

УДК: 721.01:624.012.3:681.3.06

А.С. Городецкий, д.т.н., проф.;
В.П. Максименко, к.т.н., НИИСП;
Ю.Д. Гераймович к.т.н.;
Е.Б. Стрелец-Стрелецкий к.т.н.;
А.В. Вакуленко; Д.В. Медведев;
Ю.Б. Филоненко; В.А. Шелудько,
ТОВ «Лира Софт»

ЭСПРИ – ЭЛЕКТРОННЫЙ СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА

АННОТАЦИЯ

ЭСПРИ представляет собою электронный справочник инженера и содержит серию расчетных и справочных программ повседневного применения. ЭСПРИ позволяет решать разнообразные задачи расчета и проектирования железобетонных, стальных, каменных, армокаменных и деревянных конструкций, оснований и фундаментов, а также мостовых конструкций. ЭСПРИ обеспечивает поддержку в принятии оптимального проектного решения – при выборе расчетной модели конструкции, при анализе результатов расчета сооружения, при экспертной оценке проектов, при техническом надзоре за возведением зданий и во многих других практических ситуациях. Конструктивные расчеты выполняются в соответствии с нормативами стран СНГ и Еврокодом. ЭСПРИ постоянно пополняется новыми актуальными программами и новыми возможностями существующих программ.

Ключевые слова: статика, динамика, устойчивость конструкций; расчет и проектирование стальных, железобетонных, деревянных, каменных и армокаменных конструкций, грунтовое основание, фундаментные конструкции, конструкции мостов; вариантное проектирование.

В настоящее время в ЭСПРИ содержится более 60 программ по таким разделам:

Раздел 1. «Математика для инженера» (6 программ):

– **специализированный калькулятор Эспри**, снабженный расширенным набором вычислительных функций, среди которых задание выражений в формульном виде, перевод единиц измерения из одной системы в другую, вычисление определен-

ного интеграла произвольно заданной функции и т.п.;

– **определение площадей и объемов**: программа содержит большой набор наиболее часто встречающихся плоских фигур и объемных тел, для которых с помощью геометрических формул определяются площади, объемы и площади поверхности соответственно;

– **перемножение эпюр**: программа предназначена для перемножения эпюр внутренних усилий различного очертания от различных грузовых состояний, возникающих в элементах конструкций при решении статически неопределимых систем методом сил. Вычисления проводятся по формуле Верещагина, на основании интеграла Мора и универсальным численным методом (рис.1);

– **линейная алгебра**: программа предназначена для решения основных задач линейной алгебры – перемножение матриц, вычисление определителя матрицы, определение обратной матрицы, определение собственных значений и собственных векторов, решение систем линейных уравнений;

– **корни полиномов**: программа предназначена для определения действительных и комплексных корней полинома. Степень полинома ограничена 36;

– **интерполяция функций**: программа предназначена для интерполяции на неравномерной сетке таблично заданной функции и вычисления значений интерполяционной функции от произвольно заданных аргументов.

Раздел 2. «СтаДиУс» – статика, динамика, устойчивость (13 программ)

– **неразрезные балки**: программа предназначена для статического расчета многопролетной неразрезной балки (до пяти пролетов с двумя консолями). Сечения пролетов могут быть разными, возможен учет податливости опор, нагрузка в трех нагружениях задается произвольная. Результатом расчета являются эпюры перемещений, углов поворота, изгибающих моментов и перерезывающих сил;

– **фермы**: программа предназначена для определения перемещений узлов и усилий в элементах наиболее часто встречающихся в практике плоских ферм различного очертания (реализован режим редактирования геометрии);

– **параметрические плоские рамы**: программа предназначена для статического расчета наиболее часто встречающихся в практике плоских рам различного очертания. Результатом расчета являются

эпюры перемещений, изгибающих моментов, нормальных и перерезывающих сил;

– **плоские произвольные рамы:** программа предназначена для статического расчета плоских рам и ферм произвольного очертания под произвольную силовую и деформационную нагрузки. Результатом расчета являются эпюры перемещений, изгибающих моментов, нормальных и перерезывающих сил;

– **прямоугольная плита и прямоугольная плита на упругом основании:** программа предназначена для статического расчета прямоугольных плит покрытий, перекрытий и плит на упругом основании с произвольно расположенным прямоугольным отверстием. Опорные закрепления задаются на произвольных участках контура. Допускаются произвольные нагрузки: равномерно распределенными по всей площади плиты; по заданному произвольному штампу; в виде линейных и сосредоточенных сил. Результатом расчета являются изополя усилий, перемещений, а также напряжений в основании с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **балка-стенка:** программа предназначена для статического расчета балок – стенок с произвольно расположенным прямоугольным отверстием. Опорные закрепления задаются на произвольных участках нижнего края. Нагрузки задаются неравномерно распределенными или сосредоточенными по верхнему краю. Результатом расчета являются изополя напряжений и перемещений с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **оболочка на прямоугольном и круглом плане:** программа предназначена для статического расчета выпуклых параболических, цилиндрических, сферических и конических оболочек на прямоугольном и круглом планах. Оболочка может опираться на контурный элемент. Нагрузки задаются равномерно распределенными как по всей площади оболочки, так и по заданному произвольному штампу, а также в виде линейных и сосредоточенных сил. Результатом расчета являются изополя (в оболочке) и эпюры (в опорном контуре) усилий и перемещений с выдачей их численных значений в отчет в указанных пользователем точках;

– **нити и струны:** программа предназначена для расчета гибких нитей и реализует следующие возможности: расчет нити по заданной длине заготов-

ки, по заданной стреле провеса посередине пролета или в произвольной точке, а также расчет струны, в том числе и предварительно напряженной. Допускаются разнообразные схемы нагрузки – сосредоточенная сила, различные виды распределенных нагрузок, а также их комбинации. В результате определяются форма равновесия, величина провеса, распор, длина нагруженной упругой нити, а также строятся эпюры балочных усилий и продольного усилия;

Раздел 3. «Сечения» (3 программы)

– **параметрические сечения:** программа позволяет рассчитать геометрическую характеристику сечения из наиболее распространенных типов сечений, описав его минимальным количеством параметров;

– **параметрические тонкостенные сечения:** программа позволяет рассчитать геометрические характеристики тонкостенного сечения для наиболее распространенных типов. Кроме обычных геометрических характеристик определяются характерные для тонкостенного сечения параметры: центр изгиба, центр кручения, сдвиговые площади, секториальный момент инерции, эпюры секториальных координат (рис.2);

– **составные сечения:** программа предназначена для определения центра жесткости составного сечения, а также центра жесткости плана здания как единого составного сечения. Программа позволяет определить усилия в элементах сечения от действия внешних сил. Силы могут быть приложены как в центре масс, так и в вычисленном центре жесткости, а также в точке с произвольными координатами. Внешние силы могут быть заданы в исходных или в главных осях (рис.2).

Раздел 4. «Нагрузки и воздействия» (6 программ)

– **коэффициенты надежности:** приведены таблицы коэффициентов надежности по нагрузке для веса строительных конструкций и грунтов, а также веса оборудования в соответствии со СНиП 2.01.07-85;

– **собственный вес многослойного пакета:** программа реализует вычисление нормативной и расчетной нагрузок от собственного веса пакета, состоящего из некоторого числа слоев. При необходимости может быть вычислено сопротивление теплопередаче многослойного пакета;

– **ветровые нагрузки:** программа предназначена для определения ветровых нагрузок на здания и сооружения с наиболее распространенными типами очертания.

В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** «Нагрузки и воздействия» вычисляются нормативные и расчетные значения средней составляющей ветровой нагрузки. Аэродинамический коэффициент определяется по схемам таблицы 4 приложения 4;

В соответствии со **ДБН В.1.2-2:2006** «Нагрузки и воздействия» вычисляются предельные и эксплуатационные расчетные значения ветровой нагрузки. Аэродинамический коэффициент определяется по схемам приложения И (рис.3);

– **снеговые нагрузки:** программа предназначена для определения снеговых нагрузок на здания и сооружения. В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** «Нагрузки и воздействия» вычисляются нормативные и расчетные значения полной снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия по схемам таблицы 3 приложения 3.

В соответствии с **ДБН В.1.2-2:2006** вычисляются предельные и эксплуатационные расчетные значения снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия по схемам приложения Ж;

– **температурные климатически воздействия:** программа предназначена для определения температурных климатических воздействий на конструкции здания. В соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** вычисляются нормативные и расчетные значения изменений средних температур, средние суточные температуры наружного воздуха, а также начальная температура замыкания конструкции в законченную систему. По **ДБН В.1.2-2:2006** «Нагрузки и воздействия» вычисляются характеристические, а также предельные и эксплуатационные расчетные значения изменений средних температур, средние суточные температуры наружного воздуха, а также начальная температура замыкания конструкции в законченную систему. Во всех случаях учитываются данные приложения **7 СНиП II-3-79**** и приложения **5, 6, 7 СНиП 2.01.01-82;**

– **гололедные нагрузки:** программа предназначена для вычисления гололедных нагрузок в соответствии со **СНиП 2.01.07-85*** и **ДБН В.1.2-2:2006**. Вычисляются нормативные и расчетные, а также предельные и эксплуатационные значения линейной и поверхностной гололедной нагрузок.

Раздел 5. «Стальные конструкции» (7 программ)

– **сортамент металлопроката:** программа предоставляет широкий набор справочных таблиц. Программа предназначена для просмотра базы данных стальных сортовентов. Информация предоставляется в виде таблиц, содержащих данные о геометрических и прочностных характеристиках профилей, а также данные о возможности изготовления профиля из стали определенной марки (класса);

– **расчет сечений элементов:** программа предназначена для подбора и проверки сечений (33 типа сечений) стержневых металлических элементов в соответствии со **СНиП II-23-81*[3]** или Еврокодом 3 [14]. При расчете используются алгоритмы конструирующей подсистемы ЛИР-СТК. Расчет осуществляется на базе нормативных данных, которые содержат сведения о расчетных характеристиках сталей, размерах и геометрических характеристиках выпускаемого листового и фасонного проката. Результатами расчета являются таблицы, содержащие проценты использования сечений согласно соответствующим проверкам по первому и второму предельному состоянию и размеры сечений элементов. Для нормативной базы Еврокода 3 алгоритм расчета, а также формулы, используемые при расчете, при необходимости можно посмотреть в детальном отчете;

– **главные и эквивалентные напряжения в стальных конструкциях:** программа предназначена для определения главных и эквивалентных напряжений по заданному тензору напряжений, а также упруго-пластических деформаций по главным площадкам. Программа выдает коэффициента запаса материала по I, II-му предельному состоянию и коэффициент использования;

– **расчетные длины элементов:** программа предназначена для определения расчетной длины элементов стальных конструкций. Среди них – отдельно стоящие стойки постоянного сечения, стержни постоянного сечения с упругими креплениями концов, стержни постоянного сечения одно- и многоэтажных рам, пересекающиеся стержни постоянного сечения, верхние пояса ферм и подкрановых колонн, элементы пространственных решетчатых конструкций, нижние участки одноступенчатых (подкрановых) колонн. Реализованы положения **СНиП II-23-81*** (рис.4);

– **параметрические узлы стальных конструкций:** программа предназначена для проектирования металлических узлов. Модель узла характеризует набор параметров, таких как количество болтов, длина и катет шва и прочих параметров, которые в полной мере описывают узел и в процессе расчета подбираются или проверяются. В состав библиотеки входит 24 узла, которые подразделяются на типы: узлы примыкания ригеля к колонне; опорные узлы колонн; узлы примыкания связей и т.п. Результатом расчета являются подобранные или проверенные параметры узлов, а также процент использования этих параметров по соответствующей расчетной процедуре (рис.5). Программа выдает детальный отчет обо всех используемых в ходе расчета формулах, с подстановкой в них реальных значений, что позволяет контролировать процесс расчета (режим трассировки).

– **расчет сварных швов:** программа предназначена для подбора и проверки угловых швов элементов стальных конструкций при соединении их внахлестку, а также тавровом торцевом и пояском соединении. Реализованы нормативные положения о соответствии классов или марок сталей, а также сварочных материалов заданным группам конструкций, условиям эксплуатации и др;

– **болтовые соединения:** программа предназначена для конструирования и расчета нахлесточных болтовых соединений стальных конструкций следующего типа: присоединение одиночных и спаренных уголков к фасонке, соединение листовых деталей на накладках, присоединение стенки балки (прокатной или составной) на накладках. Программа реализует положения **СНиП II-23-81*** и Пособия по проектированию стальных конструкций к **СНиП II-23-81***.

Раздел 6. «Железобетонные конструкции»: (8 программ)

– **характеристики бетона:** приведены справочные данные по нормативным и расчетным сопротивлениям бетона для первого и второго предельных состояний;

– **сортамент арматуры:** приведены справочные данные о расчетной площади и теоретической массе погонного метра арматуры в зависимости от количества и диаметра стержней. Программа снабжена различными вспомогательными функциями: определением соответствия количества и диаметров стержней для заданной площади и др.

– **сечения железобетонных элементов:** программа предназначена для подбора арматуры в сечениях железобетонных элементов по первому и второму предельному состоянию в соответствии с различными нормативными документами: **СНиП 2.03.01-84***, **СНиП 52-01-2003**, **Еврокод 2**, **ДСТУ 3760-98**, **ТСН-100**. Типы рассчитываемых сечений включают прямоугольное, тавровое, двутавровое, уголковое, крестовое, круглое, кольцевое, коробчатое. Реализован расчет на все виды напряженного состояния: центральное сжатие, изгиб, плоское внецентренное сжатие-растяжение, косой изгиб, а также самый общий случай для набора усилий N , M_x , M_y , $M_{кр}$, Q_x , Q_y (рис.6);

– **главные и эквивалентные напряжения:** программа предназначена для вычисления главных и эквивалентных напряжений по заданным значениям тензора напряжений в двух- и трехосном НДС. Для заданного класса бетона определяются предельные и эквивалентные напряжения по одному из заданных критериев прочности бетона, соответствующих теориям Гензеля, Карпенко, Яшина. Кроме того, определяются также значения главных упругих и упруго-пластических деформаций, углы наклона главных напряжений к текущим осям, а также угол наклона плоскости трещины. По полученным результатам строится область прочности. Применение режима проверки прочности позволяет получить предельно допустимые напряжения по двум главным площадкам, предельные нормальные и сдвиговые напряжения по октаэдрическим площадкам, коэффициент запаса прочности по второму предельному состоянию, параметр Лоде-Надаи (рис.7);

– **расчет ж/б оболочки, Расчет ж/б балки-стенки, Расчет ж/б плиты:** программы предназначены для подбора арматуры в пластинчатых железобетонных элементах по первому и второму предельному состоянию в соответствии с нормативами:

СНиП 2.03.01-84*, **СНиП 52-01-2003**, **Еврокод 2**, **ДСТУ 3760-98**, **ТСН-100**;

– **анкеровка арматуры по ДСТУ 3760-98:** программа предназначена для определения необходимой длины заведения арматурного стержня, при которой обеспечивается восприятие действующих в рассматриваемом сечении усилий. Расчет производится в соответствии с нормами **ДСТУ 3760-98** «Прокат арматурный для железобетонных конструкций». Длина анкеровки вычисляется как для отдельных, так и для двоярных стержней. В качест-

ве защитного слоя для углового арматурного стержня выбирается значение меньшее из двух: вертикального и горизонтального. Расчет выполняется методом последовательного приближения на основании шага и диаметра распределительной арматуры;

7. Раздел «Каменные и армокаменные конструкции» (4 программы)

– **расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпича:** приведены расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпича всех видов и из керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм при высоте ряда кладки 50-150 мм на тяжелых растворах в зависимости от марки кирпича и марки раствора, (табл.2 СНИП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции»);

– **расчет кирпичного простенка:** программа предназначена для расчета каменных и армокаменных конструкций в соответствии со СНИП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции». Простенок задается прямоугольной или тавровой формы. Реализован случай плоского внецентренного сжатия простенка. Выполняется расчет при действии сжимающих, растягивающих и сдвигающих усилий (рис.8). В результате расчета при необходимости армирования простенка указывается количество рядов кладки, через которое необходимо устанавливать сетки с заданной ячейкой и диаметром арматуры и (или) площадь продольной вертикальной арматуры. Реализован режим проверки сечения при усилении простенка: стальной или железобетонной обоймой и армированной штукатуркой. Реализованы все типы кирпича, предусмотренные СНИП II-22-81:

- кирпич глиняный обыкновенный, силикатный – табл.2 СНИП;
- виброкирпичная кладка – табл.3 СНИП;
- камни и крупные сплошные блоки из бетона Нряда >50см – табл.4 СНИП;
- камни из бетона, гипсобетона и др. на пористых заполнителях Нряда=20-30см – табл.5 СНИП;
- блоки ячеистого бетона, шлакобетона и др.Нряда=20-30см – табл.6 СНИП;
- природные камни (правильной формы) низкой прочности – табл.7 СНИП;
- природные камни из рваного бута – табл.8 СНИП;

– бутобетон невибрированный и вибрированный табл.9 СНИП;

– **расчет на смятие:** программа предназначена для определения прочности каменных конструкций на местное смятие в соответствии со СНИП II-22-81. Реализовано 11 типов опорных сечений (рис.8);

– **расчет на растяжение:** программа предназначена для определения прочности каменных конструкций при растяжении по перевязанным и неперевязанным сечениям в соответствии со СНИП II-22-81. Реализованы 4 типа сечений. Программа позволяет рассчитывать конструкции из новых материалов, таких как, например «Аерок» и др., соединение которых может выполняться на клею. Допускаются следующие типы вяжущих (растворов): жесткий без добавок, жесткий с добавками извести (глины), легкий известковый, цементный с органическими пластификаторами, клеевое соединение (рис 8).

8. Раздел «Деревянные конструкции» (3 программы)

– **расчет цельных сечений:** программа предназначена для расчета прямоугольных и круглых деревянных брусев в соответствии со СНИП II-25-80 «Деревянные конструкции». Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам;

– **расчет клееных сечений:** программа предназначена для расчета клееных деревянных сечений в соответствии со СНИП II-25-80. Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам;

– **расчет составных сечений:** программа предназначена для расчета составных деревянных сечений в соответствии со СНИП II-25-80. Расчет предполагает выдачу сокращенного и развернутого формульного вида отчета с процентами использования сечения по необходимым проверкам.

9. Раздел «Основания и фундаменты» (8 программ)

– **параметры упругого основания С1, С2:** программа предназначена для вычисления коэффициентов постели грунтового основания С1, С2 под центром отдельно стоящего фундамента или фун-

даментной плиты. Задаются необходимые для расчета данные – вертикальная нагрузка на фундамент; эксцентриситет, характеристики фундамента, характеристики слоев основания. Расчет может быть произведен по схеме линейно-упругого полупространства (СНиП 2.02.01-83* и СП 50-101-2004) и по схеме линейно-деформируемого слоя (СНиП 2.02.01-83*)[9];

– **расчет одиночной сваи:** программа позволяет определить осадку и жесткость одиночной сваи (с учетом взаимовлияния в группе свай) в соответствии со СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» и МГСН 2.02-01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения»;

– **расчет сваи на совместное действие нагрузок:** программа предназначена для расчета одиночной сваи на совместное воздействие вертикальной, горизонтальной сил и момента в соответствии со СНиП 2.02.03-85 и СП 50-102-2003 с учетом развития первой и второй стадии напряженно-деформированного состояния «свая-грунт» (рис 9);

– **главные и эквивалентные напряжения в грунте:** программа реализует вычисление главных и эквивалентных напряжений по различным теориям прочности, применяемым для грунтов, полускальных горных пород;

– **устойчивость склона:** программа предназначена для проверки устойчивости склона котлована из однородного грунта по плоской и цилиндрической поверхности скольжения;

– **устойчивость многослойного склона:** программа предназначена для определения устойчивости многослойного грунтового склона по цилиндрической поверхности скольжения (до десяти слоев и скважин). Расчет производится методом, разработанным Шведским обществом геомеханики. В результате определяются координаты оползневой поверхности, оползневое давление, а также коэффициенты запаса при статических и динамических нагрузках, суммарная активная нормальная сила, активная составляющая сдвиговых сил, реактивная составляющая от сцепления и радиус поверхности скольжения (рис.9);

– **определение С1 и С2 на основе модели грунтового массива:** программа предназначена для определения коэффициентов постели, вычисленных на основе автоматически создаваемой модели грунтового массива. Трехмерная модель грунта создается в соответствии с заданным набором скважин,

их расположением и составом грунтов. На основе построенной модели грунта по нагрузкам от проектируемого фундамента и близлежащих зданий (контуры которых могут иметь произвольные очертания) определяется переменная по области проектируемой конструкции глубина сжимаемой толщи и коэффициенты постели С1 и С2 с последующим построением изополей этих и других вспомогательных характеристик. Определение С1 и С2 может быть выполнено по нескольким методикам (рис.9);

– **осадка условного фундамента:** программа предназначена для определения осадки свайного фундамента из висячих свай в соответствии со СНиП 2.02.03-85 и СП 50-102-2003.

10. Раздел «Мосты» (2 программы)

– **линии влияния в неразрезных балках:** программа предназначена для построения линий влияния перемещений, углов поворота, изгибающих моментов и перерезывающих сил от подвижных нагрузок в многопролетной неразрезной балке (до пяти пролетов с двумя консолями). Сечения пролетов могут быть разными, имеется возможность учета податливости опор. Кроме стандартных нагрузок А8 и А11 может задаваться произвольная подвижная нагрузка;

– **поперечные сечения пролетных строений стальных мостов:** программа предназначена для моделирования, расчета и исследования сложных поперечных сечений пролетов стальных автодорожных мостов. Поперечное сечение пролетного строения формируется заданием системы образующих ортотропных плит. Для каждого сечения задается набор усилий М, N, Q, взятых из соответствующих огибающих эпюр балки жесткости (обычно неразрезной балки). Фактическая неравномерность распределения нормальных напряжений по телу сложного сечения компенсируется возможностью задания коэффициентов редукации для ортотропных плит. В результате расчета выполняется декомпозиция сечения на элементарные стандартные расчетные объекты – отсеки стенок, участки плит между ребрами, отсеки поясов с ребрами, пластинки продольных ребер и т.д. Для каждого расчетного объекта (в зависимости от контекста и условий его работы) выполняется комплекс проверок прочности и местной устойчивости в соответствии со СНиП 2.05.03-84*[12] и его приложениями (рис. 11).

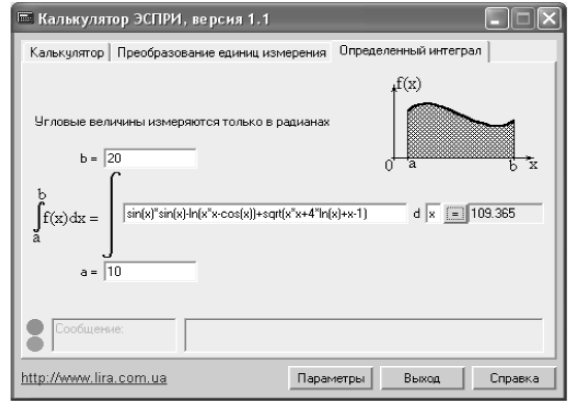
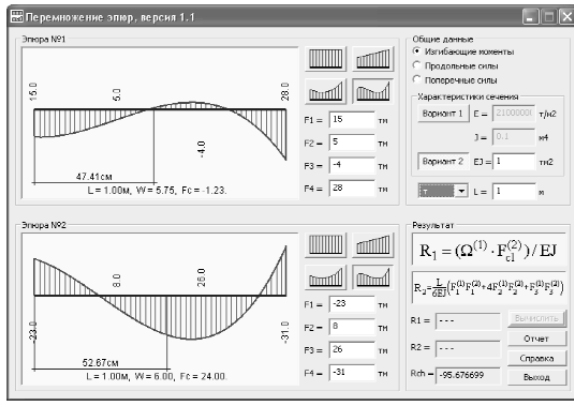


Рис.1. Общий вид программ – «Перемножение этор» и «Калькулятор ЭСПРИ»

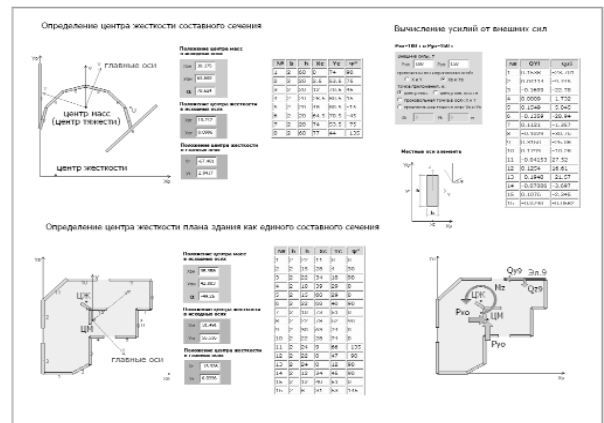
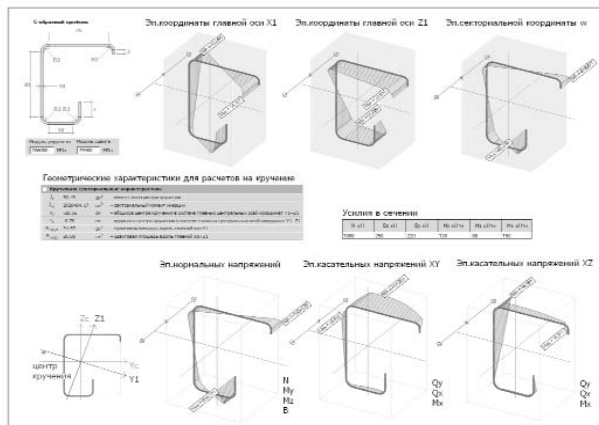


Рис.2. Общий вид программ: «Параметрические тонкостенные сечения» и «Составные сечения»

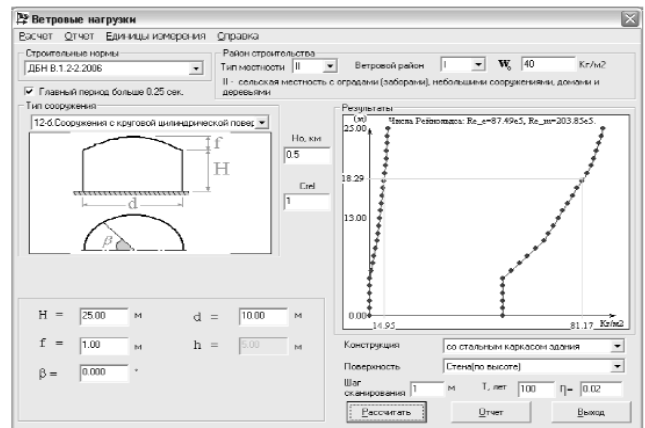
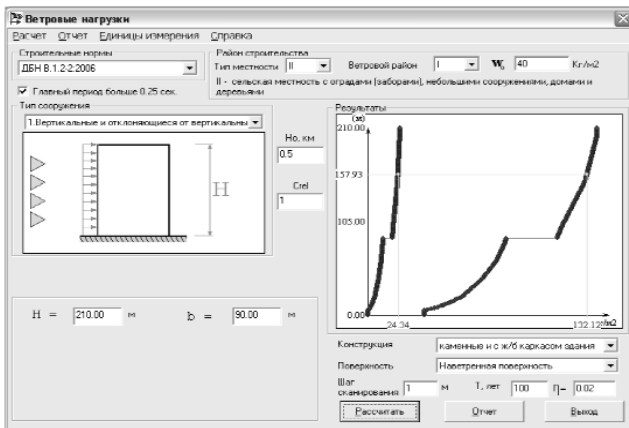


Рис.3. Общий вид программы: «Ветровые нагрузки»

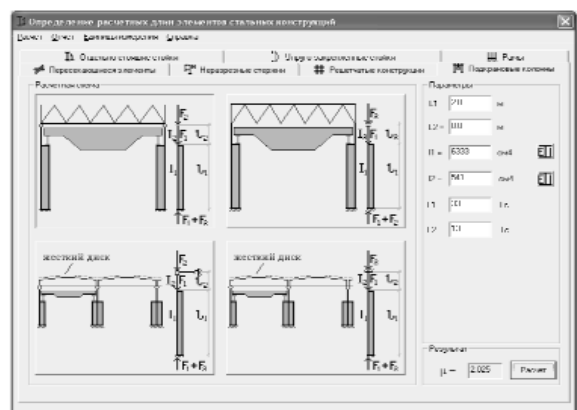
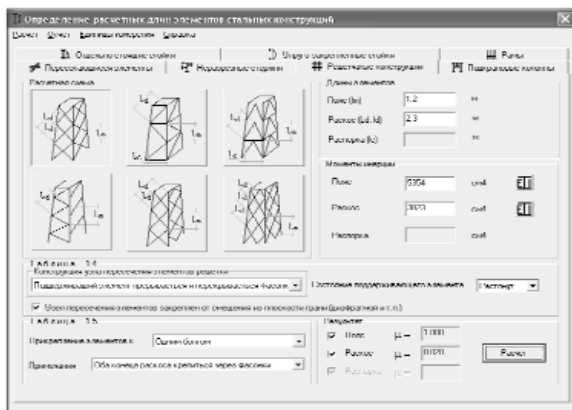


Рис.4. Общий вид программы «Определение расчетных длин элементов стальных конструкций»

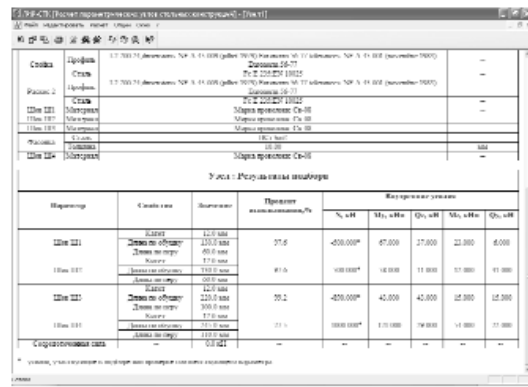
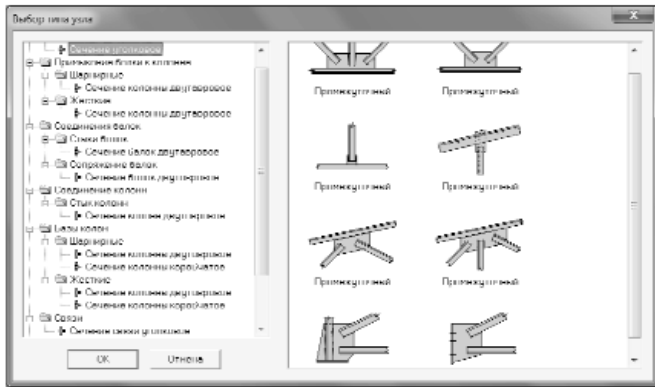


Рис.5. Результаты расчета в программе «Расчет параметров стальных конструкций»

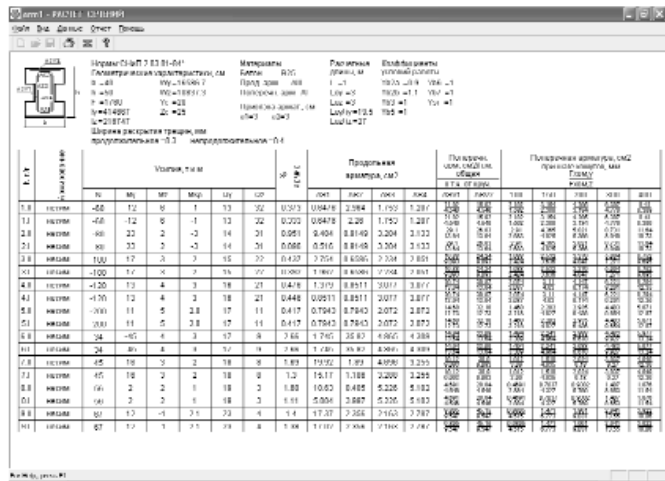
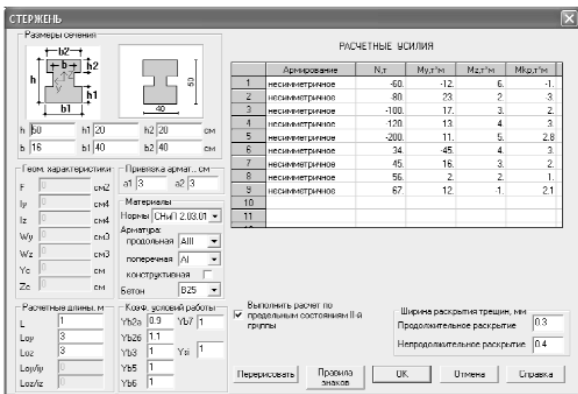
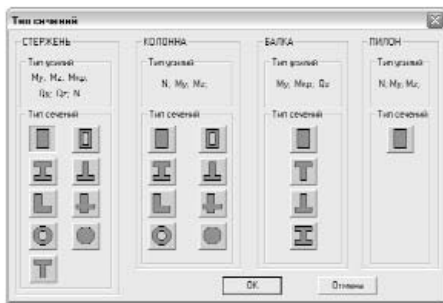


Рис.6. Общий вид программы «Сечения железобетонных элементов»

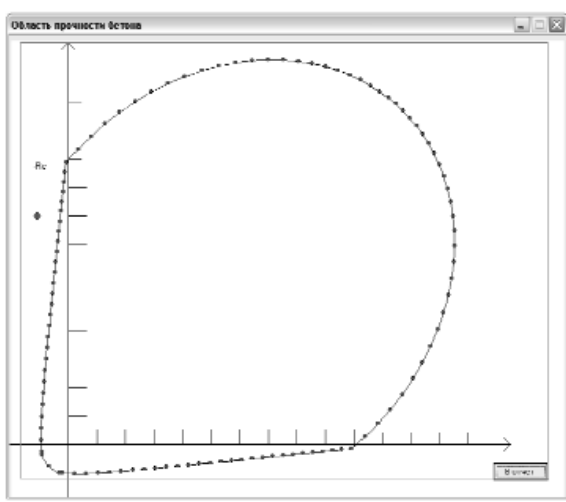
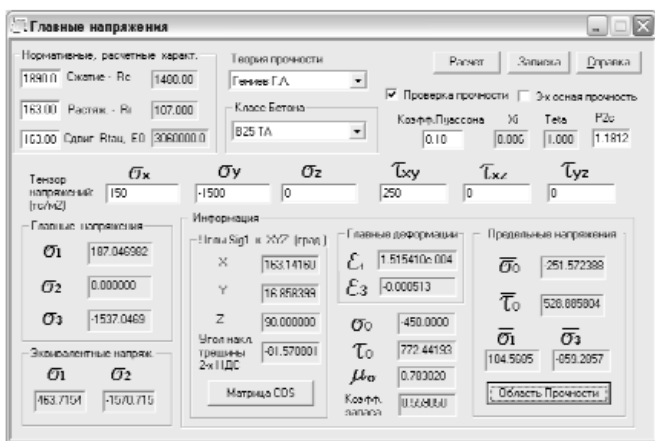


Рис.7. Общий вид программы «Главные и эквивалентные напряжения»

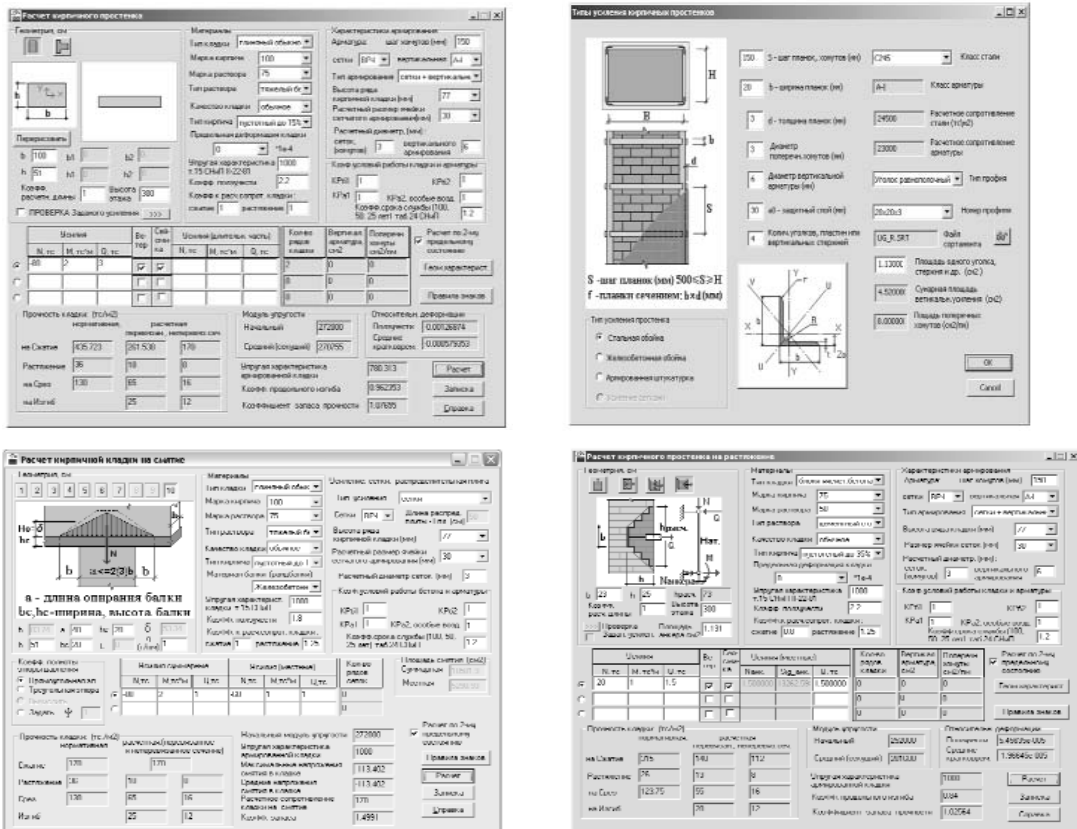


Рис. 8. Общий вид программ из раздела «Армокаменные конструкции»

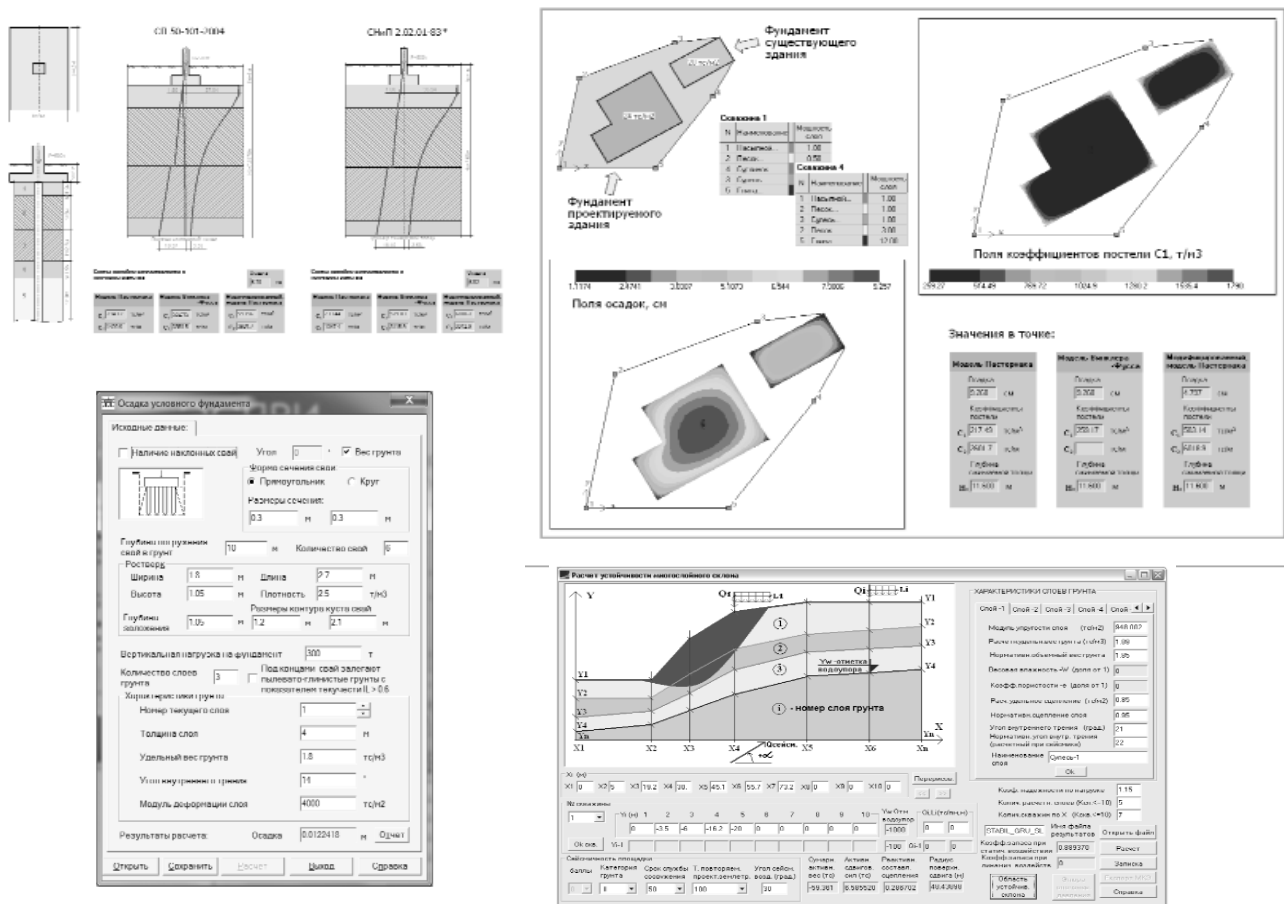


Рис. 9. Общий вид программ: «Параметры упругого основания», «Модель грунта», «Осадка условного фундамента» и «Устойчивость многослойного склона»

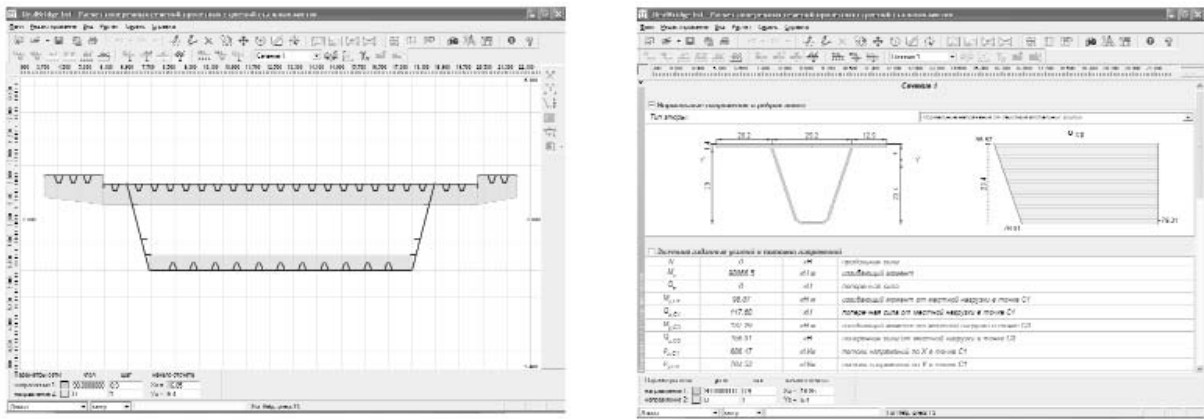


Рис.10. Общий вид программы «Поперечные сечения пролетных строений стальных мостов»

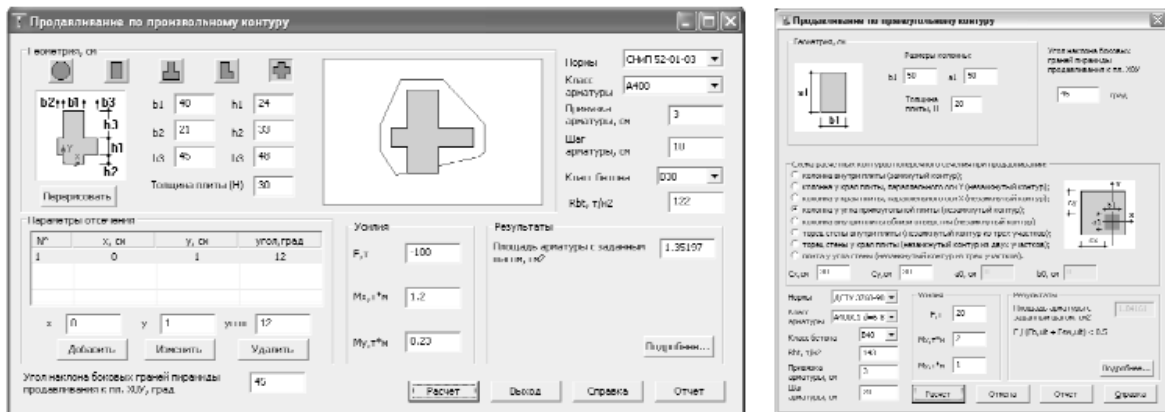


Рис.11. Общий вид программ: «Продавливание железобетонных плит по произвольному контуру» и «Продавливание по прямоугольному контуру»

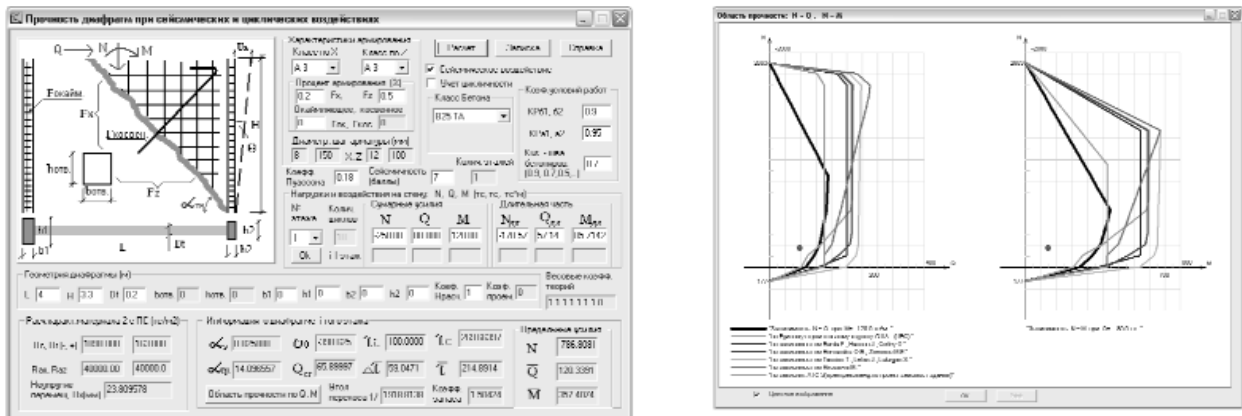
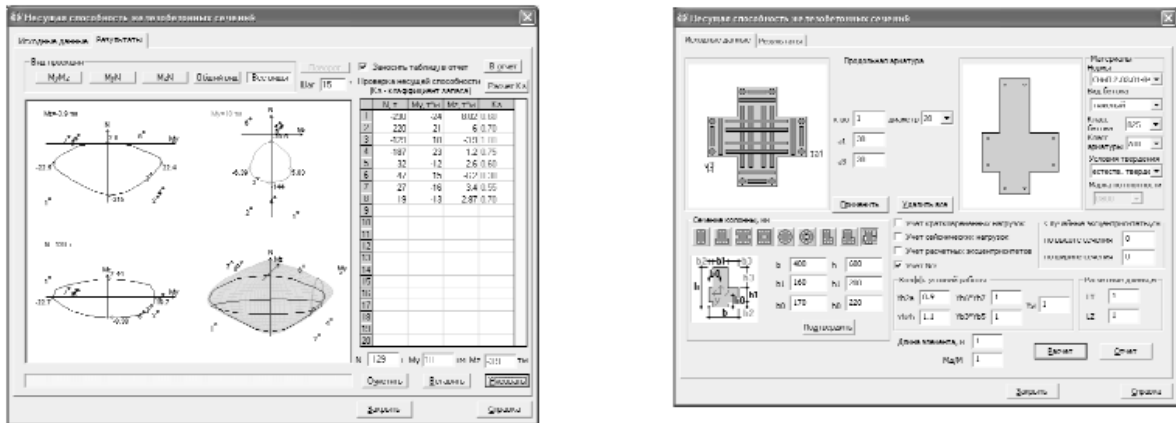


Рис.12. Общий вид программ «Эллипсоид усилий» и «Диафрагма»

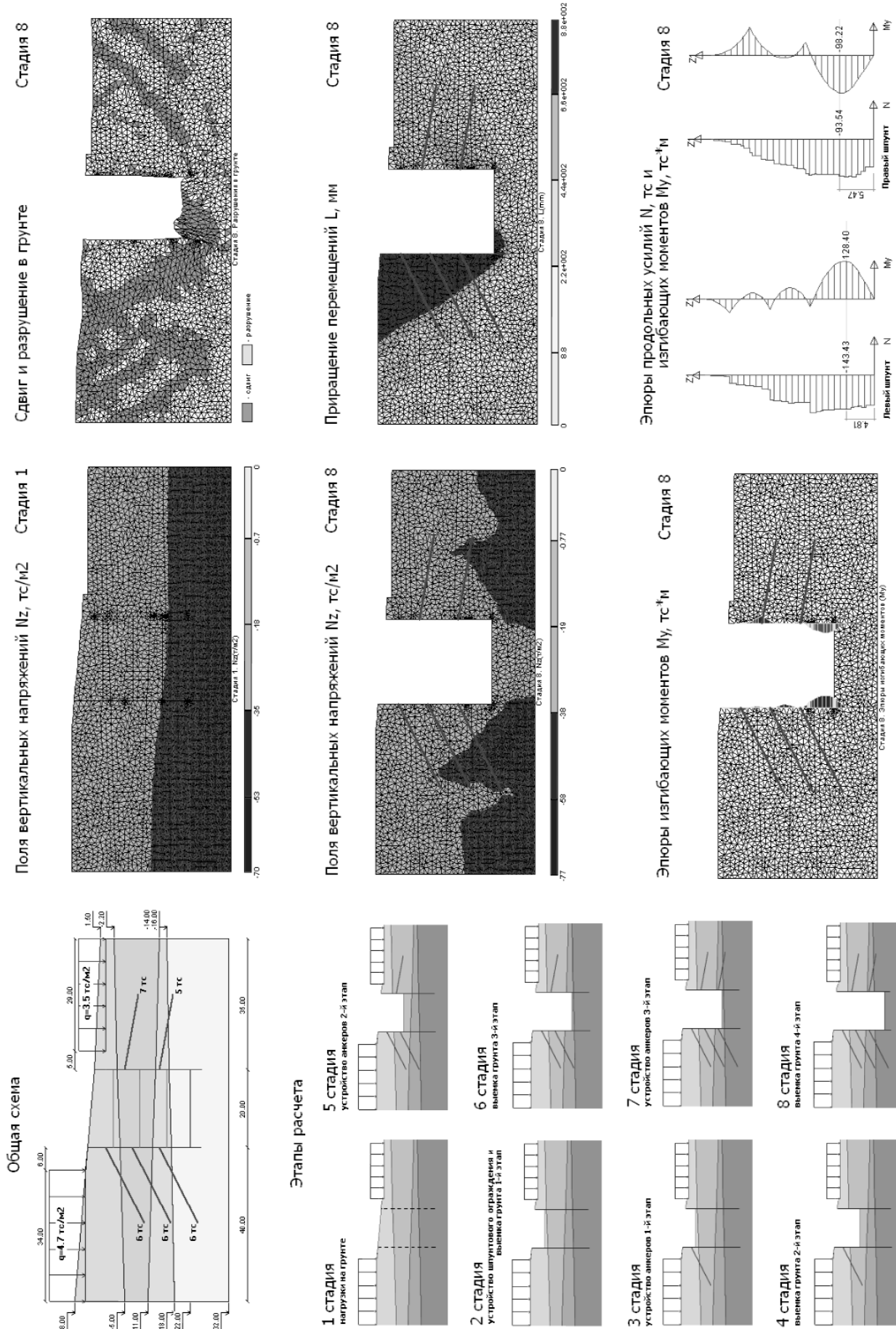


Рис.13. Результаты расчета ограждения котлована в программе «Стена в грунте»

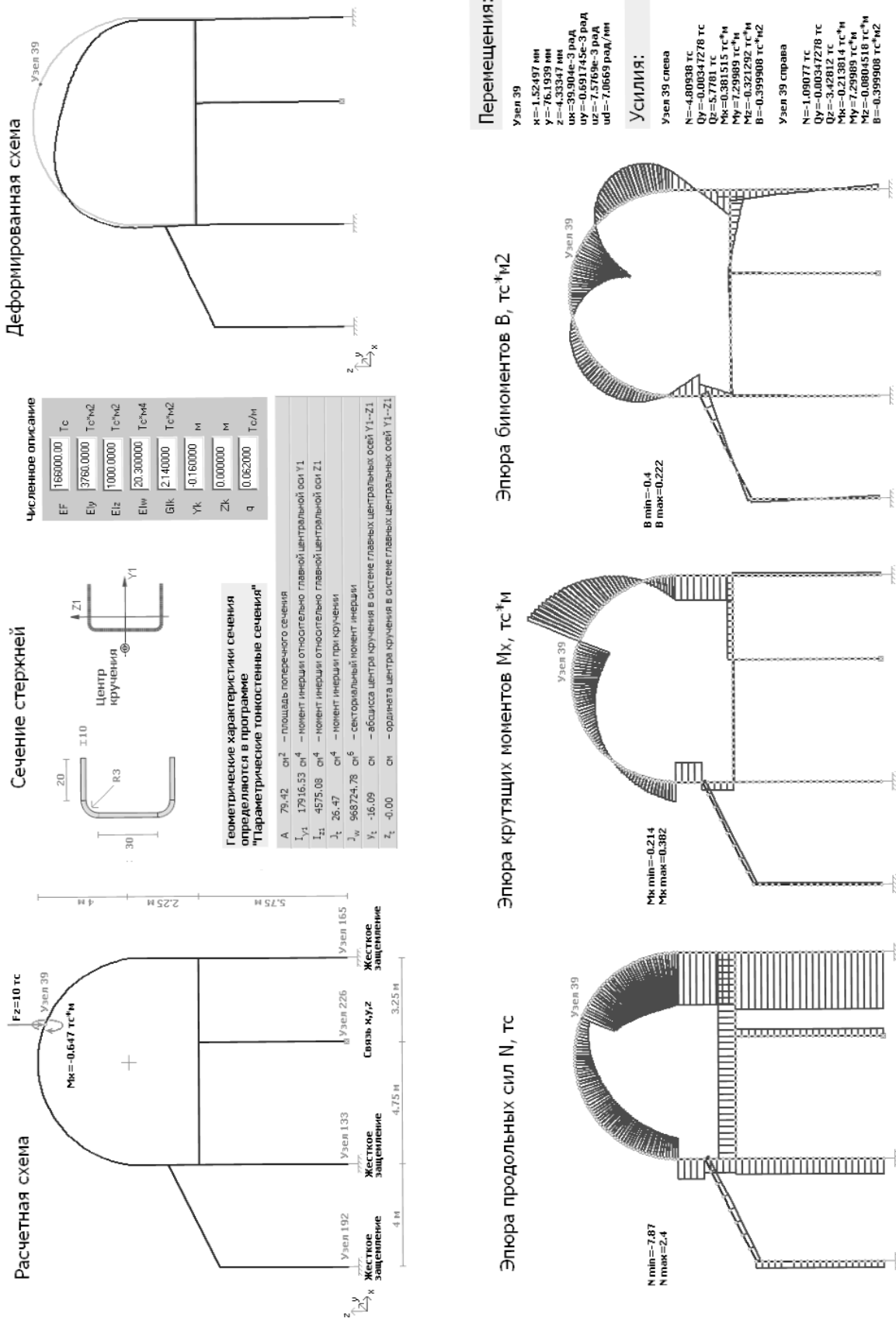


Рис.14. Результаты расчета в программе «Тюстер».

11. Раздел «Продавливание плит» (2 программы)

– продавливание по произвольному контуру и Продавливание по прямоугольному контуру: программы предназначены для расчета железобетонных плит на продавливание. Для различных сечений колонн автоматически строится контур продавливания, который может быть откорректирован. Для прямоугольных колонн учитывается несколько расчетных ситуаций. Расчет поперечной арматуры производится на заданные усилия продавливания (продольные силы и моменты в двух плоскостях). Реализованы требования СНиП 2.01.03-84*, СНиП 52-01-03 и положения научно-технического отчета ГУП НИИЖБ (договор № 709 от 01.10.2002 г.), а также положения Еврокод 2[13] (рис.11).

12. Программа «Неупругий прогиб железобетонных балок».

Расчет неупругих прогибов: программа предназначена для определения неупругих прогибов многопролетной неразрезной железобетонной балки (до пяти пролетов с двумя консолями) под произвольные длительно действующие и кратковременные нагрузки. Реализованы положения СНиП 2.03.01-84*[4], СНиП 52-01-2003[6], Eurocode 2[13], ДСТУ 3760-98[5], ТСН-100.

13. Программа «Эллипсоид предельных усилий».

Несущая способность железобетонных элементов: для заданного произвольного железобетонного сечения с произвольно расположенными арматурными стержнями различного диаметра строится поверхность (неправильный эллипсоид) предельных усилий. Каждая точка поверхности такого эллипсоида соответствует одному из множества наборов N , M_x , M_y , обуславливающих предельное состояние сечения. Пользователь может задать точку с координатами нагрузок N , M_x , M_y и получить сечения (неправильные эллипсы), проходящие через эту точку и параллельные плоскостям системы координат N , M_x , M_y с указанием положения заданной точки (рис.12);

14. Программа «Диафрагма».

Прочность ж/б диафрагмы при сейсмических воздействиях: программа предназначена для оцен-

ки предельной сдвиговой прочности железобетонных диафрагм при сейсмических и циклических воздействиях. Реализован метод предельного равновесия в сочетании с эмпирическими методиками определения предельной прочности железобетонных диафрагм с трещинами: методика UBC (Единый строительный код США); зависимости Barda F., Hanson J., Corley G. (Американский институт бетона, Детройт); зависимости Hernandez O.B., Zermeno M.E. (WCCE, Стамбул); зависимости Tassios T., Lefas J., Lulurgas S. (Греция – СССР, совместные исследования); зависимости Hirogawa M. (Токийский университет); зависимости АТС-3 (Временные рекомендации по проектированию сейсмостойких зданий США); рекомендации из Пособия по проектированию жилых зданий к СНиП 2.08.01-85.

В расчете учитываются положения СНиП 2.03.01-84* и ЕКБ-ФИП. Учет цикличности действия сейсмических воздействий принят по идеализированной модели гистерезиса железобетонных стен. По результатам работы программы строится область прочности диафрагмы по зависимостям $N-Q$ и $N-M$. Выдается коэффициент запаса прочности стены по второму предельному состоянию (Рис.12).

15. Программа «Стена в грунте».

Программа предназначена для расчета ограждения котлованов в виде шпунтов или стены в грунте, усиленной анкерами. Расчетная модель является плоской и состоит из элементов грунтового массива, элементов стенового ограждения и анкерных креплений с преднапряжением. Задаются размеры грунтового массива и характеристики грунтов в нем, размеры котлована и уровни его отрывки, нагрузки на поверхность грунта, размеры и параметры материала и сечения стеновых элементов и анкеров, а также силы натяжения в анкерных креплениях. Расчет производится последовательно по стадиям. На первой стадии выполняется расчет полной модели (без анкеров) на собственный вес и заданную нагрузку. Дальнейшее количество стадий определяется автоматически и зависит от заданных уровней выемки грунта и отметок установки анкеров. По ходу расчета выполняется накопление перемещений в узлах, напряжений в элементах грунта и усилий в элементах стен и анкеров по стадиям. Результаты расчета представляются в виде изо-

полей перемещений и напряжений в грунте, а также усилий в шпунтах и анкерах по каждой стадии (рис.13).

16. Программа «Тостер».

Тонкостенные стержневые системы: программа предназначена для статического расчета систем из тонкостенных стержней в условиях стесненного кручения. Каждый узел рамы имеет 7 степеней свободы – три линейных перемещения, три поворота и деформацию. В текущей версии реализован расчет плоских стержневых систем. Жесткостные геометрические и секториальные характеристики задаются при помощи программы «Параметрические тонкостенные сечения» или численно. Допускаются узловые нагрузки в виде моментов, заданных перемещений и поворотов, а также распределенные нагрузки. В результате расчета вычисляются перемещения узлов, включая деформацию, и усилия в стержнях – продольная сила, изгибающие моменты, крутящий момент, перерезывающие силы, а также бимомент. Результаты расчета отображаются графически в виде деформированной схемы и эпюр усилий (см. рис.14), а также выдаются в табличной форме).

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
2. ДБН В. 1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування».
3. СНиП П-23-81* «Стальные конструкции».
4. СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».
5. ДСТУ 3760-98. «Прокат арматурный для железобетонных конструкций».
6. СНиП 52-01-03 «Бетонные и железобетонные конструкции».
7. СНиП П-22-81 * «Каменные и армокаменные конструкции».
8. СНиП П-25-80 «Деревянные конструкции».
9. СНиП 2.02.01-83* «Основания и фундаменты».
10. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.
11. ДБН В.2.1-10-2009 «Основы та фундаменти споруд».
12. СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы.
13. Eurocode 2: Design of concrete structures.
14. Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992.
15. Load and resistance factor design for Structural Steel Buildings, AISC, 1999.

АНОТАЦІЯ

ЕСПРІ являє собою електронний довідник інженера й містить серію розрахункових і довідкових програм повсякденного застосування. ЕСПРІ дозволяє розв'язувати різноманітні задачі розрахунку і проектування залізобетонних, сталевих, кам'яних, армокам'яних і дерев'яних конструкцій, основ і фундаментів, а також мостових конструкцій. ЕСПРІ забезпечує підтримку в прийнятті оптимального проектного рішення - при виборі розрахункової моделі конструкції, при аналізі результатів розрахунку споруди, при експертній оцінці проектів, при технічному нагляді за зведенням будинків та в багатьох інших практичних ситуаціях. Конструктивні розрахунки виконуються згідно з нормативами держав СНГ і Єврокодом. ЕСПРІ постійно поповнюється новими актуальними програмами і новим можливостями існуючих програм.

Ключові слова: статика, динаміка, стійкість конструкцій; розрахунки й проектування сталевих, залізобетонних, дерев'яних, кам'яних і армокам'яних конструкцій, ґрунтова основа, фундаментні конструкції, конструкції мостів; варіантне проектування.

ANNOTATION

ESPRI software is a set of programs that help civil and structural engineers make necessary decisions at their own workplace. ESPRI includes both simple software like electronic reference-books (tables of strength properties of concrete, brickwork, table of areas of rebars, steel tables, etc.) and rather complex software (static analysis of frames of arbitrary shape, generating influence lines for multispan beams, static analysis of rectangular slabs, wall-beams and shells, analysis of arbitrary sections of reinforced concrete bar elements, analysis of plate RC elements, determining inelastic deflections in multispan beams, generating surfaces of limit forces for arbitrary section of RC bar element, design of joints of steel structures, determining subgrade moduli variable across the foundation slab, etc.). Almost all programs support acting building codes of CIS countries and Eurocode. ESPRI is continually updated to include new programs and enhance features of existing ones (tracing routines, reports, interface between programs, etc.)

Key Words: statics, dynamics, stability of structures; analysis and design of steel, reinforced concrete, timber, masonry and reinforced masonry structures, soil, foundation, bridge structures; model variation.