

# Научно-методический раздел

УДК 681.327.11 +72.01:13+658.512-52

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ

А.Л. Хейфец

**Рассмотрен новый алгоритм расчета продолжительности инсоляции и возможности автоматизированной системы, созданной на его основе и являющейся приложением к пакету AutoCAD. Приведены примеры расчета инсоляции применительно к задачам уплотнения существующей застройки и планировки. Показана возможность исследования геометрии зон инсоляции.**

В ЮУрГУ разработана система расчета продолжительности инсоляции [1, 2]. Система является приложением к пакету AutoCAD и пакетам на его основе, например, Architectural Desktop. Это компьютерная программа, написанная на языке AutoLISP.

**Алгоритм расчета.** Принимается [3, 4], что лучевой поток от солнца представляет собой, в общем случае, поверхность кругового конуса (рис. 1, а). Вершина конуса находится в расчетной точке *A*. Стрелка *N* указывает направление на север. Угол  $\varphi$  наклона плоскости траектории солнца равен географической широте местности. Для определения угла  $\delta$  предложена формула, вытекающая из допущения о гармонических колебания земной оси:

$$\delta = 23,5 \cdot \sin \left( 2\pi \cdot \frac{\text{data} - 81}{365} \right),$$

где *data* – номер календарного дня по сквозной нумерации (для 1 января *data* = 1, для 22 марта *data* = 81, для 22 сентября *data* = 265 и т.д.).

Точки *B* и *D* (восхода и заката) определяются сечением лучевого конуса плоскостью горизонта *h*, проведенной через расчетную точку. Верхняя

чаща конуса соответствует летнему периоду, нижняя – зимнему.

Для определения продолжительности инсоляции необходимо построить линии пересечения лучевого конуса с моделями зданий (лучевые сечения) и спроецировать их на плоскость  $\gamma$ . В плоскости  $\gamma$  определяются секторы инсоляции и их угловые размеры. Интервалы времени определяются из условия  $15^\circ = 1 \text{ час}$ .

В дни равноденствия 22 марта и 22 сентября лучевой конус вырождается в плоскость  $\gamma$  (значение  $\delta = 0$ , рис. 1, б). Это существенно упрощает расчет.

«Ручная» реализация изложенного алгоритма рассмотрена в [3-4].

При автоматизированной реализации алгоритма объекты (модели зданий) должны быть представлены как сетевые. Объекты типа Solids или объекты из других пакетов необходимо конвертировать в сетевые.

Параметры сетевых объектов программно извлекаются из базы данных рисунка. Грани разбиваются на треугольники. Формируются списки, содержащие координаты вершин каждой грани.

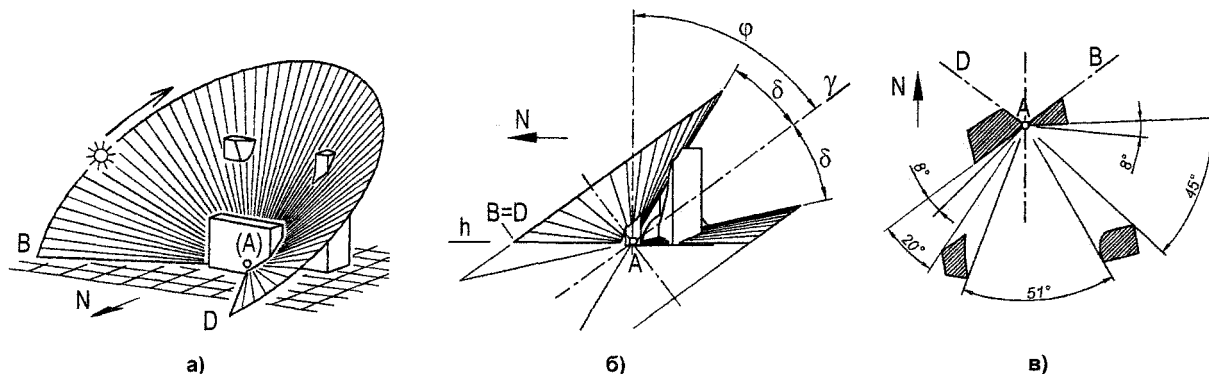


Рис. 1. Схема и алгоритм расчета

Лучевой конус также представляется в виде списка треугольных граней.

Рассматривается пересечение всех треугольных граней объектов со всеми треугольными сегментами конуса, то есть решение сводится к многократному повторению задачи о нахождении отрезка линии пересечения двух треугольников. Для равенства задача сводится к пересечению граней объектов единой плоскостью  $\gamma$ .

Далее, от каждой грани по найденному отрезку ее лучевого сечения вычисляется угловой сектор затенения, во время которого грань закрывает поступление света в расчетную точку. После вычитания всех секторов затенения из дневного интервала светового времени остаются искомые интервалы инсоляции.

**Возможности автоматизированной системы.** Предусмотрено решение следующих задач:

- расчет инсоляции площадки, расположенной на «земле» или стене здания;
- расчет инсоляции в точке площадки или стены, в том числе для окна квартиры с учетом геометрии светопроема - балкона, лоджии и др.;
- создание анимации суточного движения тени;
- создание моделей зданий оптимальной формы, максимально ускоряющей расчет.

Расчеты и анимация могут быть выполнены для любого дня и в точке произвольного географического положения. Инсоляция определяется как нормированная в соответствии с действующими нормами [2].

**Пример расчета.** Рассмотрим возможности системы на примере задачи (рис. 2): оценить влияние, оказываемое строительством нового здания (поз. 3) на инсоляцию двух старых общежитий (поз. 1, 2).

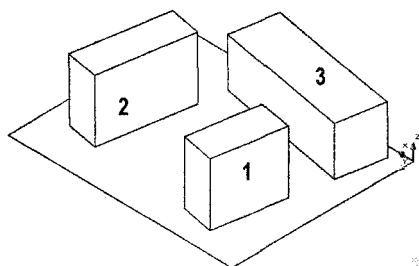


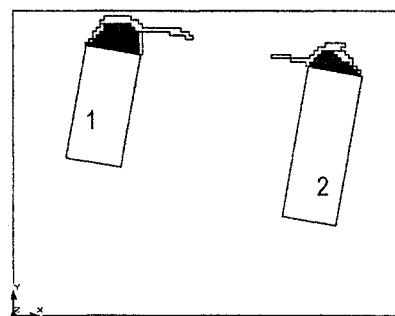
Рис. 2. Модели зданий

**Инсоляция площадки.** В этом режиме вычисляется нормированная инсоляция в каждом узле условной сетки, нанесенной на контур площадки. Площадка может быть расположена на земле или на стене здания. В результате расчета на площадке выявляются зоны с различным уровнем инсоляции.

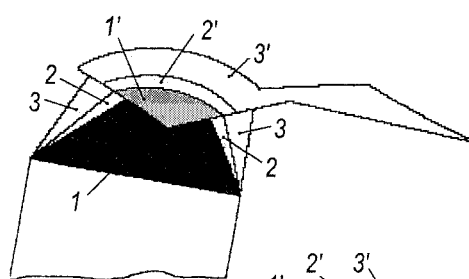
Точность расчета площадки задается дискретностью сетки. Расчет на рис. 3, а выполнен при дискретности 100 узлов вдоль длинной стороны площадки, на рис. 3, б, в дискретность была задана 200 узлов. В процессе расчета узлы сетки

маркируются разным цветом в зависимости от выявленного в них уровня инсоляции: дополнительно цветом отражается характер инсоляции - непрерывная или прерывистая<sup>1</sup>.

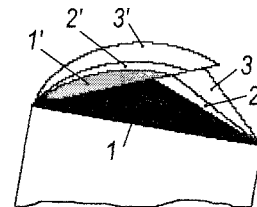
На рис. 3 приведена картина инсоляции территории вокруг исходных зданий до размещения нового здания. С северной стороны старых зданий видны небольшие зоны недопустимо низкой инсоляции. Примыкание зон к стенам зданий указывает на то, что окна этих стен инсолированы ниже допустимой нормы. Основная часть территории и стены с расположенными на них окнами имеют инсоляцию допустимого уровня.



а)



б)



в)

Рис. 3. Зоны инсоляции исходных зданий: 1, 1' – инсоляция в интервале 0–1,5 часа; 2, 2' – в интервале 1,5–2 часа; 3, 3' – в интервале 2–3 часа; 1, 2, 3 – непрерывная, 1', 2', 3' – прерывистая инсоляция

Дополнительный интерес представляет исследование геометрии зон инсоляции. Так, на рис. 3, б, в приведены результаты детального расчета зон инсоляции, примыкающих к зданию 1. Результаты на рис. 3, б получены при совместном воздействии зданий 1 и 2, результаты на рис. 3, в – при отсутствии здания 2. Следует вывод, что характерные вытянутые участки в зонах инсоляции зданий 1 и 2 обусловлены их взаимным влиянием.

<sup>1</sup> Рисунки в статье даны в черно-белом варианте ввиду типографских ограничений по передаче цвета.

Результат расчета, приведенный на рис. 4, показывает, что размещение нового здания приводит к существенному изменению картины инсоляции. На площадке возникла большая зона недопустимо низкой инсоляции, примыкающая к стенам старых зданий. Приложение позволяет детально исследовать эту зону (рис. 4, а).

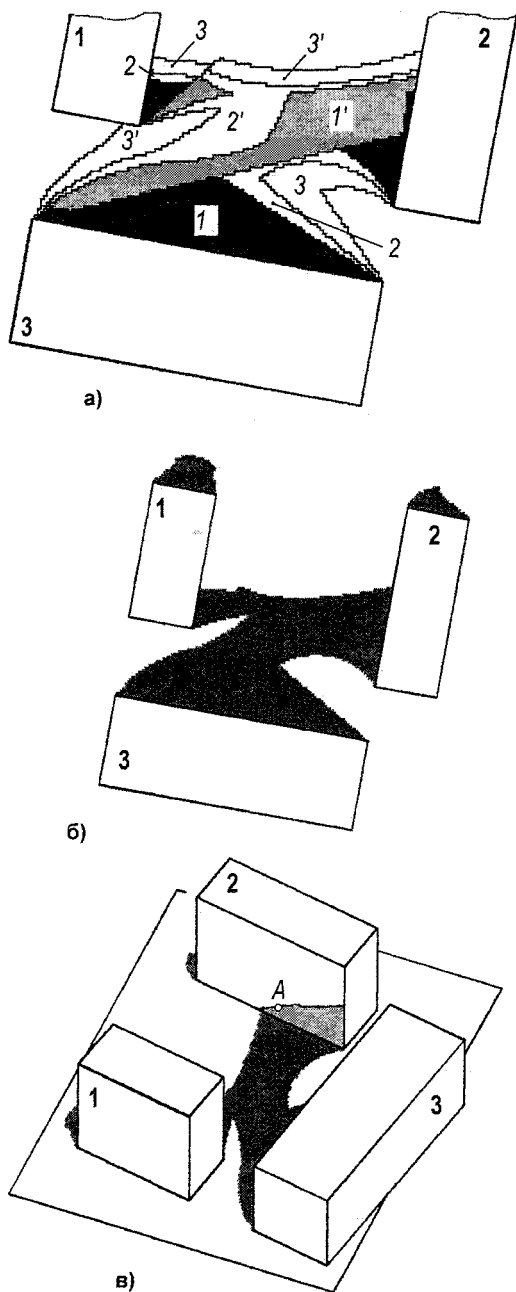


Рис. 4. Изменение картины инсоляции, вызванное размещением нового здания: а – зоны инсоляции (обозначения см. рис. 3); б – суммарная зона инсоляции 0–2 часа; в – то же для стены

Предусмотрена возможность выявления зон инсоляции необходимой продолжительности. На рис. 4, б, в выделена зона, в которой нормированная инсоляция не превышает двух часов – это зона недопустимо низкой инсоляции для квартир. Такое

представление результатов расчета является более удобным для принятия решений.

В связи с примыканием зоны недопустимой инсоляции к стенам зданий, возникает необходимость расчета инсоляции этих стен. Для здания 2 расчет показал (рис. 4, в), что значительная часть стены находится в зоне недопустимой инсоляции. Следует вывод о недопустимом расположении нового здания.

Для восстановления допустимой инсоляции выполняют расчет площадки при смещении нового здания. Результат, приведенный на рис. 5, соответствует смещению здания на 20...30 м в сторону юго-запада. Видно, что зона недопустимой инсоляции существенно сократилась. Возникла возможность размещения дворовой площадки.

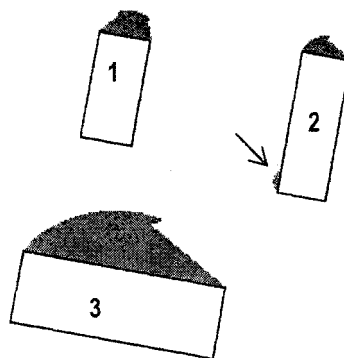


Рис. 5. Восстановление допустимой инсоляции при смещении нового здания

Небольшая часть недопустимой зоны (показана стрелкой) все-таки примыкает к стене здания 2. Однако дополнительный расчет показал, что высота этой зоны на стене достигает лишь уровня первого этажа. Чтобы устранить и эту остаточную зону, нужно сместить новое здание еще на 3...5 м.

Инсоляция в точке. В этом режиме приложение позволяет детально рассчитать параметры инсоляции в любой точке территории или для любого окна на стене. При расчете окна, для учета воздействия балкона или лоджии, предусмотрено автоматизированное построение их объемной модели требуемых размеров. Возможен традиционный вариант, путем задания инсоляционных ограничивающих углов.

На рис. 6 приведен результат расчета для точки А, положение которой показано на рис. 4, в. Области 1, 2, 3 – это лучевые сечения одноименных зданий. Заштрихованные секторы – секторы света, попадающие в расчетную точку. Интерпретация результата, особенно в графической форме, позволяет детально проанализировать инсоляцию каждого окна и определить влияние элементов окружающих зданий.

Расчет инсоляции в задачах планировки. Рассматриваемая компьютерная программа, позволяет решать задачу комплексной оценки инсоляционных процессов застроенной или проекти-

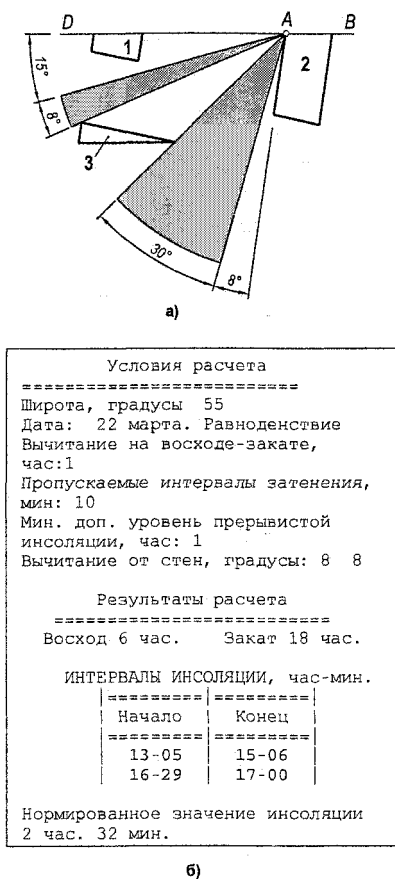


Рис. 6. Расчет инсоляции в точке: а – графическая; б – текстовая форма отчета

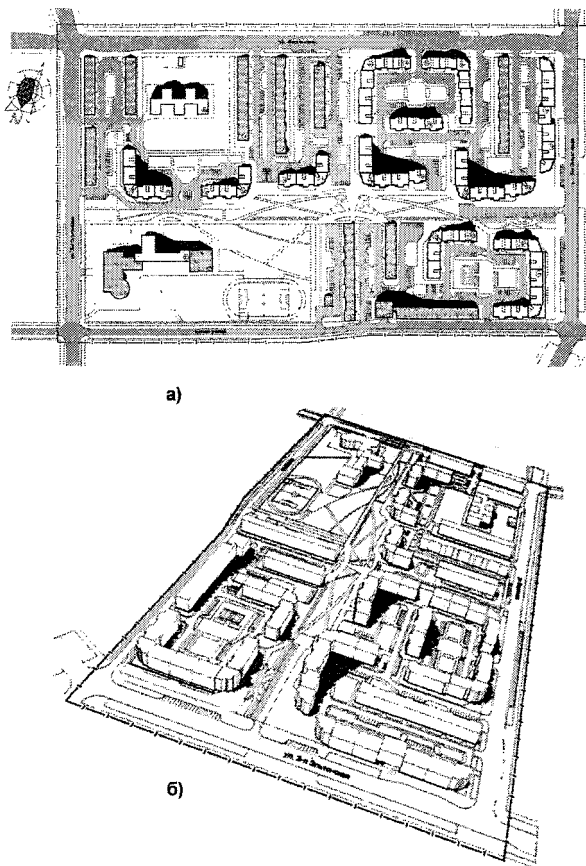


Рис. 7. Расчет инсоляции микрорайона в пос. Чурилово (г. Челябинск): а – план, б – объемная модель

руемой территории<sup>2</sup>. Пример применения программы приведен на рис. 7, где черным цветом закрашены зоны недопустимой инсоляции.

**Внедрение системы.** Система в течение года проходила испытания в институте «Челябинск-гражданпроект». Результаты были доложены в Управлении Главгосэкспертизы Челябинска, где получили положительную оценку. Система внедрена в учебный процесс по курсу компьютерной графики ряда архитектурных и строительных специальностей ЮУрГУ.

Систему можно найти на сайте:

[www.heifets.narod.ru](http://www.heifets.narod.ru)

### Выводы

1. Рассмотренная автоматизированная система, позволяющая дать картину инсоляции территории, а не только в отдельных точках, существенно повышает эффективность и наглядность расчета продолжительности инсоляции.

2. Детализация зон инсоляции открывает возможность исследований в этом направлении, а также изучения физических основ процесса в учебных дисциплинах.

### Литература

1. *Архитектурная физика* / Под ред. Н.В. Оболенского. — М.: Стройиздат, 1998. — 448 с.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий». — М.: Минздрав России, 2002. — 15 с.
3. Хейфец, А.Л. SD-моделирование и расчет продолжительности инсоляции средствами пакета AutoCAD / А.Л. Хейфец // The 14-th International Conference on Computer Graphics and Vision. GraphiCon '2004. September 6-10. 2004. Moscow, Russia. — Moscow State University. Conference Proceedings. — С 283-286.
4. Хейфец, А.Л. Расчет продолжительности инсоляции средствами 3D-моделирования пакета AutoCAD / А.Л. Хейфец // Вестник УГТУ-УПИ. Строительство и образование: сб. науч. тр. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2004. — Вып. 7. — № 11 (41). — С. 211-214.

[heifets@yandex.ru](mailto:heifets@yandex.ru)

<sup>2</sup> Материалы на рис. 7 предоставил А.А. Серебровский, начальник отдела генпланирования института «Челябинскгражданпроект».