

Программное обеспечение для проектирования стальных конструкций

Проектно-вычислительный комплекс SCAD [1], широко используемый для расчета и проектирования конструкций зданий и сооружений, за последнее время был окружен «свитой» малых специализированных программ. К их числу принадлежат программы КОМЕТА, КРИСТАЛЛ, КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ, ВЕСТ, а также КАТАЛОГИ СОРТАМЕНТОВ, которые ориентированы на реализацию проектных процедур, связанных с расчетом элементов стальных конструкций и их соединений [2], [3]. Каждая из этих программ может работать автономно, а все вместе входят в набор взаимоувязанных по управлению и информации программных средств, который по известной аналогии называется SCAD Office.

Упомянутые разработки максимально учитывают современное состояние и направления деятельности в проектировании, которые характеризуются следующими особенностями:

- основной объем проектных работ связан с экспертизой технического состояния существующих конструкций или с проектированием относительно небольших конструктивных систем;
- проектирование мощных конструкций производственных зданий и специальных сооружений почти не ведется;
- снятие ограничений на проектирование стальных конструкций, в том числе и по типам проектных организаций, привело к тому, что к этой работе оказались причастными много «новичков», которые, являясь опытными проектировщиками конструкций другого типа, чувствуют себя не вполне уверенно в новой предметной области.

Эти обстоятельства сформулировали набор основных идей, которые были положены в основу разработки:

- пользователь должен быть уверен, что программа проведет исчерпывающую и строгую экспертизу на все требования норм проектирования и в ней будут реализованы только эти требования, а другие (быть может весьма разумные!) проектные идеи и процедуры не будут применяться;
- программа работает с ограниченным набором конструктивных решений и видов поперечных сечений, характерным для предполагаемой области применения и полностью описанными в требованиях СНиП II-23-81*;
- пользователь не должен быть связан необходимостью поиска основной справочной и нормативной информации, вся она должна присутствовать в базе данных программы;
- учитывая современное состояние на рынке металлопроката, необходимо обеспечить доступ пользователя к характеристикам сортаментов различных лет и различных стран;
- необходимо предоставить пользователю возможность весьма детального анализа результатов экспертизы, оставляя за ним право принятия решений по изменению и улучшению конструктивного решения.

1. Кристалл

Программа **Кристалл** предназначена для выполнения проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования». Предполагается, что расчетные усилия соответствуют нагрузкам, определенным по СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия». Требованиям этого же документа соответствуют реализованные в программе правила выбора расчетных сочетаний усилий. При создании программы **Кристалл** использовались

связанные со СНиП II-23-81* государственные стандарты, а также «Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко».

Кроме указанной функции **Кристалл** выполняет в некоторой степени и роль справочника, с помощью которого можно уточнить некоторые фактические данные относительно сортаментов металлопроката, болтов и материалов для сварки, а также многие положения СНиП II-23-81*.

В программе реализован большой набор режимов работы, о чем можно судить по виду его главного окна (рис.1), где каждому из этих режимов соответствует кнопка вызова.

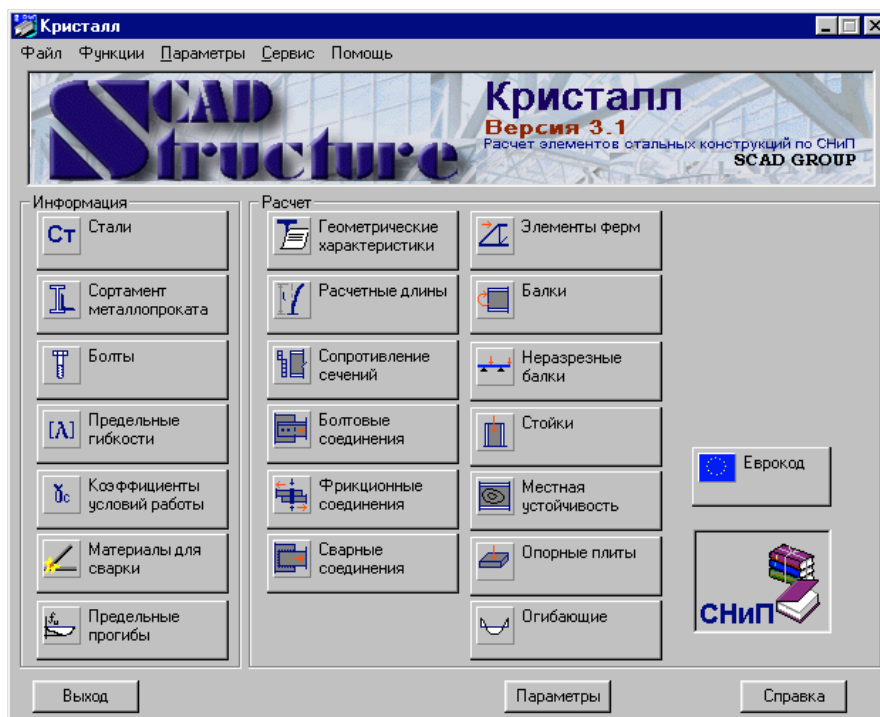


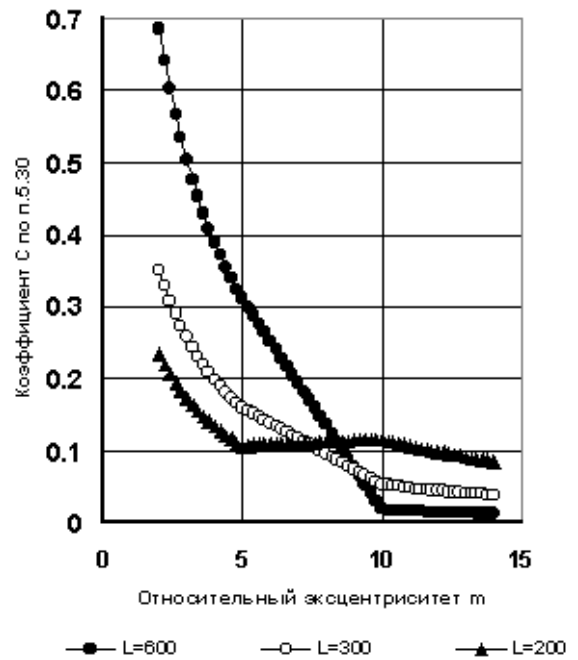
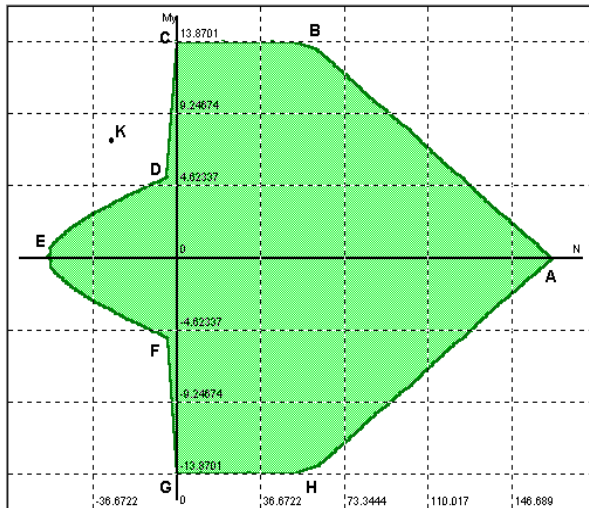
Рис.1. Главное окно калькулятора Кристалл

Детальное исследование несущей способности поперечного сечения, которое выполняется в рамках режима **Сопrotивление сечений**, дало возможность обнаружить некоторые неточности норм. Оказалось, что можно встретить случаи, когда область несущей способности элемента оказывается невыпуклой. Типичный пример такой кривой представлен на рис.2.а. Здесь рассмотрено поперечное сечение в виде симметричного сварного двутавра со стенкой 400×10 мм и полками 200×10 мм из стали с расчетным сопротивлением $R_y = 2050 \text{ кг/см}^2$. Расчетная длина стержня в обоих главных плоскостях составляет 600 см, коэффициент условий работы и коэффициент надежности по назначению приняты равными $\gamma_c = 1,0$ и $\gamma_n = 1,0$.

Граница области несущей способности на участках АВ и АН определяется условием прочности при совместном действии растяжения и изгиба, на участках ВС и GH — устойчивостью плоской формы изгиба, на участках CD и GF как и на участке DEF — устойчивостью из плоскости действия момента.

Невыпуклость кривой CDEFG связана со сменой типа зависимости коэффициента s , вычисляемого по формулам (57) — (59) СНиП II-23-81*, от величины относительного эксцентриситета m . Эта зависимость для трех значений длины рассматриваемого стержня приведена на рис.3.б Характерный излом при значении $m = 10$, где функция $s = s(m)$ меняется с линейной на гиперболическую, соответствует точкам D и F на кривой взаимодействия. Невыпуклость кривой CDEFG связана со сменой типа зависимости коэффициента s , вычисляемого по формулам (57) — (59) СНиП II-23-81*, от величины

относительного эксцентриситета m . Эта зависимость для трех значений длины рассматриваемого стержня приведена на рис.3.б Характерный излом при значении $m = 10$, где функция $c = c(m)$ меняется с линейной на гиперболическую, соответствует точкам D и F на кривой взаимодействия.



а)

б)

Рис. 2. Область несущей способности и зависимость $c(m)$

Сама по себе невыпуклость рассматриваемой области может привести ко многим неприятным последствиям, наиболее очевидным является следующее — по традиции оценивая невыгодные сочетания усилий инженеры либо вообще не рассматривают некоторые воздействия, либо учитывают их полностью. Для невыпуклой области, однако, возможно и такое, что невыгодным является некоторое промежуточное значение. Так если одно нагружение соответствует точке С, а другое точке Е (в обоих случаях несущая способность обеспечена) то приняв момент и силу, равными половине предельных значений мы окажемся в точке К за пределами допустимой области.

2. Конструктор сечений

Конструктор сечений предназначен для формирования произвольных составных сечений из стальных прокатных профилей и листов, которые выбираются из различных сортаментов (рис. 3.а).

Для сконструированного сечения (рис. 3.б) определяются:

площадь поперечного сечения A ; значения моментов инерции I_y и I_z относительно центральных осей, параллельных координатным осям сечения правой декартовой системы координат Y и Z ; радиусы инерции i_y и i_z относительно тех же осей; момент инерции при свободном кручении I_t ; координаты центра тяжести; значение угла наклона главных центральных осей инерции; максимальный I_u и минимальный I_v моменты инерции; максимальный i_u и минимальный i_v радиусы инерции; максимальный W_{u+} и минимальный W_{u-} моменты сопротивления относительно оси U ; максимальный W_{v+} и минимальный W_{v-} моменты сопротивления относительно оси V ; ядровое расстояние вдоль положительного a_{u+} и отрицательного a_{u-} направления оси U ; ядровое расстояние вдоль положительного W_{v+} и отрицательного W_{v-} направления оси V .

В программе осуществляется постоянный контроль габаритов собираемого сечения, а по результатам расчета формируется отчет.

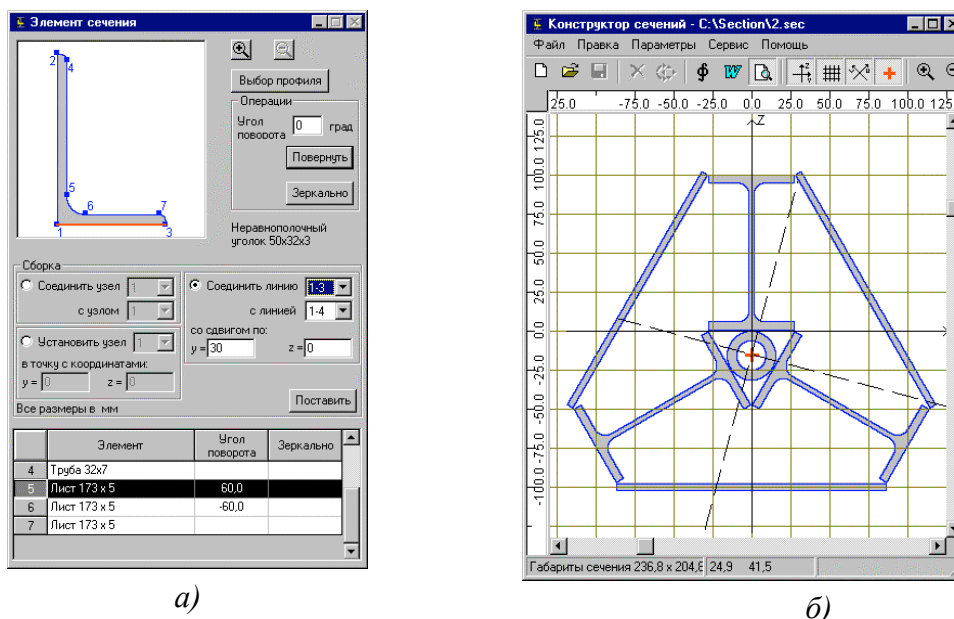


Рис. 3. Сборка сечений

3. Комета

Программный комплекс **Комета** [2] предназначен для расчета и проектирования узлов стальных конструкций зданий и сооружений в промышленном и гражданском строительстве. В комплексе реализован подход, в котором при проектировании используется набор параметризованных конструктивных решений узлов (прототипов). В процессе проектирования параметры прототипов изменяются в зависимости от заданных условий применения (усилий, материала и т.п.) и установленных норм проектирования.

Основной задачей, решаемой программой, является получение технического решения узла, соответствующего выбранному варианту норм проектирования, которое удовлетворяет заданным условиям применения. Результатом работы является чертеж узла и данные о прочности его отдельных элементов (деталей конструкции, сварных швов, болтов и т.д.). Последние дают возможность пользователю оценить качество полученного технического решения и, при желании, изменить некоторые из параметров конструкции.

4. Вест

Программа **Вест** предназначена для определения нагрузок и воздействий в соответствии с указаниями СНиП 2.01.07-85. Предполагается реализация следующих основных режимов работы:

- **местность** — определение климатических районов по СНиП 2.01.07-85. Обращение к этому режиму должно дать возможность установить ветровой, снеговой и температурный район строительства. Точность локализации соответствует административно-территориальному району Украины или России и/или городам областного подчинения;
- **собственный вес** — определение нагрузки от собственного веса многослойного пакета по указанным наименованиям материалов и толщинам слоев;
- **временные** — определение равномерно распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий, лестницы и полы по задаваемому наименованию помещения;
- **ветер** — определение статической части ветровой нагрузки на некоторые типы зданий и сооружений;

- **снег** — определение снеговой нагрузки на некоторые типы зданий и сооружений;
- **температура** — определение климатических температурных воздействий.

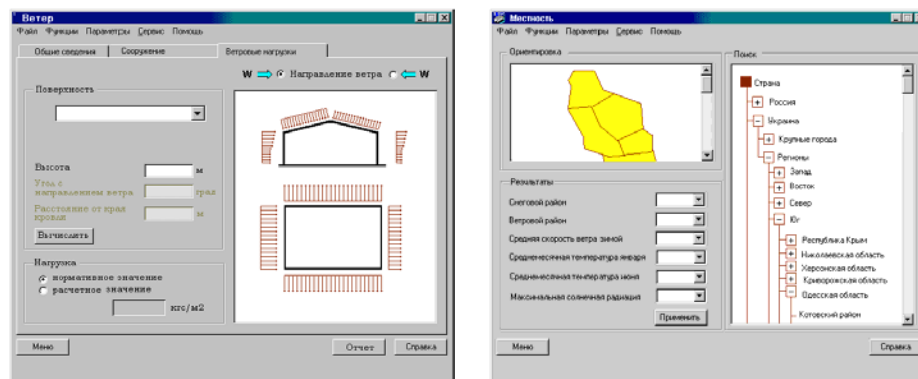


Рис. 4. Программа Вест

5. Каталоги сортаментов

Комплекс программ **Каталоги сортаментов** (рис. 5) позволяет получить справочную информацию о металлопрокате различных стран и производителей, а также сделать выборку из них для создания собственных сокращенных наборов профилей.

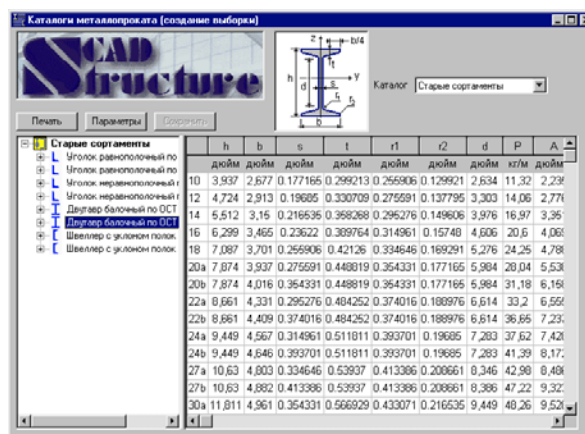


Рис.5. Каталоги сортаментов

База данных включает полный и сокращенный каталоги профилей ГОСТ, каталог СТО АСЧМ 20-93, старые сортаменты (ОСТ) периода 20х -30х годов, каталог прокатных профилей, поставляемых европейскими компаниями ARBED и OTUA, британский, американский, германский и ряд других сортаментов.

Литература:

1. Карпиловский В.С., Крикунов Э.З., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Интегрированная система анализа конструкций Structure CAD (SCAD) for Windows 95/98/NT. САПР и графика, №10, 1998, с.15 - 18.
2. Карпиловський В.С., Крикунов Е.З., Перельмутер А.В., Пермяков В.О. Комп'ютерна система для конструювання та розрахунку вузлів сталевих конструкцій, Будівництво України, 1998, №5, с. 43 - 47.
3. Крикунов Э.З., Микитаренко М.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Программа для расчета стальных строительных конструкций, САПР и графика, 1999, №4, с.45-47; №5, с.82-85.