

Зиневич Л.В., ст. преп. каф. ТСП МГСУ,

кандидат технических наук

ГОУ ВПО Московский государственный строительный университет

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ELCUT

ELCUT – это программа для моделирования полей методом конечных элементов. Полей магнитных, электрических, тепловых и упругих [1]. Все знают ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, COMSOL, COSMOS и другие мощные расчётные комплексы 3-х мерного физического моделирования, относящиеся к классу тяжёлых. Но мало кто знает простой и эффективный 2-х мерный ELCUT, пожалуй, единственный универсальный расчётный пакет в лёгкой категории на территории стран СНГ. Подробное рассмотрение этого расчётного пакета показало, что он является бесценной находкой для инженеров строительных предприятий и студентов вузов. Чем же хорош ELCUT?

Во-первых, он предельно прост в использовании. Настолько, что не требует специального обучения и работу с ним можно начать сразу, не отвлекаясь на поиск средств описания задачи. Во многом это определяется отсутствием перегруженности в исходных данных, а также продуманным интуитивно понятным интерфейсом (см. рис.1) и высокой степенью автоматизации выполняемых пользователем операций.

Во-вторых, он нетребователен к ресурсам компьютера и окружающей программной среде. С ним можно легко работать на любом современном компьютере под управлением Windows, вплоть до ноутбука. При этом он полностью независим от других CAD/CAE приложений и имеет инструменты импорта/экспорта популярного формата DXF, импорта эскиза SolidWorks.

В-третьих, он имеет уникально высокую скорость решения. Стационарная задача в миллионы степеней свободы решается в считанные секунды.

В-четвёртых, он исходно русскоязычный, с реально действующей службой поддержки, не дорого стоит и имеет совершенно бесплатный «Студенчески» вариант, отличающийся от профессиональной версии единственным ограничением на число узлов генерируемой КЭ сетки.

И в-пятых, что самое важное, ELCUT имеет широкие аналитические возможности и гибкость, позволяющие ему охватить большой круг решаемых задач, как в интерактивном режиме, так и с использованием программного интерфейса.

Сфера применения пакета ограничивается только лишь фантазией пользователя и способами описания физических моделей, которые используются в ELCUT [2]. Последних обычно вполне достаточно для основной массы прикладных инженерных задач, возможности тяжёлых расчётных комплексов для которых явно избыточны. Например, расчёт тепловых потерь через ограждения (строительные конструкции) и исследование температурных распределений в них; расчёт искусственного нагрева конструкций (тёплые полы, прогрев бетона и грунта); механические расчёты в упругой постановке – прогибы и напряжения в конструкциях под статической

нагрузкой, в том числе связанной с теплом (температурные напряжения и деформации).

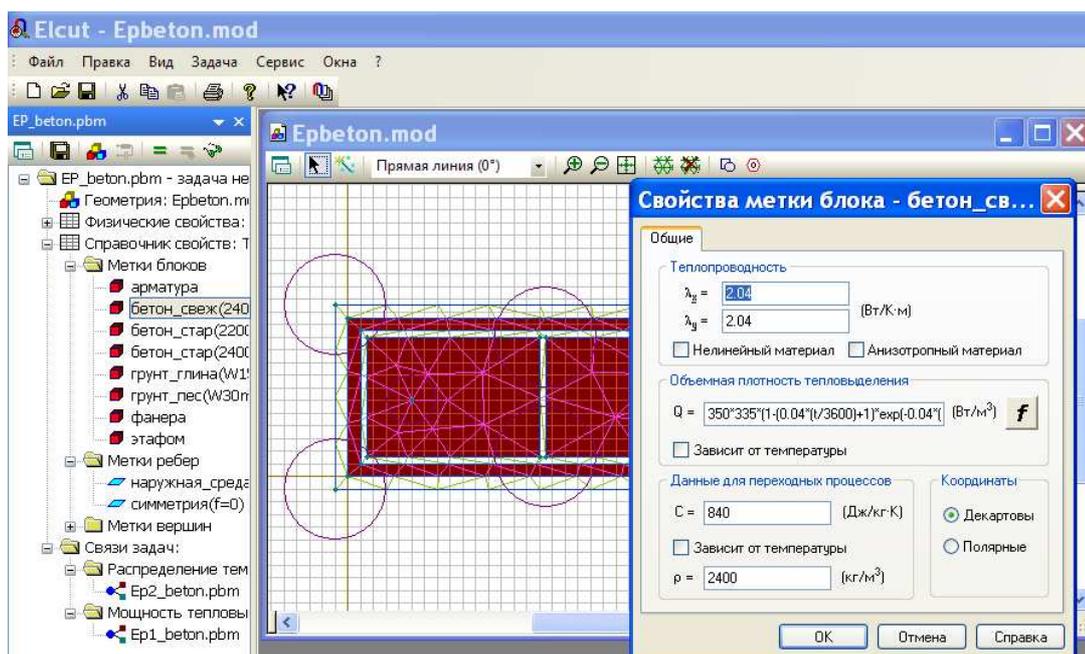


Рис.1. Рабочее окно ELCUT:

редактирование свойств блока геометрической модели для тепловой задачи

В качестве наглядного примера по использованию ELCUT в строительстве рассмотрим реализованный автором проект по вопросам технологического проектирования процессов обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкций на стройплощадке [3].

В основе такого рода проектирования лежит моделирование тепловых полей в сечениях монолитных конструкций и сопряженные с ним прочностные расчеты бетона, и не редко – расчёт по температурным деформациям. Твердеющий бетон – очень нелинейный материал и напрямую его температурно-прочностное поведение невозможно считать ни в одном из существующих программных комплексов. Кроме того, будучи универсальными, ни один из них не посчитает специфический показатель прочности бетона и не предоставит удобных инструментов для описания технических моментов по управлению процессом выдерживания.

Тем не менее, основы для реализации этого есть, в том числе и в ELCUT. На базе программного интерфейса ELCUT (технологии ActiveField) создана специализированная надстройка WinContret [4], с помощью которой разрешается большой круг проблем с моделированием температурно-прочностного состояния бетона конструкций при выдерживании, в том числе при различных видах прогрета.

Учитывая значимость ELCUT как самостоятельного инструмента, программная надстройка была построена по принципу – дать пакету ELCUT только недостающее. Таким образом, работа в основном протекает только с задачами ELCUT и в среде ELCUT, а с помощью WinConcret добавляется только то, чего не хватает и запускается расчёт серии задач.

Рассмотрим подробнее, что именно и почему было добавлено и по какому принципу выполняется расчёт, учитывающий специфику выдерживания бетона.

Во-первых, в ELCUT, как и в других расчётных комплексах, затруднительно учитывать собственное тепловыделение бетона, поскольку оно описывается сложным алгоритмом от времени и температуры твердения. *Во-вторых*, ELCUT не может учитывать изменение мощности точечного источника или источника, заданного на ребре в зависимости от температуры (только с переменной времени), что делает невозможным учёт температурного коэффициента сопротивления нагревателей. *В-третьих*, в ELCUT нет возможности задавать удельное электрическое сопротивление бетона переменным, тем более, что оно, также как и тепловыделение и прочность бетона, описывается сложным алгоритмом от времени и температуры твердения. *В-четвёртых* и *в-пятых*, как уже говорилось ранее, затруднительно описать регулирование выдерживания бетона на различных технологических переделах, связанное с включением/отключением прогрева, устройством/демонтажем утеплителя или опалубки, и не может быть вычислена и представлена прочность бетона.

Поскольку при решении задачи ELCUT возможность иметь доступ к свойствам сред в узлах сетки на каждом временном шаге отсутствует, принцип реализации специализированного решения построен на разбиении твердеющего бетона модели исходной задачи на подобласти (блоки) с определённой степенью дискретизации и решении серии таких модифицированных последовательно связанных задач. В образованных при разбивке блоках могут быть заданы различные свойства, постоянные в пределах конкретного блока и на временном шаге, а временной шаг изменения свойств в блоках равняется шагу решения отдельной задачи.

Принцип не очень удобный, но работает. Таким образом, внешняя процедура на каждом временном шаге может получить любой текущий показатель любого блока из ELCUT, соответствующим образом его интерпретировать, и изменить на основе полученных данных любые свойства блоков или условия на вершинах и рёбрах геометрической модели.

Результатом решения являются:

- данные изменения температуры и прочности бетона во времени для каждого блока и всего (!) твердеющего бетона модифицированной модели в виде привычного температурно-прочностного графика, доступные в интерпретации WinConcret;
- все остальные показатели, существующие и доступные в интерпретации ELCUT для каждого из моментов времени (то есть для каждой из решённых модифицированных задач).

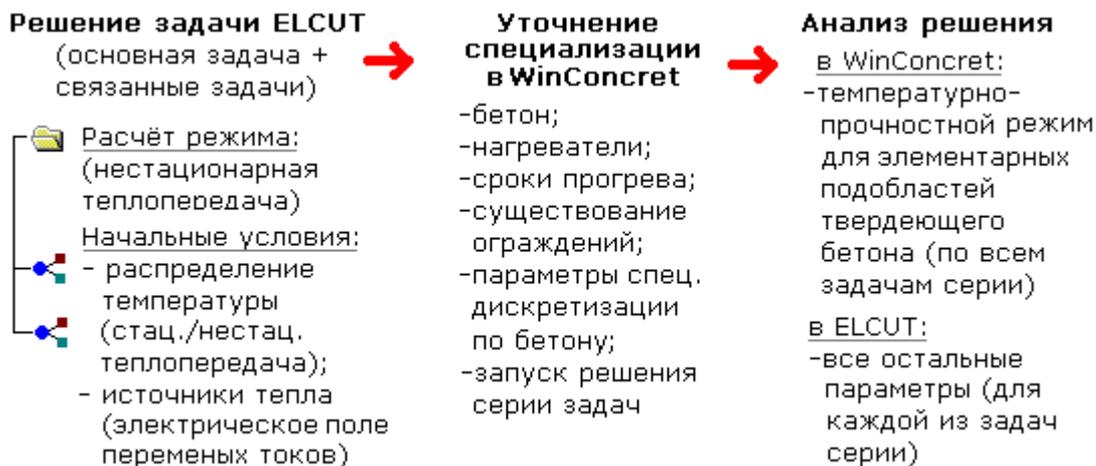


Рис.2. Общий порядок расчёта в ELCUT с использованием специализированной программной надстройки WinConcret

Расчёт строится и выполняется достаточно быстро (см. рис.2), предлагая при этом надёжный и наглядный результат. Это даёт ещё одно практическое подтверждение эффективности ELCUT в строительстве, в том числе при реализации нетривиальных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. **Дубицкий С.Д., Поднос В.Г.** ELCUT – инженерная система моделирования двумерных физических полей // CADmaster. 2001. №1. с.17-21.
2. **ELCUT 5.8** – Руководство пользователя. Доступ из сети Интернет URL: <http://elcut.ru/demo/manual.pdf> (дата обращения: 29.03.2011).
3. **Зиневич Л.В.** Применение численного моделирования при проектировании технологии обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2. с. #-#.
4. **WinConcret** – почему создан и что умеет делать. Доступ из сети Интернет URL: <http://www.winconcret/project.htm#func> (дата обращения: 29.03.2011-29.09.2011).

Зиневич Л.В. Решение задач строительства с использованием программного пакета ELCUT // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. науч. тр. Четырнадцатой международной межвузовской научно-практической конференции молодых учёных, докторантов и аспирантов (Москва, 27-29 апреля 2011г) / МГСУ. -М.: -М.: МГСУ. 2011. 864с. с.47-51.