконтролировать любую часть расчета.

Основные возможности и преимущества NormCAD:

1. Программа позволяет выполнять большинство наиболее используемых в строительстве расчетов
2. Выдаются не только конечные или промежуточные результаты, а подробный отчет с формулами в привычном для понимания виде.
3. Это помогает обоснованно разрешать спорные вопросы, повышает надежность расчетов.
4. Удобный ввод данных в режиме опроса. Программа сама определяет, какие данные еще не введены, и предлагает их ввести. Простые диалоговые окна.
5. Данные при вводе контролируются, но при всей простоте программа рассчитана на грамотных, понимающих расчетчиков.
6. Программа может служить в учебных целях, т.к. раскрывает всю последовательность расчета.
7. Расчет можно выполнять на основе готовых примеров из Пособий к СНиП.
8. Возможность расчета сечений произвольной формы.
9. Возможность получения информации в виде графиков.
10. Подбор оптимальных значений параметров
11. Оценка таблиц результатов других программ на требования норм.
12. Открытый алгоритм расчетов. Встроенный язык программирования.
13. Отчет можно передать в Word с оформлением рамкой и основной надписью по ГОСТ.
14. Отчеты, подготовленные в программе, принимаются органами экспертизы.
15. Программу используют сотни проектных организаций.



The screenshot shows the NormCAD software interface. The title bar reads "NormCAD - [Учет влияния прогиба на несущую способность внецентренно-сжатых элемент...". The menu bar includes "Файл", "Правка", "Вид", "Вставка", "Формат", "Данные", "Операции", "Варианты", "Сервис", "Окно", "Справка". The toolbar contains various icons for file operations and calculations. The status bar shows "Норматив: СНиП 2.03.01-84", "Пункт: 3.24", "Папка:", "Расчет: [checked]", "Отчет: [checked]", and "Примечания".

The main window is divided into two panes. The left pane contains a table with the following data:

Пункт	Формула	% от предель
3.20	(36)	98,87031 %

The right pane displays the calculation details for the selected point:

Расстояние от точки приложения N до равнодействующей усилий в арматуре S:

$$e = e_a + e_0 + 0,5 \cdot h - a =$$

$$= 0,02667 + 3,00794 + 0,5 \cdot 0,8 - 0,05 = 3,38461 \text{ м (п. 1.21 СНиП 2.03.01 - 84).}$$

9) Расчет по формуле (36) п. 3.20 СНиП 2.03.01 - 84

$$N \cdot e = 0,1 \cdot 3,38461 = 0,33846 \text{ МН} \cdot \text{м} \leq \gamma_{b2} \cdot R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h - a) =$$

$$= 0,9 \cdot 14,5 \cdot 0,4 \cdot 0,01916 \cdot (0,75 - 0,5 \cdot 0,01916) + 365 \cdot 0,00098 \cdot (0,8 - 0,05) =$$

$$= 0,34233 \text{ МН} \cdot \text{м} (98,87031\% \text{ от предельного значения}) -$$

условие выполнено (формула (36); п. 3.20 СНиП 2.03.01 - 84).

At the bottom of the window, it says "Отчет создан".



ESOP (*Robot*)

- мастерская инженера-проектировщика (электронный технический справочник с примерами)

Статический расчет конструкций, ж/б, деревянные и стальные фермы, механика грунтов, акустика, кондиционирование воздуха, электричество и др.

Интегрированные системы прочностного анализа

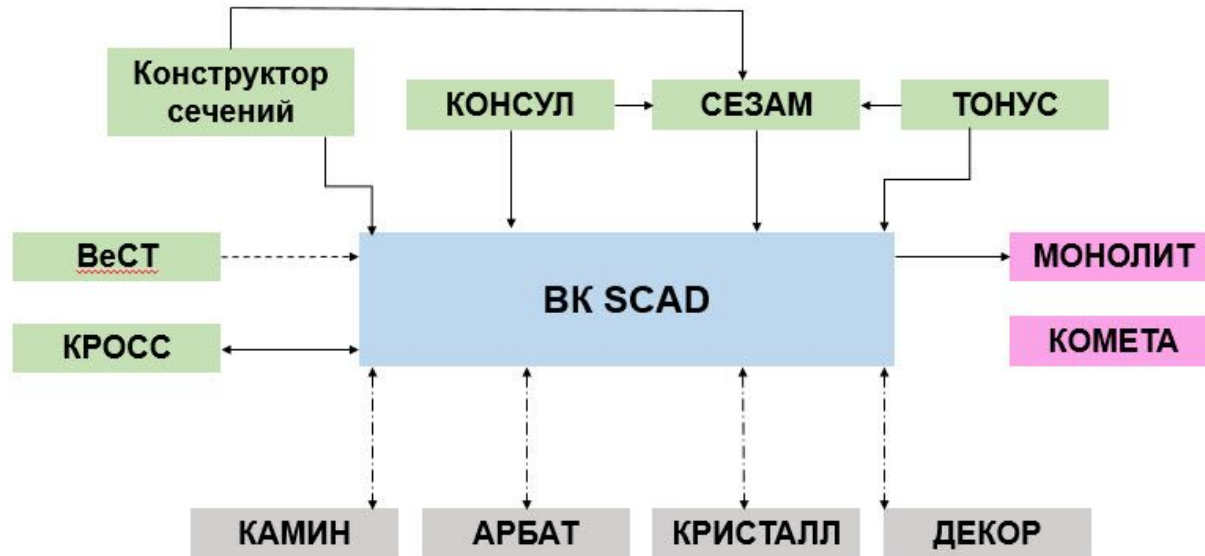
Специализированные



Универсальные



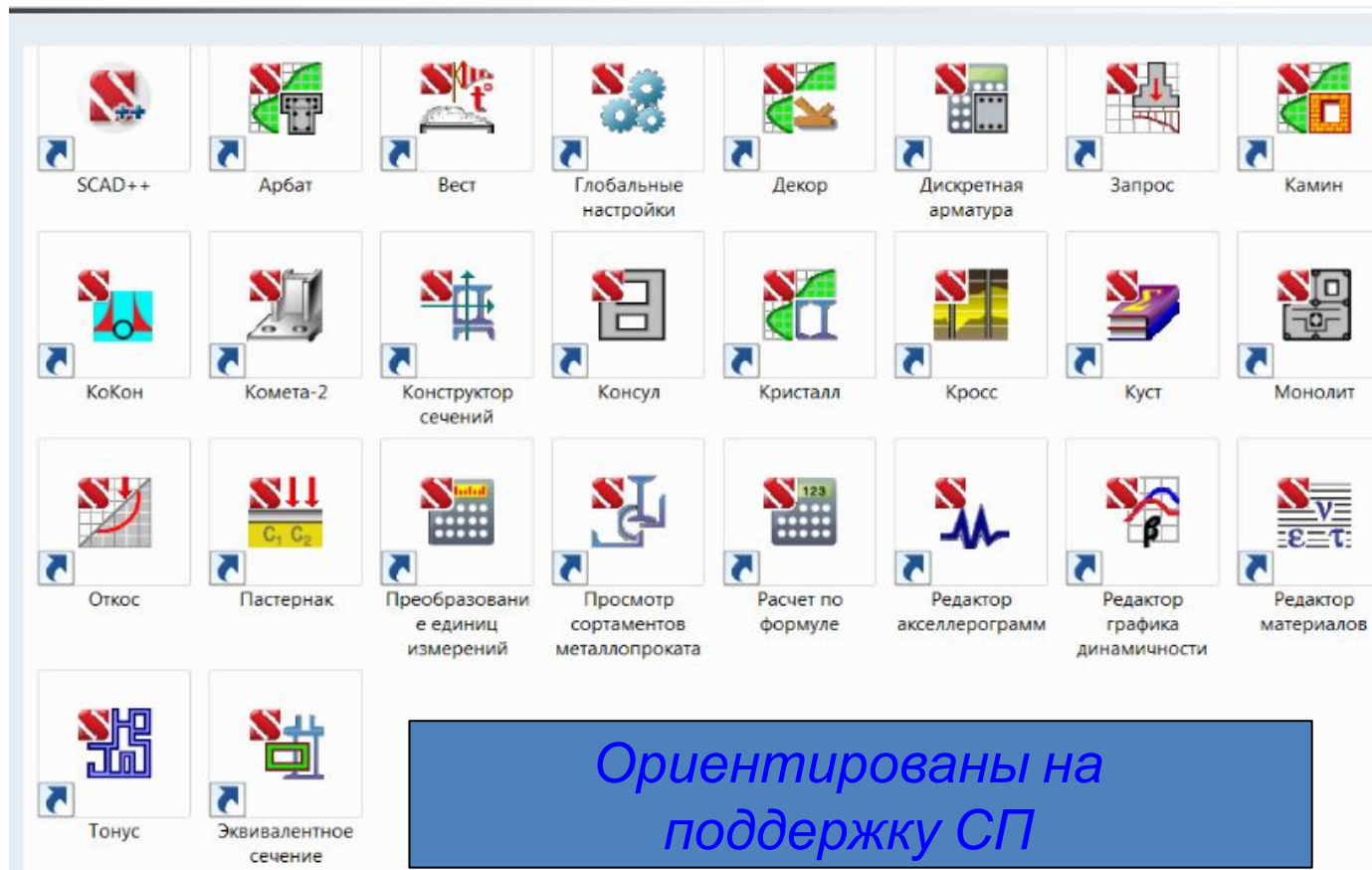
SCAD Office - программа для анализа строительных конструкций



- Проектно-аналитические программы
- Проектно-конструкторские программы
- Вспомогательные программы

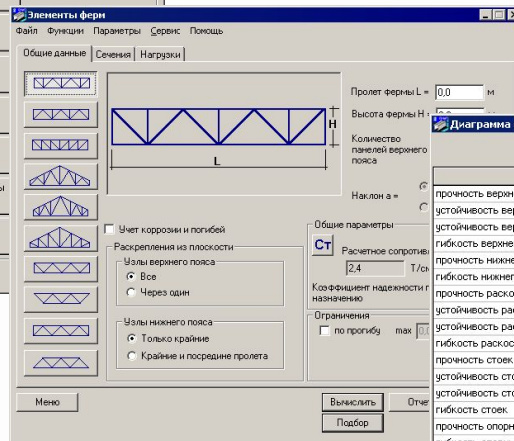
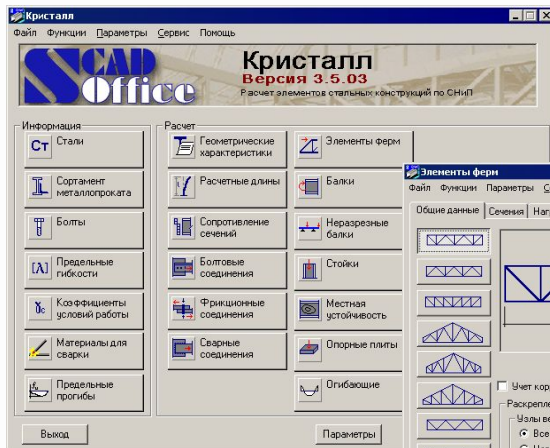


Программы – спутники SCAD



КРИСТАЛЛ – экспертиза и расчет элементов стальных конструкций

Рабочий инструмент инженера конструктора, эксперт-нормоконтролер, электронный справочник



Проверка	Коэффициент
прочность верхнего пояса	0,351599
устойчивость верхнего пояса в плоскости фермы	0,866322
устойчивость верхнего пояса из плоскости фермы	0,519744
гибкость верхнего пояса	0,364398
прочность нижнего пояса	0,815992
гибкость нижнего пояса	0,316847
прочность раскосов	0,256599
устойчивость раскосов в плоскости фермы	0,887337
устойчивость раскосов из плоскости фермы	0,660421
гибкость раскосов	0,775034
прочность стоек	0,634005
устойчивость стоек в плоскости фермы	0,953777
устойчивость стоек из плоскости фермы	0,750111
гибкость стоек	0,680102
прочность опорных раскосов	1,757
гибкость опорных раскосов	0,522201

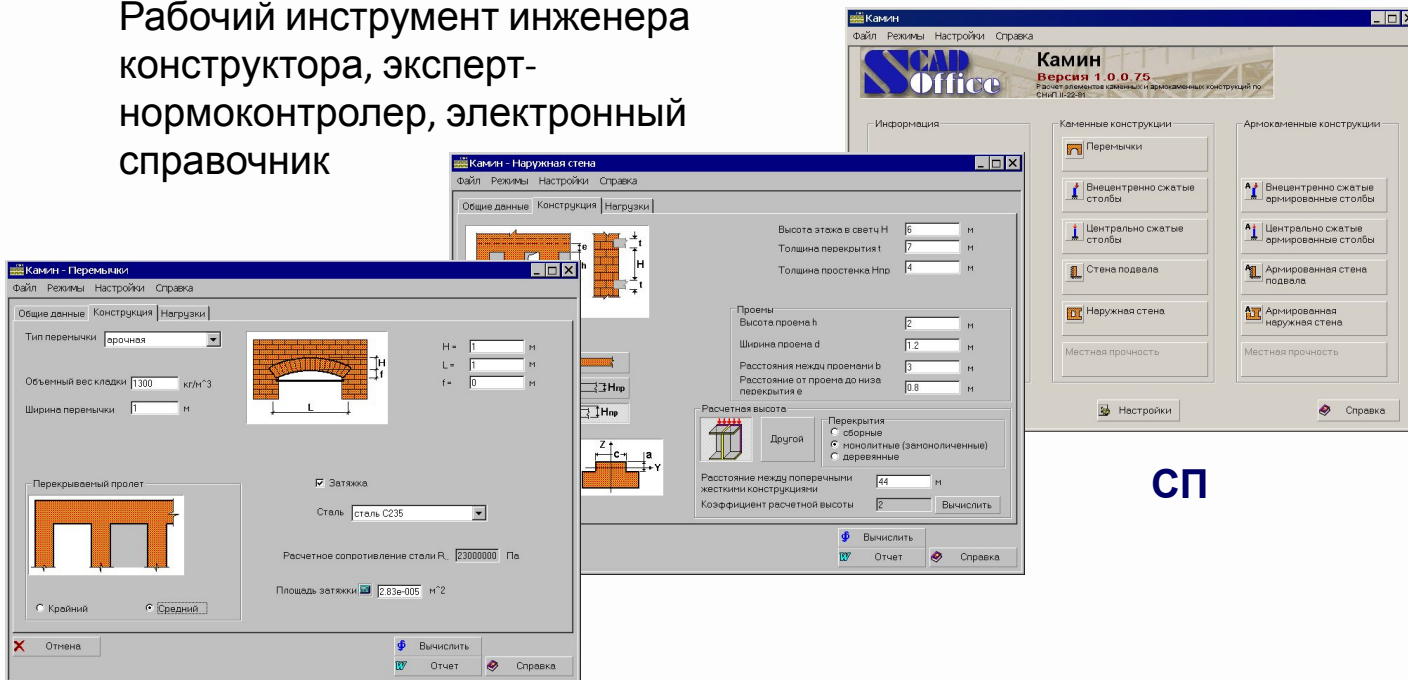
СП, Eurocode

Оперативная оценка принимаемых конструктивных решений



КАМИН – экспертиза и расчет элементов каменных и армокаменных конструкций

Рабочий инструмент инженера
конструктора, эксперт-
нормоконтролер, электронный
справочник



СП

Оперативная оценка принимаемых
конструктивных решений

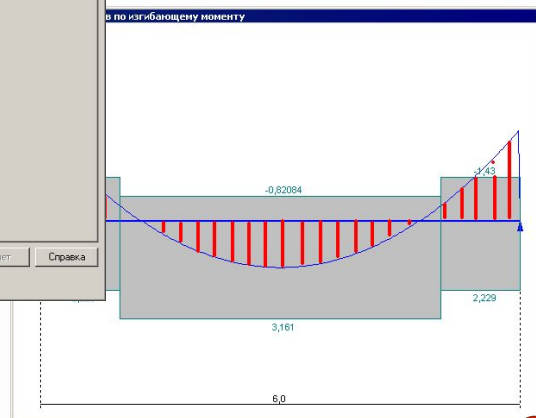
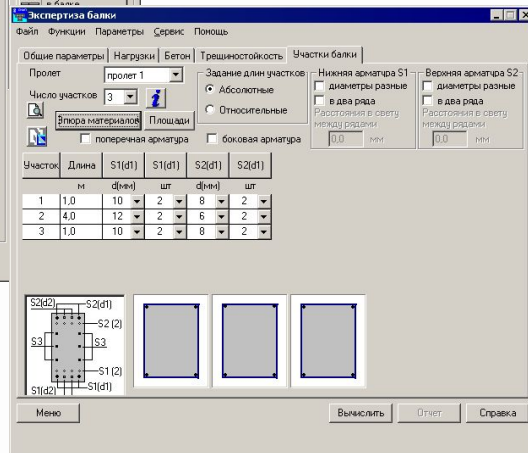


АРБАТ – экспертиза и расчет элементов железобетонных конструкций



СП

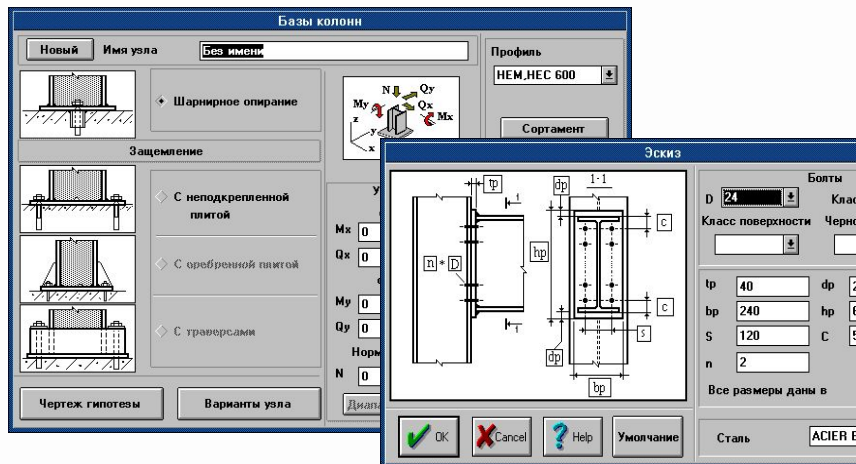
Рабочий инструмент инженера конструктора, эксперт- нормоконтролер, электронный справочник



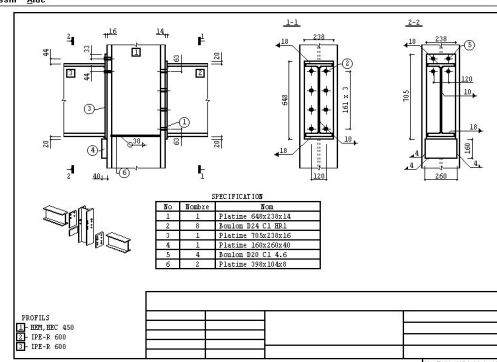
Оперативная оценка принимаемых конструктивных решений



КОМЕТА – расчет и проектирование узлов стальных конструкций



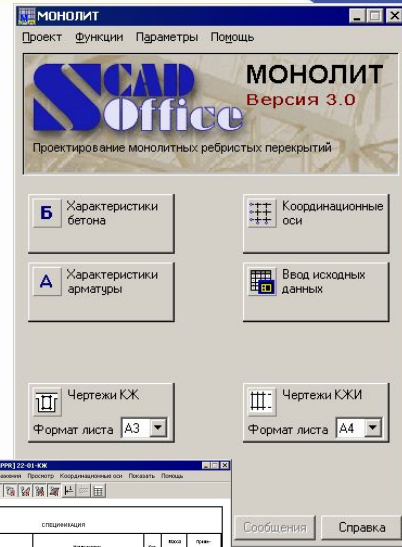
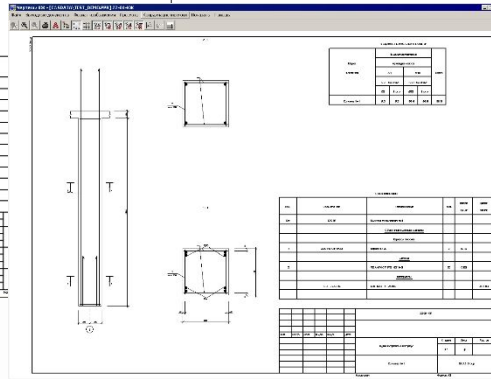
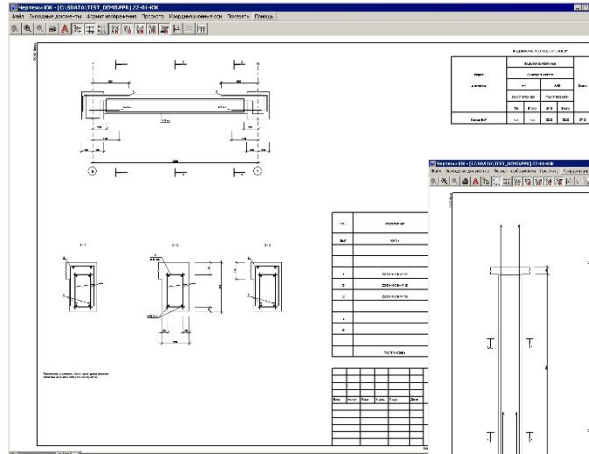
СП,
Eurocode



Более 50 прототипов узлов примыкания балок к колонне, стыков балок и баз колонн



Монолит – проектирование ребристых перекрытий



Спецификация

Обозначение	Наименование	Ед.	Масса кг/шт	Пункт заказа
ОК 03	Бетон монолитный Бет	2		
ОК 10	Бетон монолитный Бет	2		
ОК 11-10	Бетон монолитный Бет	1		
ОК 11-20	Бетон монолитный Бет	2		
ОК 12-10	Бетон монолитный Бет	1		
ОК 12-20	Бетон монолитный Бет	1		
ОК 21-24	Бетон монолитный Бет	1		
ОК 20-20	Колоды монолитные Бет	2		
Объемы арматуры в изделии				
№ПЗ	22-01-ОК-В1Р1	Арматура ВР1	4	7,21
№П2	22-01-ОК-В1Р2	Арматура ВР2	4	26,26
№П3	22-01-ОК-В1Р3	Арматура ВР3	4	6,73
№П4	22-01-ОК-В1Р4	Арматура ВР4	4	9,90
№П5	22-01-ОК-В1Р5	Арматура ВР5	4	11,04
№П6	22-01-ОК-В1Р6	Арматура ВР6	4	16,01
№П7	22-01-ОК-В1Р7	Арматура ВР7	4	17,75
№П8	22-01-ОК-В1Р8	Арматура ВР8	2	22,05
№П9	22-01-ОК-В1Р9	Арматура ВР9	4	6,48
№П10	22-01-ОК-В1Р10	Арматура ВР10	3	6,14
№П11	22-01-ОК-В1Р11	Арматура ВР11	2	13,04
Примечание: При заказе указать наименование, тип, марку и диаметр арматуры.				
22-01-ОК				
ОК	Ведущий	Исполнитель	Специальность	Стаж
Административный отдел:				Специальность
				ИП
Спецификация составлена				СЧОД Офис
Исполнитель				Иванов ИА

СП, ГОСТ,
СПДС

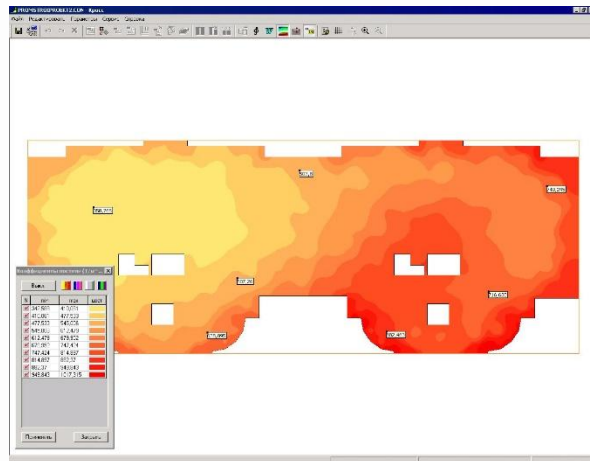
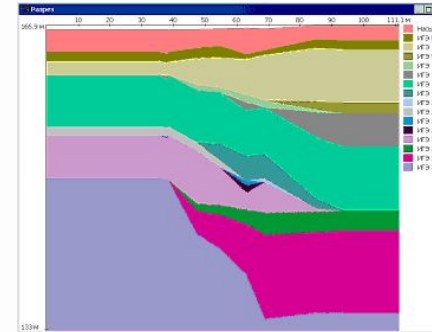
Результатом работы являются рабочие чертежи и спецификации.



КРОСС – определение коэффициентов постели для расчета фундаментных плит на упругом основании

Двухсторонняя связь с комплексом
SCAD

Геологическая структура грунтового массива
восстанавливается по данным изысканий



Коэффициенты постели определяются на
основе моделирования работы
многослойного грунтового массива.



ВЕСТ – определение нагрузок и воздействий на конструкции

The image displays the VEST software interface, which is used for determining loads and effects on structures. The main window shows the software title 'SCAD Office ВЕСТ Версия 1.5' and a menu bar with 'Файл', 'Функции', 'Параметры', 'Сервис', and 'Помощь'. The left sidebar contains various calculation options like 'Плотности', 'Местность', 'Кoeffициенты', 'Пределные прогибы', 'Собственный', 'Временные нагрузки', 'Ветер', 'Снег', 'Температура', and 'Гололед на провода и т'. The central area features a map of Russia with a search bar and a list of cities including Мешовск, Милерово, Минеральные Воды, Миердинск, Михайлов, Михайловка, Миердинск, Могоча, Можайск, Можга, Моздок, Морозовск, Моршанск, Мосальск, Москва, Мураши, Мурманск, Муром, Миенск, Мглищи, Мышкин, Набережные Челны, and Навашино. The right window, titled 'Ветер', shows a diagram of a structure with wind direction and speed indicators, and a table of parameters: 'Н' (15 м), 'd' (18 м), 'f' (1 м), 'h' (4 м), and 'A' (0 град). It also displays calculated values: 'Угол: 10 град', 'Нормативное значение: 12.112 кг/м*2', and 'Расчетное значение: 36.950 кг/м*2'. The bottom of the interface includes buttons for 'Меню', 'Используется ? по умолчанию', 'Вычислить', 'Таблица', 'Отчет', and 'Справка'.

СП «Нагрузки и воздействия».

Электронные карты ветрового, снегового и температурного районирования
База данных весовых характеристик материалов



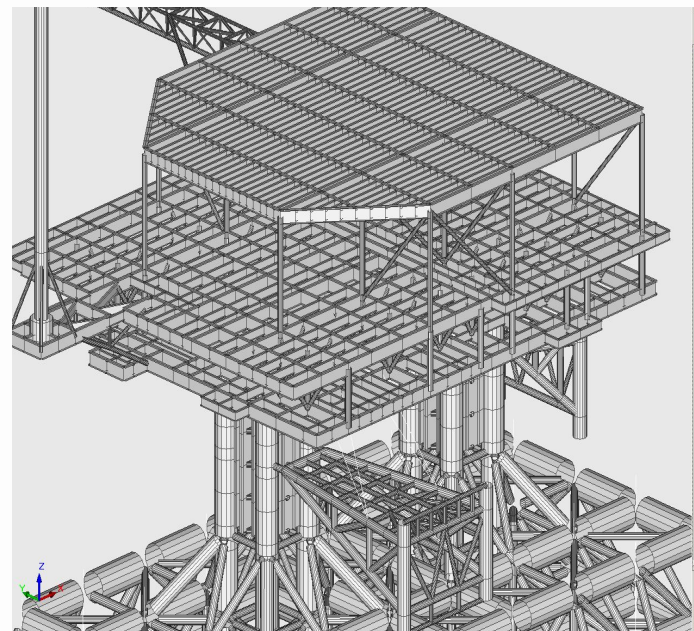
Программы для формирования сечений и расчета их геометрических характеристик

КОНСУЛ – формирование сечений и их расчет по теории сплошных стержней

ТОНУС – формирование сечений и их расчет по теории тонкостенных стержней

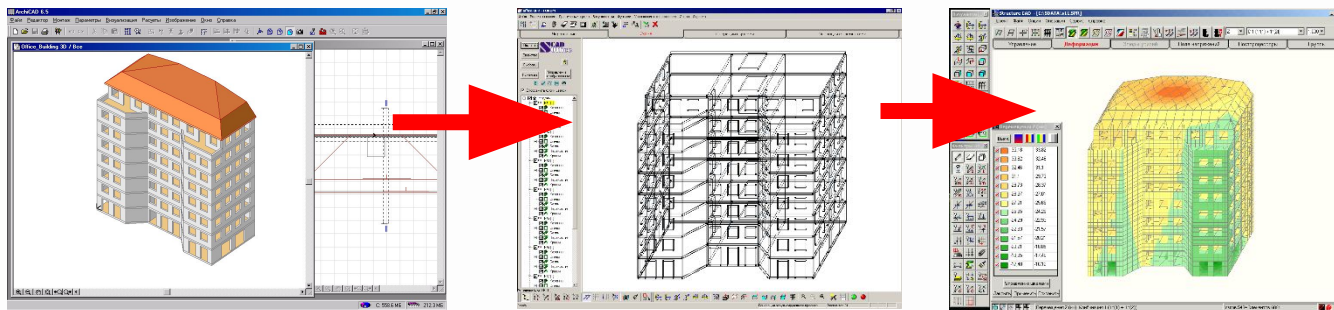
СЕЗАМ – поиск сечений, эквивалентных заданным

Конструктор сечений – формирование сечений из прокатных профилей и листов



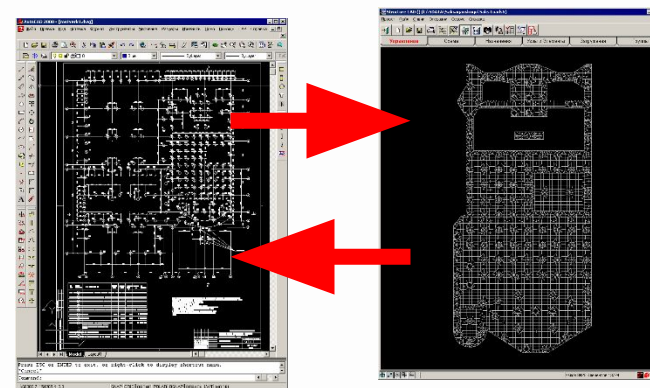
Экспорт данных в SCAD



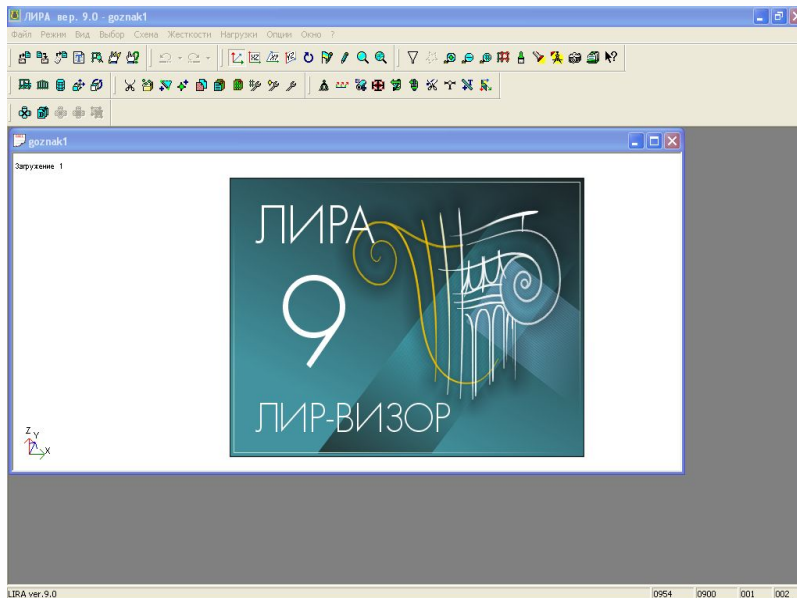


В комплексе SCAD реализован импорт геометрии из программ:

- AutoCAD (DXF, DWG)
- 3D Studio (3DS)
- StruCAD
- Hyper Steel
- МАЭСТРО
- ArchiCAD
- Architectural Desktop
- Allplan, Allplot и др.



ЛИРА



Многофункциональный программный (МКЭ) комплекс для расчета, исследования и проектирования строительных конструкций различного назначения.

- ❖ Интерактивная графическая среда на протяжении всего процесса синтеза и анализа рассматриваемого объекта;
- ❖ Автоматическая генерация к/э сетки;
- ❖ Сбор и передача нагрузок на фундамент;
- ❖ Оформление типовой пояснительной записки, доведение до чертежа;
- ❖ Информационная связь с графическими системами AutoCAD, ArchiCAD (.dxf)

ЛИРА – модульная система:



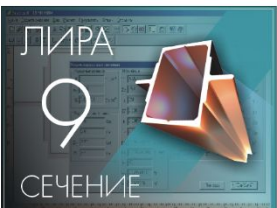
– **ЛИР-ВИЗОР** — весь цикл задания исходных данных, формирование расчетной к/э модели, расчет на любые воздействия, формирование выходных документов.



– **ЛИР-АРМ** — конструирование ж/б конструкций (подбор площадей сечений арматуры ж/б элементов колонн, балок, плит, оболочек), .dxf



– **ЛИР-СТК** — подбор и конструирование сечений элементов метал. ферм, балок, колонн.



– **СЕЧЕНИЕ** — формирование сечений произвольной конфигурации, расчет геометрических характеристик.



– **СОРТАМЕНТ** — проектирование прокатных и стальных профилей.

ПК ЛИРА 10



Многофункциональная система анализа и расчета строительных и машиностроительных конструкций

В ПК Лира 10 объединены все расчетные модули семейства Лира, это и армирование, и расчет металлоконструкций по I и II группе предельных состояний, и конструирование сечений.

- В новый препроцессор ПК Лира 10 вошли самые современные графические технологии, использующие все мощности компьютера, позволяющие оперативно манипулировать объектами.
- Расчетный процессор теперь позволяет решать нелинейную задачу в прямой динамической постановке на различных стадиях монтажа/демонтажа сооружения (нелинейность, динамика+, монтаж).
- Кардинально переработанная система расчета металлоконструкций, позволяющая выводить по каждому элементу не только результаты расчета, но так же и все промежуточные расчеты, с выводом формул, значений и оценок.



Многофункциональная система анализа и расчета строительных и машиностроительных конструкций

Улучшена работа с примитивами – фермами, плоскими и трехмерными фигурами. Для ферм создана новая система построения на основе шаблонов.

- Использование оболочек с шестью степенями свободы теперь позволяет адекватно оценивать передачу крутильных усилий в использовании соединений оболочек со стержнями.
- Реализован стержень переменного сечения наряду с учетом секториального момента инерции.
- Появилась возможность расчета сооружений на сейсмограммы землетрясений, прикладываемые в основание сооружения в виде граничных условий. В отличие от расчета по акселерограммам, прикладываемым ко всему сооружению, в данной постановке появилась возможность учесть скорость распространения волны по сооружению (эффект «хлыста»).

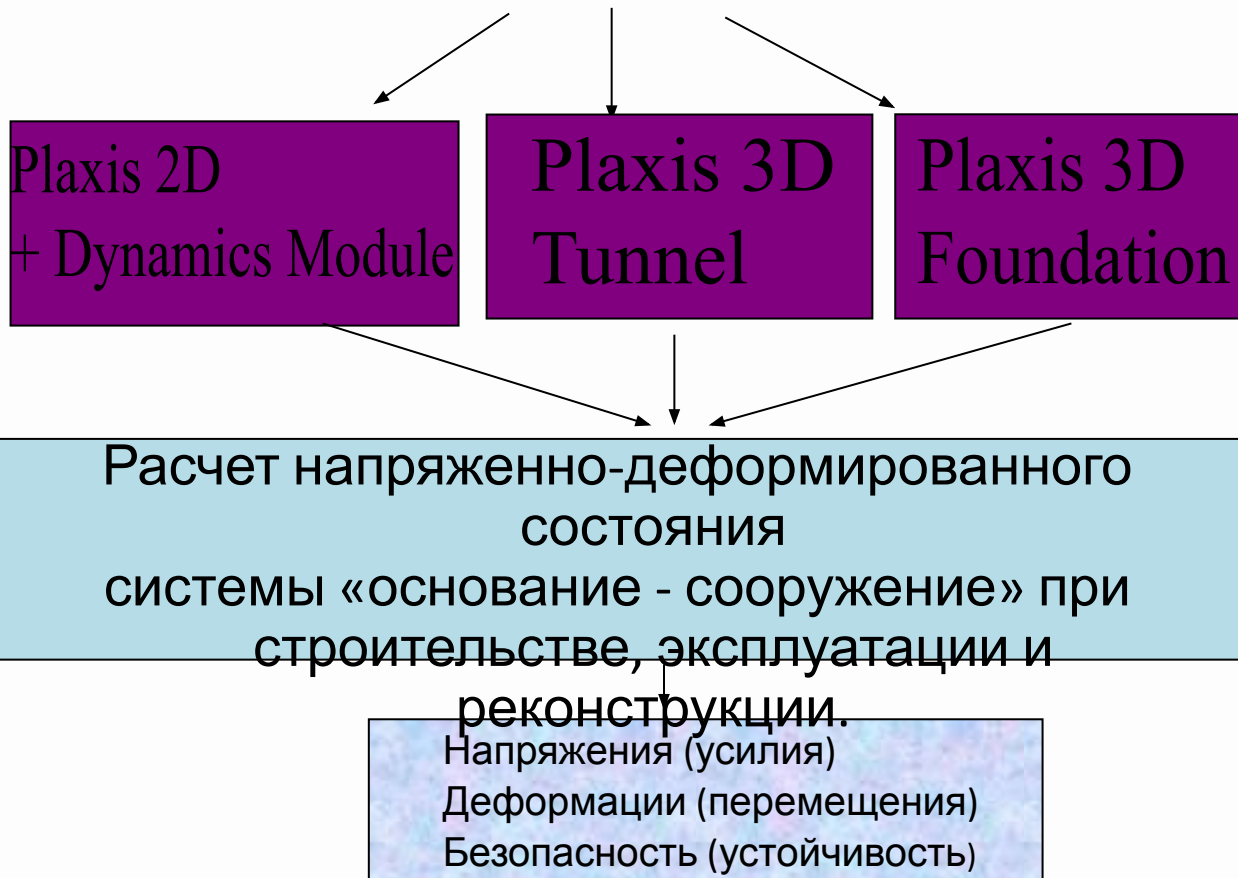


Система **Ing+** - современный комплекс программ для проектирования строительных конструкций, сочетающий удобство использования с точностью получаемых результатов, **соответствием требованиям нормативных документов стран СНГ и Европы,**

В систему проектирования входят следующие подсистемы:

- **ViCADo** – подсистема архитектурного и инженерного проектирования строительных объектов с широкими возможностями визуализации.
- **MicroFe-СДК** – подсистема конечноэлементных расчетов строительных конструкций на прочность, устойчивость, колебания.
- **Статика** – пакет программ для расчетов и конструирования железобетонных, стальных элементов строительных конструкций, фундаментов и подпорных стен.
- **COSTRUC (Сталебетон)** – пакет программ для расчетов и конструирования композитных (сталежелезобетонных) элементов.

Plaxis



Расчетные возможности

- Расчет пластичности.
- Поэтапное возведение.
- Консолидация.
- Коэффициент устойчивости.
- Автоматическое пошаговое нагружение.

Нелинейные модели грунта

- ◆ Модель Кулона-Мора;
- ◆ Модель упругого грунта;
- ◆ Модель слабого грунта;
- ◆ Реалогическая модель;
- ◆ Модель скального грунта.

ANSYS

многоцелевой пакет для проектирования и выполнения **конечно-элементного анализа**.

- Статический и динамический* анализ конструкций с учетом геометрической и физической *нелинейности*, ползучести и пластичности;
- Анализ *усталостных* разрушений;
- Задачи линейной и нелинейной *устойчивости* конструкций;
- Задачи гидравлики и гидродинамики;
- Смешанные типы анализа (термомеханический, гидротепловой);
- Контактные* задачи;
- Задачи *оптимизации*.

Преимущества ANSYS

1. Наибольшее число легальных пользователей в России
2. Наличие достаточного объема документации и литературы на русском языке
3. Полнофункциональная версия на ПЭВМ
4. Удобное пользовательское программирование, упрощающее локализацию (разработка и включение собственных программ)
5. Решение задач оптимального проектирования;
6. Новый метод решения СЛАУ
7. Специальная конфигурация ANSYS/CivilFEM для задач строительства
8. Специализированные модули ANSYS/CivilFEM для мостов, грунтов...
9. Возможность решения связанных задач (учет теплообмена, аэродинамики...)

Получить **линейное** решение, которому можно доверять на практике, посильная задача для сотен CAE-пакетов...

Получить “**надежное**” **нелинейное** решение серьезной задачи несравнимо сложнее.

Полный сертификат NAFEMS требует выполнения примерно **8000** тестовых задач.

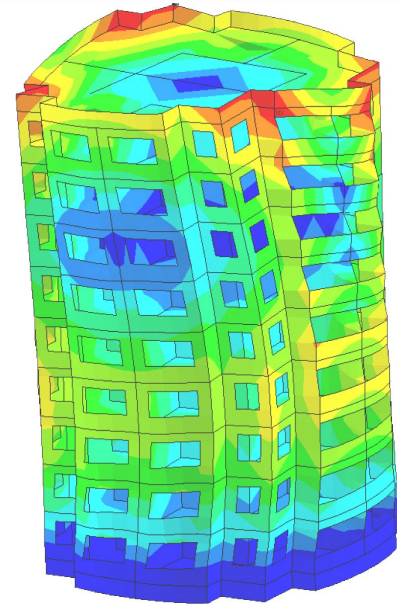
ANSYS его получил **единственным** из CAE-пакетов!

ANSYS /CivilFEM

- **CivilFEM** –специализированный модуль для задач промышленного и гражданского строительства, созданный на базе популярнейшего в мире (более миллиона легальных пользователей) конечно-элементного пакета “**ANSYS**”.
- **Комбинация ANSYS+CivilFEM** позволяет рассчитывать широкий круг конструкций из стали, армированного и преднапряженного бетона, мосты, дамбы, основания, решать задачи геотехники и т.д.
- Высокая степень интеграции позволяет решать задачи сверхсложные как “вычислительно”, так и “технологически”

Анализ строительных конструкций

- ❖ Библиотека свойств строительных материалов
- ❖ Библиотека сечений
- ❖ Упрощенный пре-постпроцессинг
- ❖ Комбинации расч. случаев
- ❖ Проверка бетонов,
стальных элементов согласно нормам
- ❖ Армированные балки и оболочки
- ❖ Нелинейный анализ бетонов
- ❖ Предварительно напряженный бетон
- ❖ Нагрузки от транспортных средств
- ❖ Механика грунтов
- ❖ Модули по расчету дамб, мостов





university

Тюменский
индустриальный
университет

Благодарю за внимание!

Шестакова Алена Петровна
shestakovaap@tyuiu.ru

ПЕРВЫЙ ВУЗ
КОРПОРАЦИЙ

www.tyuiu.ru