



## АВТОМАТИЗАЦИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СРЕДЕ **ElectriCS Light**

**Система ElectriCS Light предназначена для светотехнических расчетов при проектировании осветительных установок промышленных предприятий. ElectriCS Light позволяет выполнять расчеты как для внутреннего освещения зданий и сооружений, так и для наружного (в том числе прожекторного) освещения промплощадок.**

К существенным преимуществам системы, заметно отличающим ее от программ аналогичного назначения, следует отнести:

- прямой расчет освещенности с использованием кривых силы света светильников (с отслеживанием затенений и отражений от поверхностей);
- возможность расчета освещенностей в помещениях произвольной конфигурации (прямоугольной, овальной, Г- или Т-образной и т.п.);
- получение сводного результата по расчету множества помещений и всего здания (проекта);
- возможность детального анализа распределения освещенности по области расчета, построение полей освещенности, а также оценка освещенности в произвольных точках пространства с различной ориентацией расчетной поверхности;
- возможность ввода исходных данных — координат светильников, стен, точек контроля и т.д. — с использованием графических средств AutoCAD (оцифровка планов в AutoCAD) с параллель-

ной выдачей информации на планы;

- просмотр в трехмерном виде (аксонометрии) исходных данных для расчетов: источников света (светильников) с вектором направленности светового потока, точек контроля, а также стен, зданий и сооружений, создающих тень;
- просмотр в трехмерном виде результатов расчета как световых полей, что позволяет визуально оценить распределение освещенности по площади освещаемой поверхности;
- отображение на плане (в AutoCAD) линий заданного уровня освещенности, что позволяет визуально оценить и вывести на планы границы области заданного уровня освещенности;
- итоговая документация в форматах AutoCAD и MS Word.

В инженерной практике для выполнения светотехнических расчетов приняты два метода: метод коэффициента использования и точечный. Первый из них пригоден для расчета общего освещения, если не требуется учитывать особенности

размещения оборудования и светильников. Второй позволяет учесть освещенность от каждого светильника в произвольной точке пространства, но для его использования необходимы заранее построенные кривые равной освещенности (изолуксы).

В ElectriCS Light для расчета освещенности применяется метод силы света. Исходной информацией о помещении служат его геометрические размеры и коэффициенты отражения поверхностей потолка, стен и пола. Число стен помещения произвольно, а само помещение может иметь различную конфигурацию — в том числе и овальную. В один проект (расчет) допускается включение нескольких помещений. Исходные данные о светильнике включают его геометрические размеры, описание кривых силы света (КСС), площадь выходного окна светильника, коэффициент полезного действия, число ламп, их мощность и величину светового потока. Светильники могут быть круглосимметричными, иметь две или одну плоскость симметрии. В одном помещении возможно совместное использование светильников разных типов.

При выполнении расчетов принимается ряд допущений — менее жестких, чем те, что используют в традиционных расчетах освещенности:

- все светильники рассматриваются как точечные источники или

совокупности точечных источников света с заданными характеристиками кривых силы света;

- отражающие поверхности считаются однородными диффузными с заданным коэффициентом отражения, в расчете они представляются множеством элементарных площадок с однородной освещенностью.

Освещенность в произвольной точке пространства определяется как  $E_i = E_{ci} + E_{oi}$

где  $E_{ci}$  — освещенность, создаваемая в расчетной точке прямым светом светильников;  $E_{oi}$  — освещенность, создаваемая в расчетной точке светом, отраженным от поверхностей потолка, стен и пола.

Освещенность, создаваемая прямым светом всех светильников  $S_j$  в расчетной точке  $A_i$  (рис. 1):

$$E_{ci} = \sum_{j=1}^N \frac{I(\alpha_j, \beta_j) \cos(\gamma_j) \Phi_j n_j \eta_j}{1000 R_{ij}^2},$$

где  $N$  — количество светильников;  $I(\alpha_j, \beta_j)$  — сила света  $j$ -го светильника, приведенная к потоку  $1000 \text{ лм}$  в направлении, определяемом углами  $\alpha_j$  и  $\beta_j$ ;  $\alpha_j$  — плоский угол, образуемый перпендикуляром к излучающей плоскости и лучом, направленным на расчетную точку;  $\beta_j$  — угол между плоскостями, проходящими через перпендикуляр к плоскости светильника и его продольную ось и через перпендикуляр к расчетной поверхности, проходящий через точку  $A_i$ ;  $\gamma_j$  — угол, образованный перпендикуляром к расчетной по-

верхности и падающим лучом света  $j$ -го светильника в расчетной точке;  $\Phi_j$  — световой поток одной лампы  $j$ -го светильника;  $n_j$  — число ламп в светильнике;  $\eta_j$  — коэффициент полезного действия светильника;  $R_{ij}$  — расстояние от светильника  $S_i$  до расчетной точки  $A_i$ .

Величина силы света  $I(\alpha_j, \beta_j)$  вычисляется на основе каталожных кривых силы света светильников с использованием линейной интерполяции табличных значений в продольной и поперечной плоскостях светильника и последующей аппроксимации эллипсом в направлениях, не принадлежащих плоскостям симметрии светильника.

Освещенность от отражающих поверхностей определяется как сумма освещенности от всех элементарных площадок отражающих поверхностей:

$$E_{oi} = \sum_{k=1}^M \frac{E_{ck} F_k \cos(\alpha_k) \cos(\beta_k) \rho_k}{1000 \pi R_{ik}^2},$$

где  $E_{ck}$  — освещенность  $k$ -й элементарной площадки, создаваемая прямым светом всех светильников;  $F_k$  — площадь  $k$ -й элементарной отражающей поверхности;  $\rho_k$  — коэффициент отражения  $k$ -й элементарной площадки;  $\alpha_k$  — угол, образуемый отраженным лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности  $k$ ;  $\beta_k$  — угол, образующийся лучом и перпендикуляром к расчетной поверхности;  $R_{ik}$  — расстояние от центра отражающей элементарной поверхности  $k$  до расчетной точки  $A_i$ .

Выбор светильников и ламп производится из базы данных. Число

## НОВОСТИ

### Комплект ПО для проектирования металлоконструкций

Компания Consistent Software начала поставки "реальных" рабочих мест для проектирования металлоконструкций. В предлагаемый комплект вошли лучшие решения для выпуска чертежей марки KM: REAL Steel для AutoCAD 2004 (система формирования конструкторской и расчетной модели металлоконструкций и выпуска чертежей) и STAAD.Pro (расчетный процессор, в основу работы которого положен метод конечных элементов).

"Реальное" рабочее место для проектирования металлоконструкций включает:

- средства формирования трехмерной параметрической модели;
- средства формирования соединений конструкций;
- средства подготовки данных для расчета (препроцессор);
- систему расчетов, обеспечивающую двустороннюю связь между графической системой и расчетным ядром;
- средства выпуска конструкторских документов.

Комплект содержит эффективные инструменты проектирования и обеспечивает высокое качество документации. Использование унифицированного рабочего места конструктора-расчетчика позволяет избежать повторного ввода информации и повысить качество инженерных решений.

Подтверждением соответствия российским нормам и стандартам служит сертификат на расчетную часть, выданный Госстроем России.

Цена комплекта, состоящего из STAAD PC-250 и REAL Steel, также вполне реальна и составляет 5800 у.е. (долларов США), что значительно ниже стоимости программных комплексов, обеспечивающих аналогичный функционал.

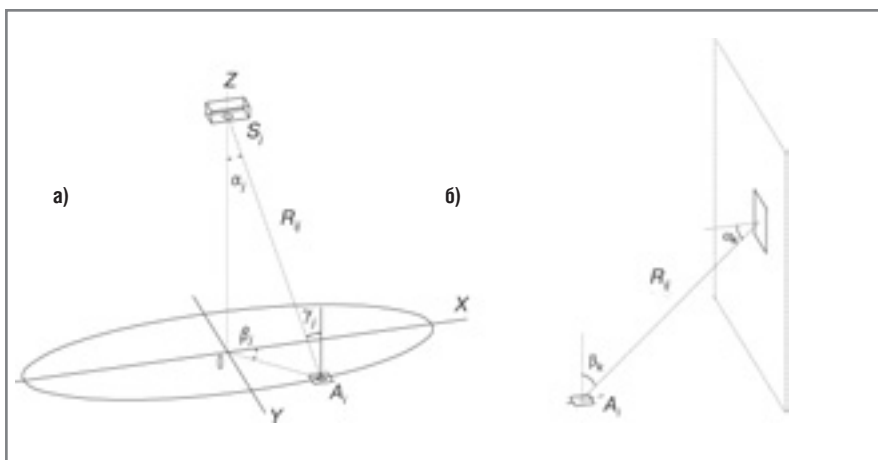


Рис. 1. Схема к расчету освещенности в точке  $A_i$ : а) от  $i$ -го светильника  $S_i$ ; б) от  $k$ -ой элементарной площадки отражающей поверхности



Рис. 2

светильников, а также способ их расположения в пространстве помещений определяются на основе вариантов расчетов с учетом обеспечения заданных уровней освещенности в контрольных точках и допустимой степени ее неравномерности. Размещение светильников выполняется как вручную (диалоговый режим), так и в графическом режиме на планах помещений (генпланах).

Предварительное определение числа светильников производится по методу коэффициента использования, который при работе с упрощенным вариантом можно задать в диалоге, а при более сложном варианте автоматически получить на основании исходных данных проекта, касающихся размеров помещения (вычисляется индекс помещения), усредненного коэффициента отражения поверхностей и усредненной КСС по формуле:

$$N = \frac{E_n F_n}{0.7 K_u n \Phi_{ном}}$$

где  $E_n$  — норма освещенности;  $F_n$  — площадь помещения;  $K_u$  — коэффициент использования;  $n$  — число ламп в светильнике;  $\Phi_{ном}$  — номинальный световой поток лампы.

Оптимальное проектное решение определяется как результат итерационного процесса, состоящего из выбора светильников, размещения их в пространстве с последующей оценкой освещенности в контрольных точках и по 3D-поверхностям освещенности. На план (генплан) могут выводиться изоли-

нии, то есть линии равной освещенности. Табличные документы проекта — таблицы расчета освещенности помещений и выбранных светильников — выводятся в Word.

Исходными данными для светотехнических расчетов являются перечни источников света (светильников), точек контроля, стен, комнат (помещений), мат, а также зона расчета и группа примитивов зданий и сооружений. Последнюю составляют здания, резервуары, цистерны, сферы, трубы — они используются только для формирования теней (учета затененности при расчете освещенности). Координаты исходных данных можно вводить на строительных планах (генпланах) в AutoCAD. Пример окон ввода исходных данных для светильников, точек контроля, стен и комнат (помещений) показан на рис. 2.

База данных ElectriCS Light состоит из таблицы ламп, таблиц кривых силы света (КСС), таблицы светильников со ссылками на таблицу ламп и одну из таблиц КСС, таблицы отражающих поверхностей и таблицы коэффициентов использования, которая используется для упрощенного выбора коэффициента использования в зависи-

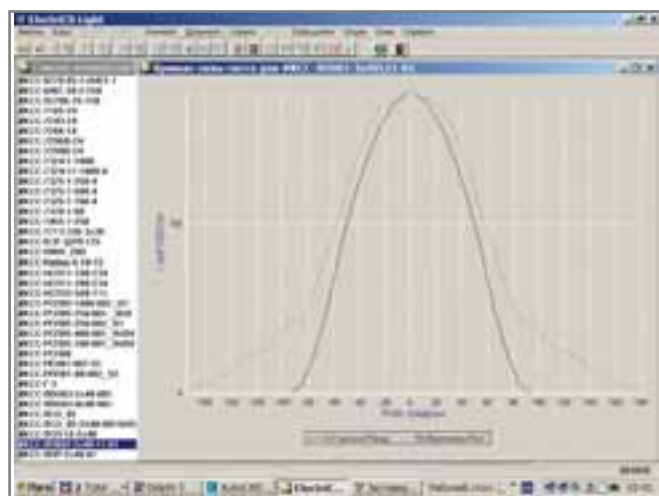


Рис. 3

мости от индекса помещения и усредненного коэффициента отражения поверхностей помещения при расчете числа светильников.

Кривые силы света можно просматривать как в декартовой (рис. 3), так и в полярной (рис. 4) системе координат.

Расчет освещенности проводится как для точек контроля, так и для заданных поверхностей (расчет изолиний). При расчете точек контроля для каждой из них рассчитывается прямой свет от всех источников (светильников) в данном помещении и отраженный свет от всех отражающих поверхностей в соответствии с координатами этой точки и расположением нормированной поверхности (В или Г).

Расчет числа светильников производится в проекте с исходными данными по стенам и комнатам. На основе исходных данных по габари-

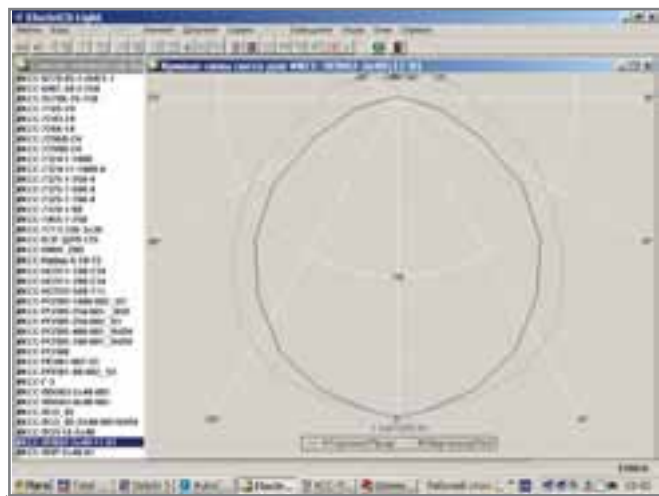


Рис. 4



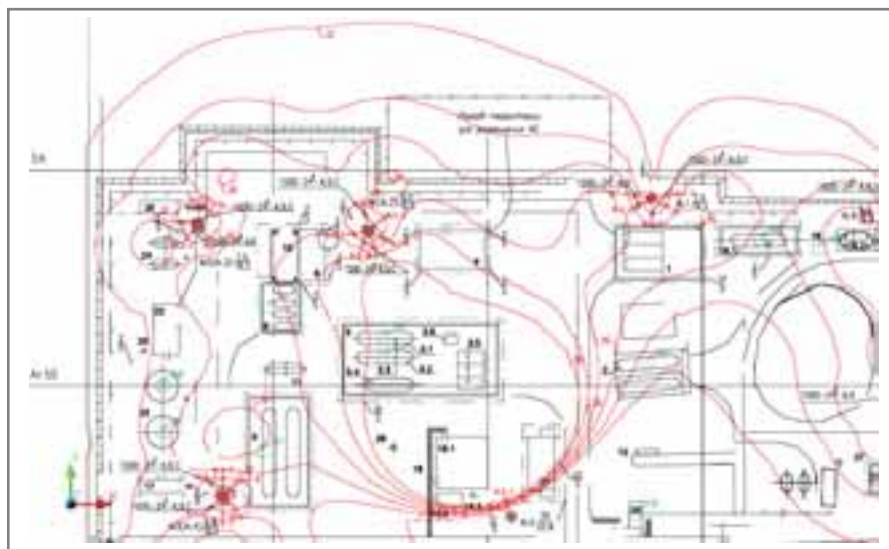


Рис. 5

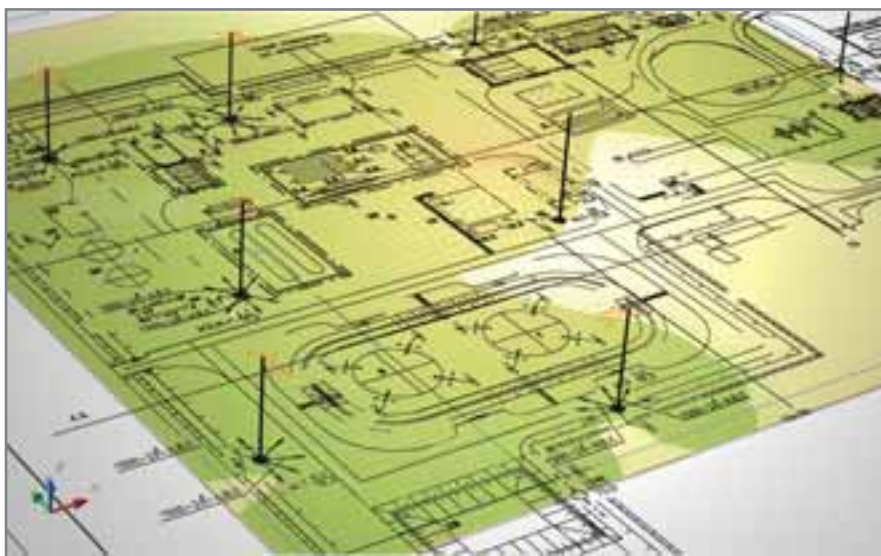


Рис. 6

там комнаты вычисляется ее индекс помещения  $I_{ном}$ :

$$I_{ном} = \frac{ab}{h(a+b)},$$

где  $a$  — длина помещения;  $b$  — ширина помещения;  $h$  — расчетная высота. По вычисленному усредненному коэффициенту отражения и индексу помещения вычисляется коэффициент использования (КЦИ светильников считается равной Д-2).

Исходные данные и результаты расчета можно выдавать в AutoCAD как в трехмерном представлении, так и в виде плана.

В 3D-виде выдаются:

- результаты расчета — как две поверхности (первая — горизонталь-

ная тонированная плоская поверхность на заданном уровне освещенности, вторая — тонированная неплоская поверхность, заданная расчетными точками освещенности, где освещенность приведена к координате Z);

- изолинии — как замкнутые линии для заданного уровня освещенности;
- источники света (светильники) — как круг или ориентированный прямоугольник заданных размеров с 3D-вектором;
- точки контроля — как тонированный шар стандартных размеров с выносной проектной позиции;
- стены — как тонированный вертикальный прямоугольник;
- мачты — как тонированный вертикальный цилиндр;

- зона расчетов — как тонированный ортогональный параллелепипед;
- здания и сооружения — как тонированные объекты различного типа (резервуар, сфера и т.д.). В виде плана представляются:
- источники света (светильники) — как круг или ориентированный прямоугольник стандартных размеров с выносной проектной позиции. Если вектор светильника направлен не строго вертикально, на план выдается плоская стрелка как проекция вектора;
- точки контроля — как квадрат стандартных размеров с выносной проектной позиции;
- стены — как линия с выносной проектной позиции;
- зона расчетов — как ортогональный прямоугольник.

В состав ElectricCS Light включены пять контрольных примеров: два посвящены наружному (прожекторному) освещению, остальные — внутреннему.

Первый контрольный пример представляет собой проект наружного освещения технологической площадки при обустройстве нефтяного месторождения. На территории расставлены девять прожекторных мачт различной высоты: восемь мачт с 45 прожекторами типа ПХН-1500 и одна мачта со светильником КНУ01-20000. На рис. 5 приведен трехмерный вид исходного плана с расставленными прожекторными мачтами и изолинией уровня 10 лк как результатом расчета. На рис. 6 показан трехмерный вид (график) результатов расчета, где отображается граница освещенности, равной 10 люксам. Здания и сооружения в этом примере не оцифровывались, поэтому их тени не учтены. На рис. 7 — таблицы источников света и точек контроля с результатами расчета освещенности, выведенные в Word.

Второй контрольный пример — это проект наружного освещения части площадки геотермальной электростанции. На плане установлены две прожекторные мачты с тремя светильниками типа Haline-2-1500W на каждой. На рис. 8 показан трехмерный вид исходного плана с расставленными прожекторными мачтами и изолинией уровня 10 лк как результатом расчета. Рис. 9 пред-



Рис. 7

ставляет трехмерный вид результатов расчета в виде световой поверхности на уровне 10 лк без плоскости сечения. В этом КП указаны (оцифрованы) некоторые резервуары, по-

и венткамеры. В насосной под потолком на высоте 4,7 м вертикально размещены семь светильников типа НСП11-200-234. На стене венткамеры — два светильника типа НПП03-

этому он показателен в смысле учета затененности от зданий и сооружений и оценки распределенности освещенности по всей площадке.

Для третьего контрольного примера взят проект внутреннего освещения пожарной насосной. Здание насосной состоит из двух помещений: собственно насосной

100-001, горизонтально размещенные на высоте 2,7 м. На рис. 10 представлен трехмерный вид исходного плана с расставленными светильниками и стенами. На рис. 11 — трехмерный вид результатов расчета в виде световой поверхности. Здесь хорошо заметно влияние теней от некоторых стен на уровень освещенности в различных точках насосной.

Четвертый контрольный пример — это проект внутреннего освещения спортивного зала, где под потолком размещены в три ряда 90 светильников типа ЛП002-2x40/11-01.

В качестве пятого контрольного примера взят проект внутреннего освещения комнаты отбора проб. По потолку на высоте 4 м расположено 8 светильников типа 7266/24 (два ряда по четыре светильника).

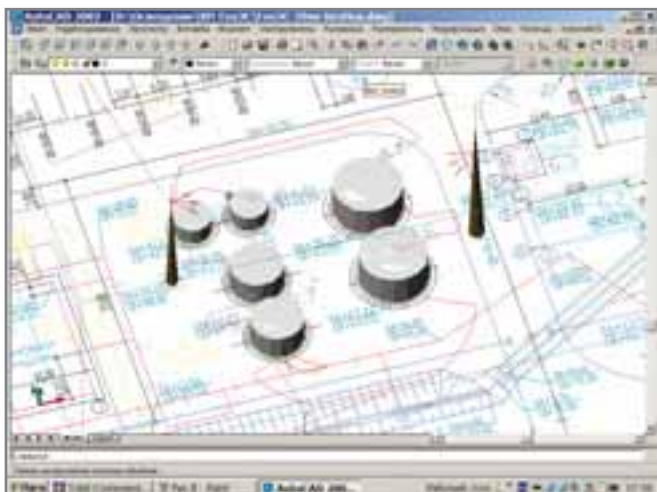


Рис. 8

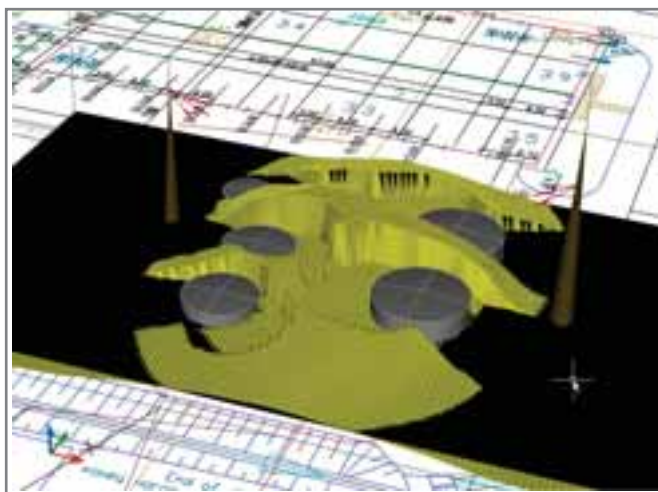


Рис. 9

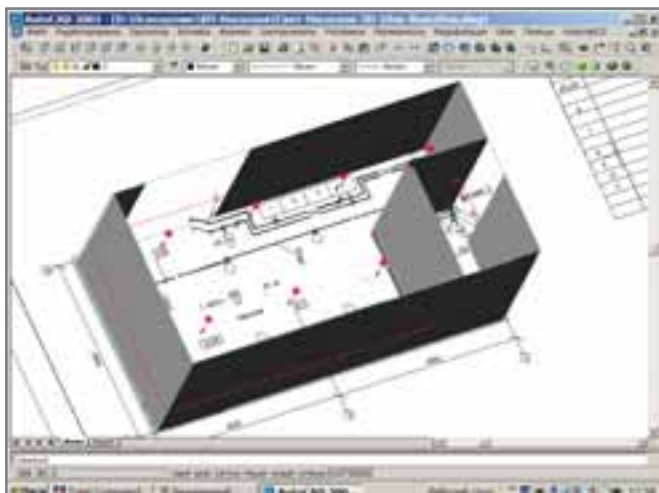


Рис. 10

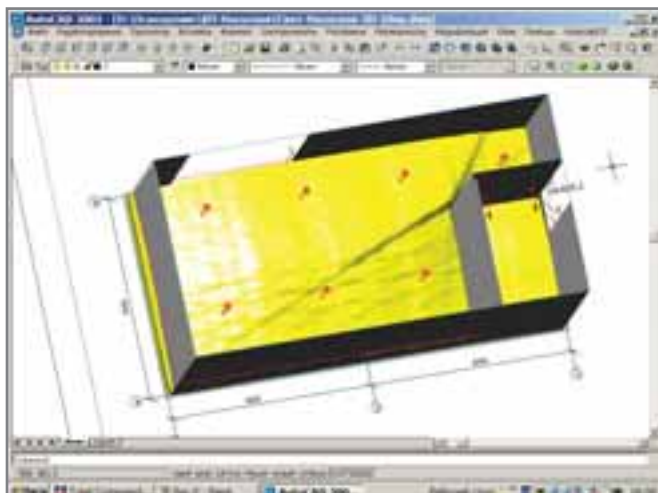


Рис. 11



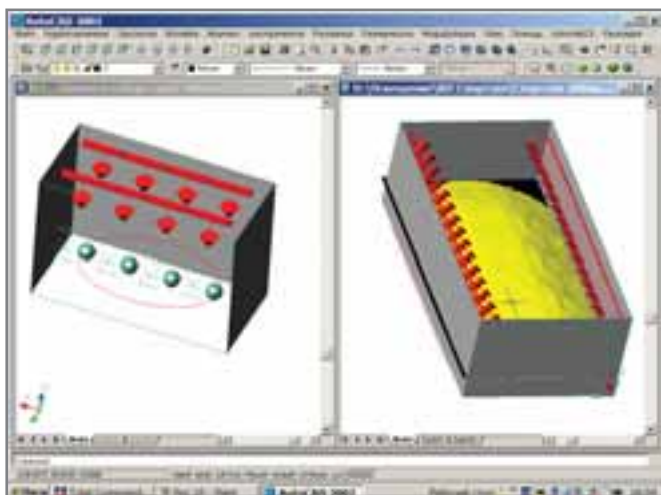


Рис. 12

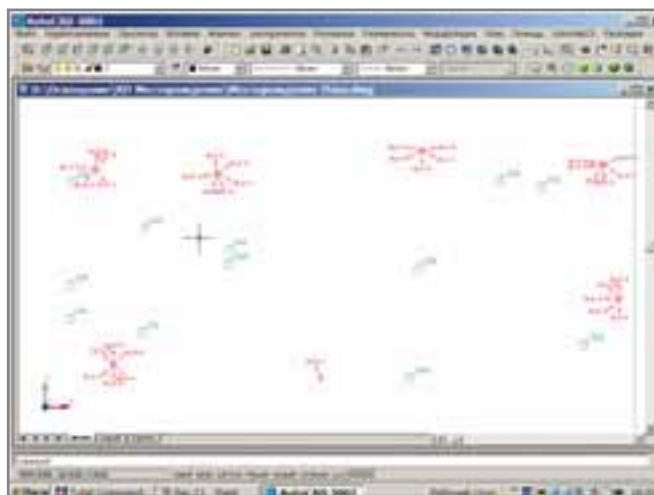


Рис. 13

На рис. 12 приведены трехмерные виды четвертого и пятого контрольных примеров с результатами расчетов в виде изолиний и световой поверхности. Рис. 13 иллюстрирует фрагмент выданных на план (плоскость) исходных данных (прожекторов и точек контроля). Можно выдавать их и на существующий план в AutoCAD.

Система ElectriCS Light работает под управлением MS Windows NT 4.0 и выше (MS Windows 98). Минимальные требования к компьютеру: ПК типа Pentium II с оперативной памятью 64 Мб. В качестве документа используется MS Word 2000, а в качестве графического трехмерного редактора (для просмотра планов и работы с ними) — AutoCAD 2000.

*Александр Салин,  
Николай Ильичев,  
Александр Шемякин,  
Михаил Целищев  
Ивановский государственный  
энергетический университет,  
"Зарубежэнергопроект"*

# REAL Steel

Созданная инженерами и для инженеров программа REAL Steel® – это реальный продукт для реальных задач, работающий в реальном времени и реальном мире.

■ Реально обеспечивает инженеров-конструкторов современными средствами выполнения трехмерного параметрического моделирования, расчета и анализа, детализовки узлов, автоматизированного выпуска чертежей и спецификаций металлоконструкций.

■ Реально обеспечивает прямую "бесшовную" интеграцию между графической средой AutoCAD и программами расчета и анализа STAAD.Pro, SCAD, LIRA.

■ Реально сокращает время проектирования и снижает стоимость проектных решений, позволяет повысить эффективность и качество проектных работ.

■ Реально приспособлена как для индивидуального использования на персональных компьютерах, так и для коллективной работы в компьютерных сетях.

Приложение для AutoCAD  
Приложение для STAAD.Pro/SCAD/LIRA

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Программа совместима с Autodesk Mechanical Desktop и Autodesk Architectural Desktop



Москва, 105066, Токмаков пер., 11.  
Тел.: (095) 913-2222, факс: (095) 913-2221  
E-mail: sales@csoft.ru Internet: <http://www.csoft.ru>

