

## МАКЕТ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА СВАЙ В СТАДИИ ПРЕДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

*Таракановский С.Н. Осадчий В.С. (Одесса)*

Разработан макет прикладной экспертной системы на основе Excel - оболочки экспертной системы. Предметной областью прикладного знания является расчет определения сил сопротивления свай обрушению.

На кафедре ВТ и ИСЭ ОГЭУ в рамках диссертационного исследования разработана оболочка экспертной системы (ЭС), реализованная в среде Microsoft Excel. Дальнейшая разработка системы ведется в сторону её юммертизации. В связи с этим в данной оболочке разрабатываются макеты прикладных ЭС в различных отраслях научного знания: экономике, медицине и строительстве. При создании прикладных экспертных систем выполняются этапы работ:

- определение и изучение предметной области прикладного знания;
- формирование концептуальной модели предметной области знания;
- реализация модели предметной области в среде Excel;
- формирование базы знаний предметной области в Excel-оболочке экспертной системы;
- отладка макета прикладной экспертной системы;

Макет прикладной экспертной системы по расчету свай в стадии предельного сопротивления грунта (*предметная область*) был создан на основе материалов диссертационного исследования В.С. Осадчего. В диссертацию включены методика определения сил сопротивления свай обрушению и их учет в расчетах общей устойчивости, программа расчета на ЭВМ (язык программирования Fortran).

Как показали проведенные научные исследования, работа узких, отдельно стоящих массивов грунта и свай под действием горизонтальных сил коренным образом отличается от работы их по схеме Кулона с образованием традиционных призм отпора грунта. При перемещении свай выпор грунта на поверхность наблюдается только в верхних слоях основания. Грунт, находящийся на большой глубине, к поверхности не перемещается. Свая прорезывает грунт, который, обтекая её, движется в горизонтальной плоскости. Перемещения происходят за счет взаимодействия областей грунта, находящихся в различных напряженных состояниях: сдвигаемой зоны и области уплотнения, расположенной вокруг свай. При этом картина деформаций грун-

та во многом напоминает характер перемещений частиц грунта в случае рыхлых песков: поверхности скольжения заканчиваются вблизи ядра, которое действует подобно расклинивающемуся телу. Перемещение происходит за счет глубинного сдвига небольших объемов грунта, прилегающих к боковым граням ядра. При этом работу сваи при потере сооружением общей устойчивости можно сравнить с работой ленточного фундамента глубокого заложения с той только разницей, что они работают в разных плоскостях, и в рассмотренном случае работы сваи грунт перемещается, а свая препятствует его перемещению.

Последовательность развития общей картины деформаций соответствует трем фазам деформаций:

- 1) уплотнения, заканчивающегося при достижении нагрузкой так называемого первого критического давления;
- 2) местных сдвигов;
- 3) разрушения при втором критическом значении нагрузки, которое называется несущей способностью основания.

При нагрузке, превосходящей первое критическое давление, начинает образовываться упругое ядро, которое при симметричной нагрузке имеет форму клина с вершиной на оси штампа. Основанием клина является подошва штампа, а боковые стороны образованы двумя линиями скольжения, идущими от краев штампа. Образовавшееся упругое ядро при дальнейшем увеличении нагрузки действует как тело, расклинивающее, уплотняющее и сдвигающее грунт.

Таким образом, в стадии предельного сопротивления грунта у свай и узких, отдельно стоящих массивов следует различать две области, в каждой из которых окружающий сваю грунт работает по-разному - область выпирания и область прорезания. Область выпирания распространяется от поверхности грунта до определенной глубины  $z_b$ , а область прорезания - от глубины  $z_b$  до кривой скольжения. Глубина области выпирания  $z_b$  определяется из условия равенства реактивных давлений в точке на глубине областей.

*Концептуальная модель* предметной области знания формируется на основе математических моделей области выпирания и прорезания.

*Выполнение расчетов* в Excel о влиянии свай на устойчивость (без создания программ) можно вести в следующей последовательности: на лист "Данные" вносятся исходные данные расчета, автоматически на листах "Коэффициенты" и "Расчет свай" согласно внесенных формул по математическим моделям рассчитываются характерные размеры сваи, глубина зоны выпора и силы сопротивления грунта, удерживающий момент от силы сопротивления сваи обрушению относительно наиболее вероятной точки центра кривой скольжения. После определения удерживающего момента от силы

сопротивления обрушению первой сваи в такой же последовательности переходят к расчету второй сваи и т.д. Общий момент от сопротивления свай ростверка обрушению равен сумме удерживающих моментов. Приведя удерживающий момент от сил сопротивления свай обрушению к погонному метру длины свайного сооружения, его учитывают в общей формуле расчета общей устойчивости.

На лист "Данные" вносятся физико-механические свойства грунта, размеры откоса, количество свай в откосе в поперечной раме, положение кривой скольжения, ширина сваи и т.п. При этом некоторые данные могут выбираться с помощью элементов управления, размещенных на рабочем листе, а некоторые рассчитываться по формулам, внесенным в ячейки. Так, например, признак закрепления краев сваи выбирается с помощью "раскрывающегося списка", а признак экранирования сваи рассчитывается по формуле.

Поскольку для выяснения реальной картины совместной работы системы "свая-грунт" в стадии предельного равновесия грунта в диссертационном исследовании В.С. Осадчего было отдано предпочтение исследованиям в лабораторных условиях, то и для проведения намеченных программой опытов были изготовлены и оснащены контрольно-измерительной аппаратурой два грунтовых лотка (создана физическая модель системы "свая-грунт"). В связи с этим для отладки расчетных формул на рабочий лист "Данные" были введены исходные данные для расчета по физической модели.

В общем случае прикладная экспертная система включает *базу знаний* и базу данных. В рассматриваемой прикладной области в базу данных включены сведения о сваях причального сооружения, организованные в виде списка Excel: номер сваи, расстояние от оси сваи до края откоса, глубина сваи. База данных размещена на листе "База исходных данных", группа ячеек которой связана посредством формул из категории "Ссылки и массивы" с базой знаний ЭС.

База знаний представлена двумя рабочими листами Excel-оболочки экспертной системы: базой фактов и базой правил.

В базе фактов по определенной форме заложены объекты знания по которым задаются вопросы (для получения исходных значений) и те, которые рассчитываются по заложенным формулам (аналогично листам "Коэффициенты" и "Расчет свай"). Такой объект знания как "Признак закрепления краев сваи" задается в ЭС объектом перечисляемого типа, остальные объекты - как обычные четкие объекты знания. В базе фактов выделяются целевые объекты: глубина зоны выпирания, сила сопротивления сваи обрушению откоса и удерживающий момент. Каждый объект знания характеризуется составом входящих в него объектов, значения которых используются при

расчете либо по формулам листа “База фактов” или по формулам листа “База правил” (через специальные ссылки).

На лист “База правил” выносятся расчетные формулы концептуальной модели, которые используют логические конструкции “Предпосылка-заключение”. В нашем случае, на листе “База правил” располагаются правила расчета силы прорезания грунта (для случаев - выше и ниже поверхности скольжения), корректировки силы в зависимости от признака экранирования сваи и сила сопротивления сваи обрушению откоса в зависимости от признака закрепления краев сваи.

Отладка макета прикладной ЭС осуществляется в режиме работы пользователя, где выполняются задачи “Очистить исходные объекты знания” и “Задание вопросов для исходных объектов” (см. рис).

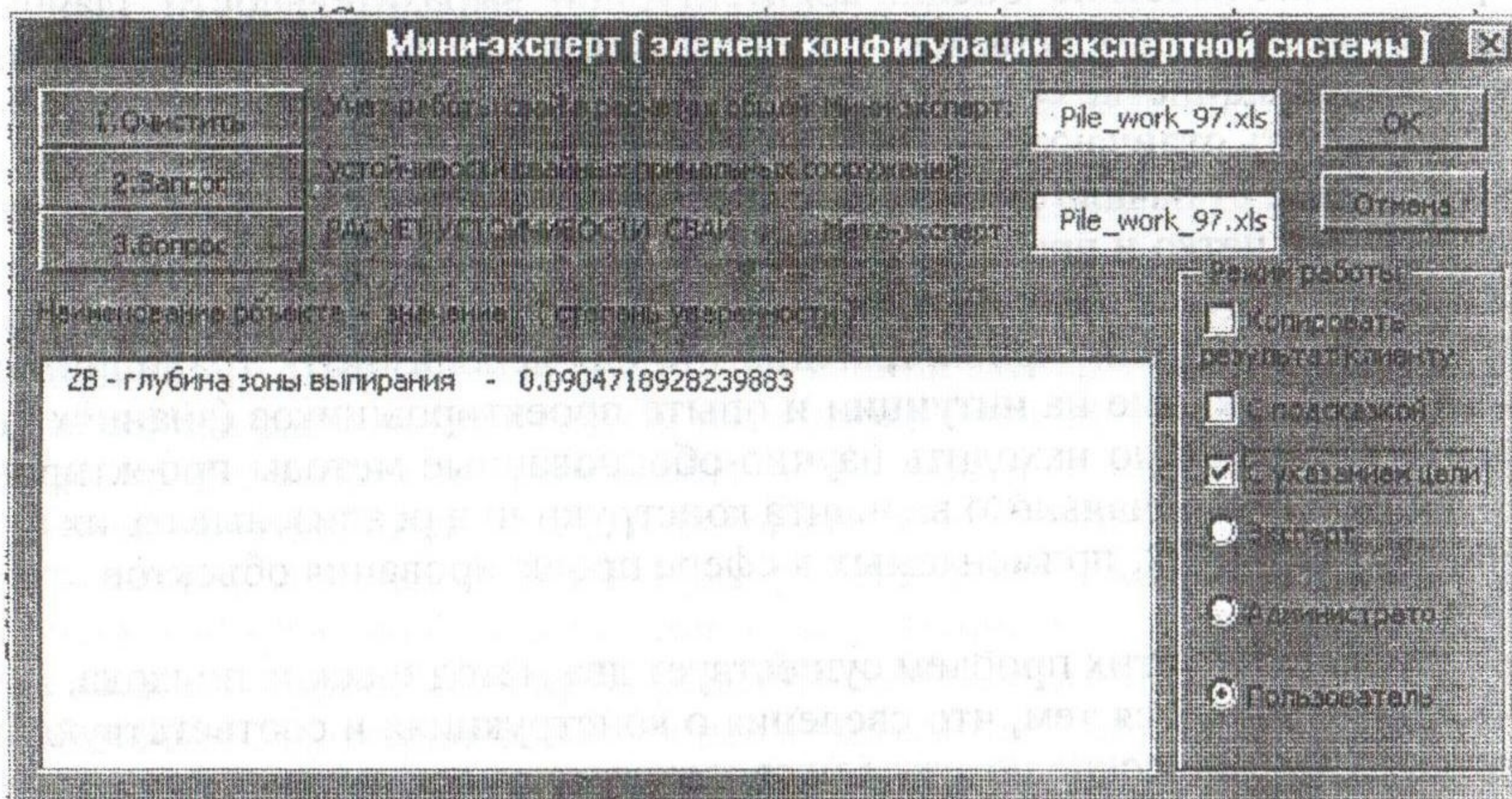


Рис. Фрагмент листа диалога мини-эксперта

Разработанный макет прикладной экспертной системы можно распространять в заинтересованные организации для расчета свай в стадии предельного сопротивления грунта причальных сооружений.