

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

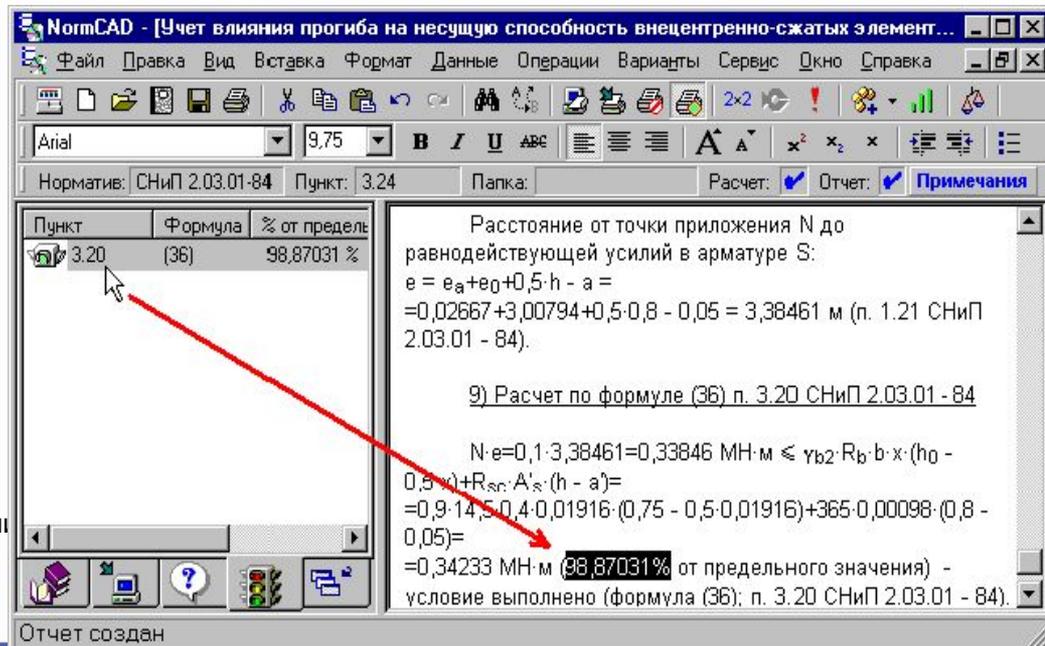
Назначение - выполняет расчеты строительных конструкций по СНиП и готовит проектную документацию для представления заказчику и в органы экспертизы:

- 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.
3. Удобный ввод данных в режиме опроса. Программа сама определяет, какие данные еще не введены, и предлагает их ввести. Простые диалоговые окна.
4. Данные при вводе контролируются, но при всей простоте программа рассчитана на грамотных, понимающих расчетчиков.
5. Программа может служить в учебных целях, т.к. раскрывает всю последовательность расчета.
6. Расчет можно выполнять на основе готовых примеров из Пособий к СНиП.
7. Возможность расчета сечений произвольной формы.
8. Возможность получения информации в виде графиков.
9. Подбор оптимальных значений параметров
10. Оценка таблиц результатов других программ на требования норм.
11. Открытый алгоритм расчетов. Встроенный язык программирования.
12. Отчет можно передать в Word с оформлением рамкой и основной надписью по ГОСТ.
13. Отчеты, подготовленные в программе, принимаются органами экспертизы.
14. Программу используют сотни проектных организаций.



NormCAD - [Учет влияния прогиба на несущую способность внецентренно-сжатых элемент...]

Файл Правка Вид Вставка Формат Данные Операции Варианты Сервис Окно Справка

Норматив: СНиП 2.03.01-84 Пункт: 3.24 Папка: Расчет: Отчет: Примечания

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

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).

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

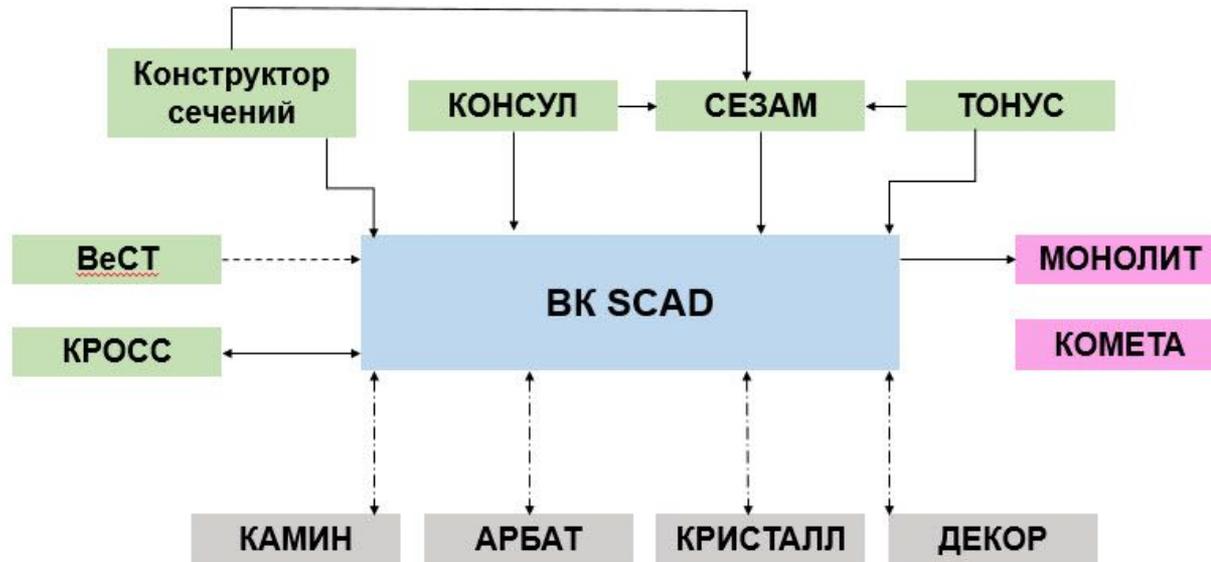
Специализированные

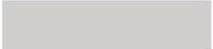
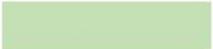


Универсальные



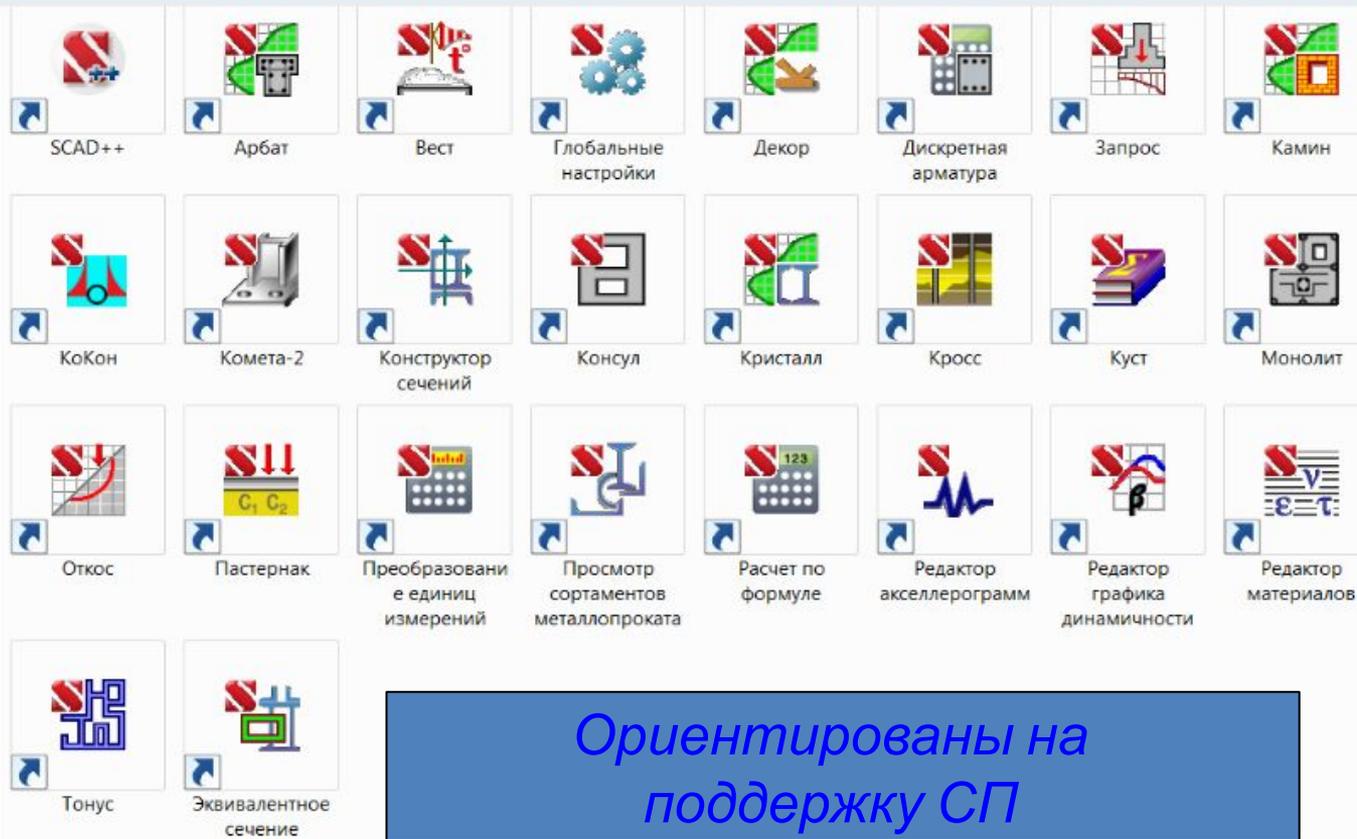
SCAD Office - программа для анализа строительных конструкций



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

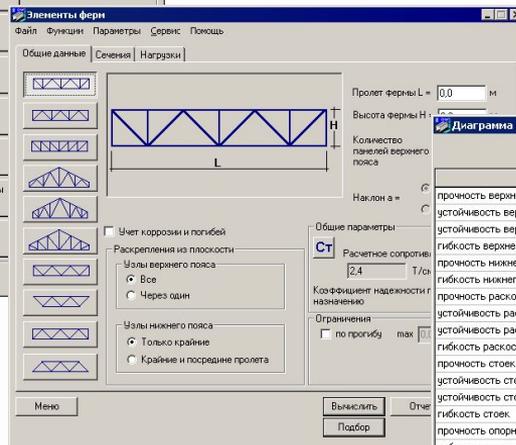


Программы – спутники SCAD



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

The image displays three overlapping windows from the 'Камин' software:

- Камин - Перемычки**: Shows input fields for arch parameters (H, L, t), material weight, and reinforcement details. It includes a diagram of an arch and a reinforcement layout.
- Камин - Наружная стена**: Shows input fields for wall height, thickness, and window dimensions. It includes a diagram of a wall with a window.
- Камин** (Main): Shows a menu bar and a list of construction types under 'Каменные конструкции' and 'Армокаменные конструкции'.

SP

Оперативная оценка принимаемых
конструктивных решений

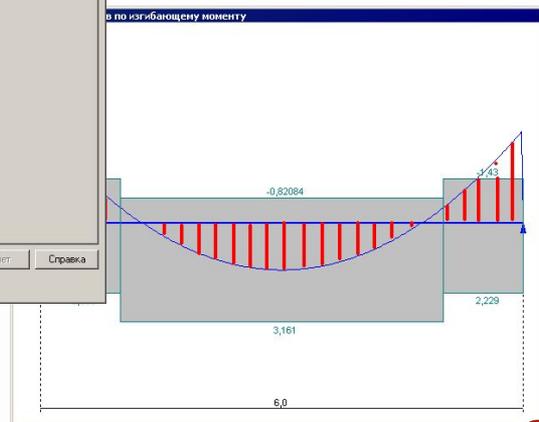
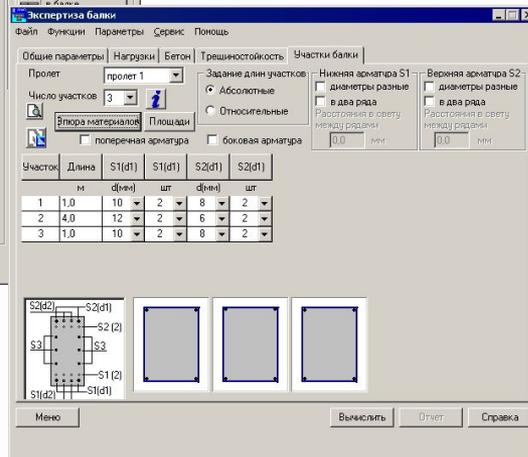


АРБАТ – экспертиза и расчет элементов железобетонных конструкций



СП

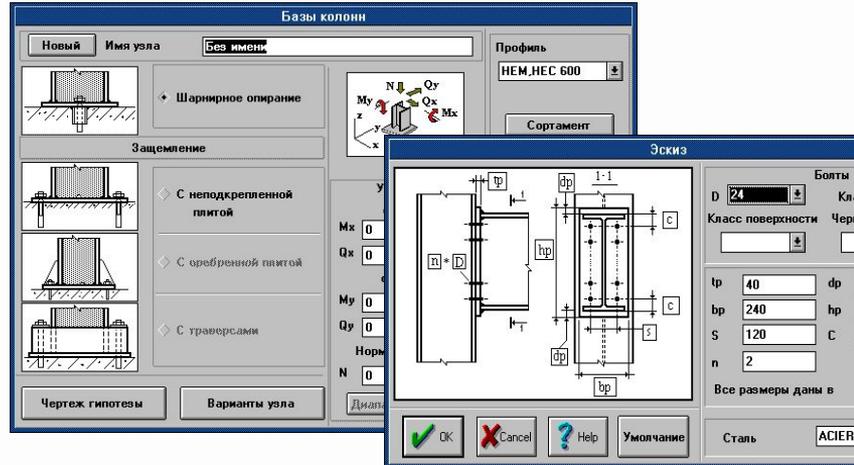
Рабочий инструмент инженера конструктора, эксперт- нормоконтролер, электронный справочник



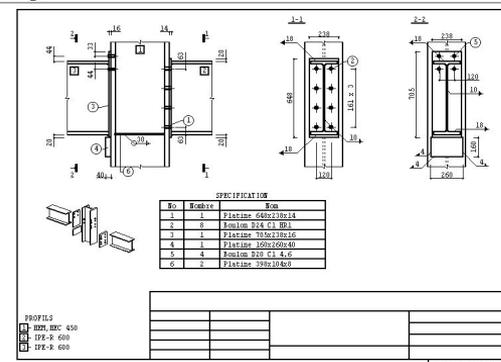
Оперативная оценка принимаемых конструктивных решений



КОМЕТА – расчет и проектирование узлов стальных конструкций



СП,
Eurocode



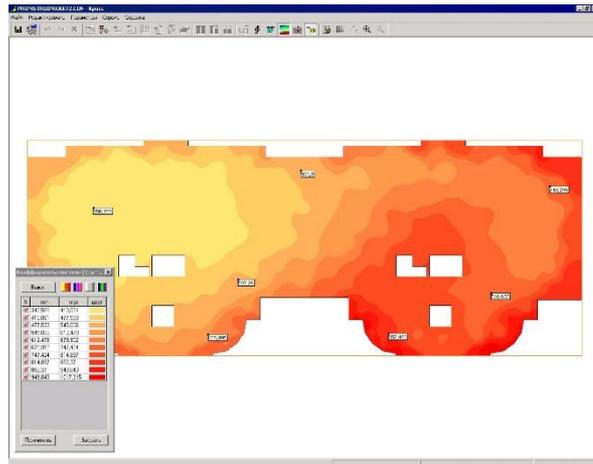
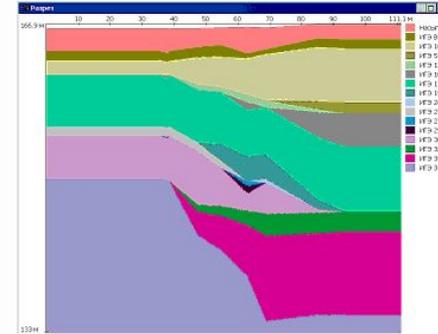
Более 50 прототипов узлов примыкания балок к колонне, стыков балок и баз колонн



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 interface is divided into several sections:

- Информация:** Includes buttons for 'Плотности', 'Местность', 'Коэффициенты', and 'Предельные прогибы'.
- Расчет:** Includes buttons for 'Собственный', 'Временные нагрузки', 'Ветер', 'Снег', 'Температура', and 'Гололед на провода и т.'.
- Местность:** A map of Russia with a search bar and a list of cities. The 'Результаты' section shows a table of parameters for the selected location (Moscow):

Снеговой район	III
Ветровой район	I
Средняя скорость ветра зимой	4
Среднемесячная температура января	-10
Среднемесячная температура июля	20
Географическая широта [град. с.ш.]	56
Отклонение среднесуточных температур от среднемесячных	20
Гололедный район	II
- Ветер:** A detailed window for wind load calculation. It shows a diagram of a structure with wind direction and speed. The 'Параметры' section includes:

Н	15	м
d	18	м
f	1	м
h	4	м
α	0	град.

The 'Поиск' window lists various cities, with 'Москва' selected. The 'Ветер' window also displays a diagram of a structure with wind direction and speed, and a text box showing: 'Угол: 10 град. Нормативное значение: 12.112 кг/м*2 Расчетное значение: 36.950 кг/м*2'. The 'Поверхность' is set to 'Стена (в плане)' and 'Шаг окантования' is 10 град.

СП «Нагрузки и воздействия».

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



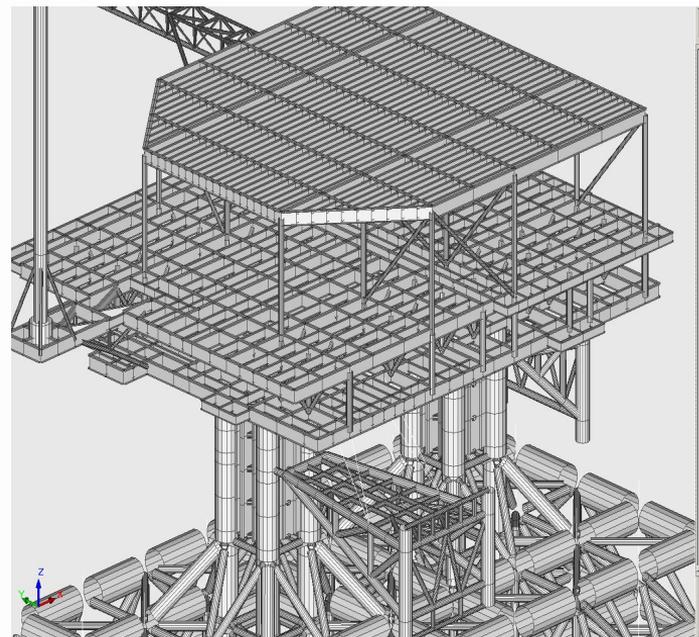
Программы для формирования сечений и расчета их геометрических характеристик

КОНСУЛ – формирование сечений и их расчет по теории сплошных стержней

ТОНУС – формирование сечений и их расчет по теории тонкостенных стержней

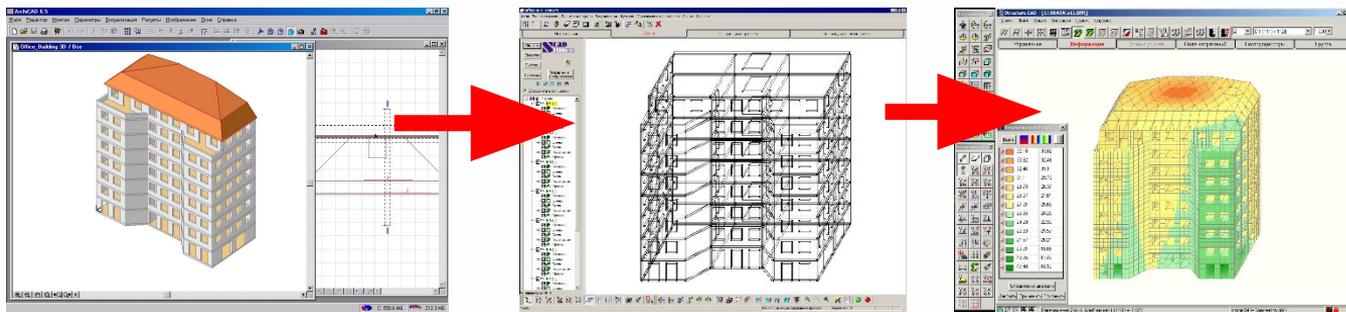
СЕЗАМ – поиск сечений, эквивалентных заданным

Конструктор сечений – формирование сечений из прокатных профилей и листов



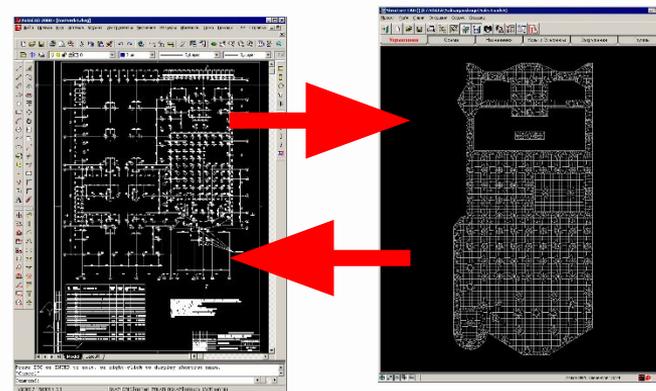
Экспорт данных в SCAD



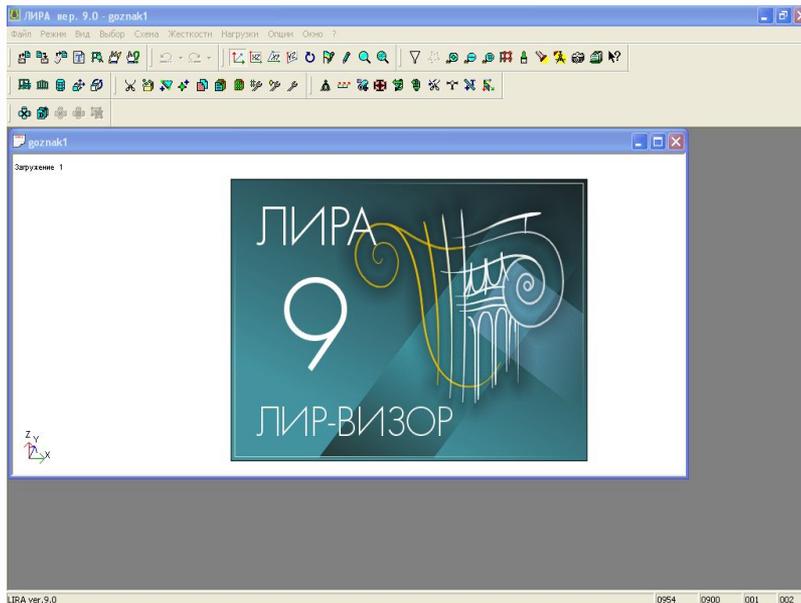


В комплексе SCAD реализован импорт геометрии из программ:

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

- В новый препроцессор ПК Лири 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»).

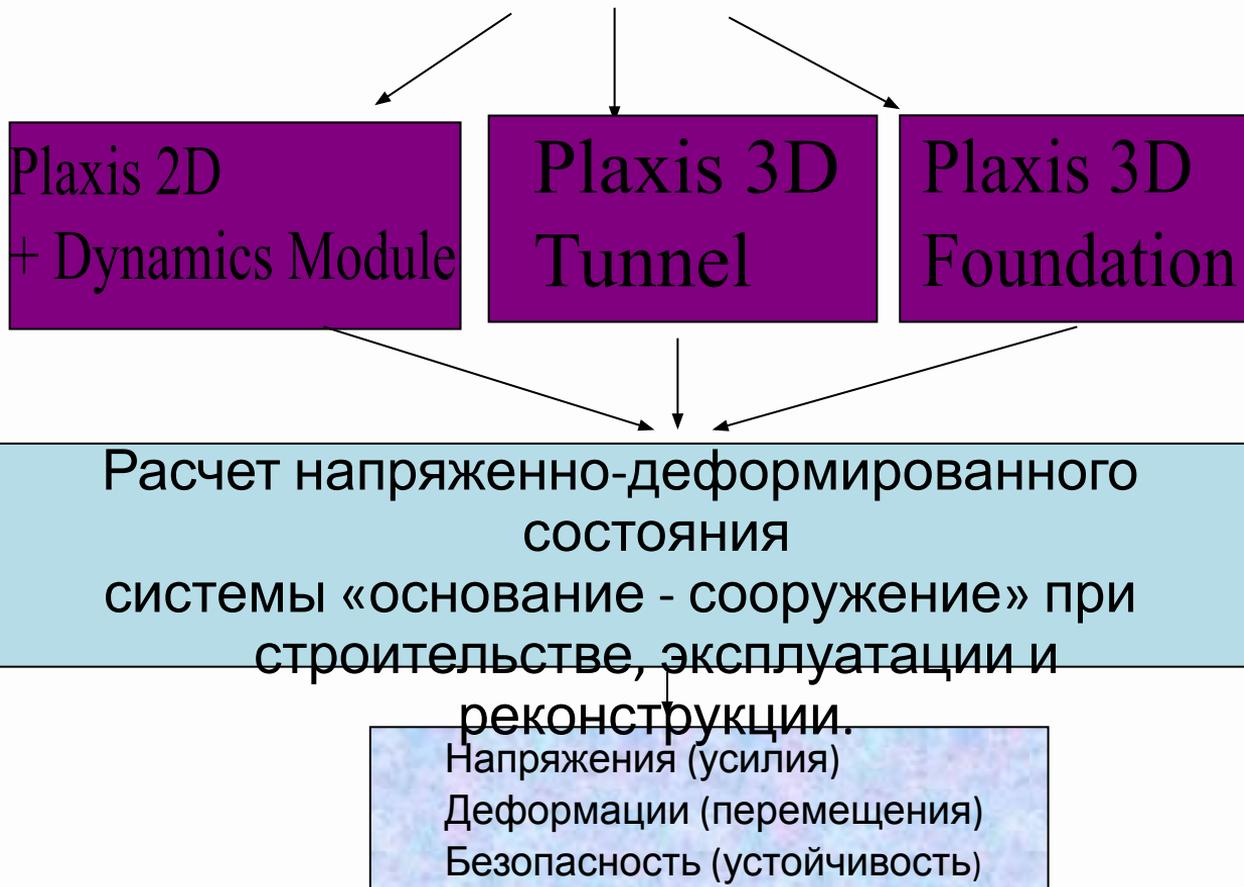


Система **Ing+** - современный комплекс программ для проектирования строительных конструкций, сочетающий удобство использования с точностью получаемых результатов, **соответствием требованиям нормативных документов стран СНГ и Европы,**

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.

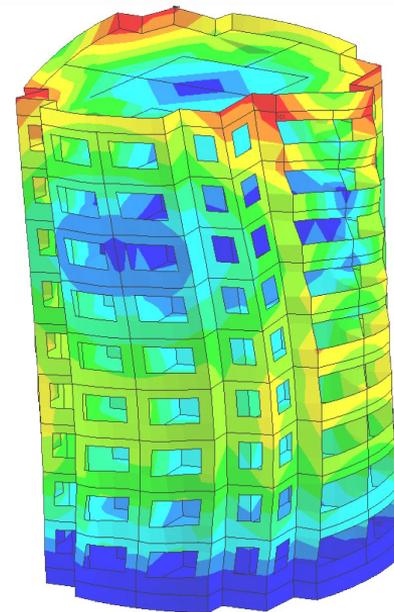
ANSYS его получил **единственным** из CAE-пакетов!

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