

Инженерная геометрия и компьютерная графика

УДК 628.9, 728.1

DOI: 10.14529/build190306

МЕТОД ЗАДАНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ УЗЛОВЫХ ТОЧЕК, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КОНВЕРТЫ ТЕНЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ И УГЛАХ ПОВОРОТА ЗДАНИЙ

Ф.Н. Притыкин¹, Е.А. Курышева²

¹ Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

² Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, г. Омск, Россия

В работе предложен аналитический способ расчета теней зданий и сооружений с целью их использования при составлении планов жилой застройки. Способ основан на использовании полиномов, задающих зависимости координат узловых точек теней от двух углов, соответственно определяющих наклон солнечных лучей и поворот зданий относительно направления восток – запад. Дана графическая интерпретация указанных зависимостей. Полученные аналитические зависимости использованы для автоматизированного определения показателей инсоляции при различных положениях зданий и сооружений. Выполнена модификация алгоритма нахождения положения жилых зданий на основе использования обобщенных координат и синтеза малых движений, при котором удовлетворяются требования инсоляционного режима и минимизация занимаемой площади застройки. При этом способе на каждой итерации исследуется взаимное положение конвертов теней зданий и различных сооружений. В работе также представлены результаты расчетов синтеза перемещений зданий, имеющих различную высоту и различный очерк на горизонтальной плоскости проекции. При данном синтезе движений на каждом шаге расчетов уменьшается занимаемая площадь жилой застройки с выполнением требований инсоляции.

Ключевые слова: инсоляция, планирование территории застройки, обобщенные координаты, взаимное положение теней, конверты теней.

При планировании местоположения жилых сооружений на заданной территории необходимо учитывать их взаимные положения теней. Это необходимо для оценки инсоляционного режима территорий застройки и помещений [1, 2]. В работах [3–6] приведены геометрические методы определения контуров теней зданий и в целом инсоляции заданного участка площади застройки.

Методика определения положений зданий на основе использования обобщенных координат и синтеза их малых движений предложена в работах [7, 8]. При этом способе на каждой итерации исследуется положение теней относительно зданий. Поэтому наиболее эффективным способом при вычислении непрерывной инсоляции при указанных расчетах является задание контура теней набором узловых точек для определенных углов ориентации зданий относительно направления восток – запад и угла наклона солнечных лучей. В данной работе предложен автоматизированный способ определения контура теней зданий, имеющих прямоугольную, П-образную формы или форму с криволинейными участками зданий для произвольных значений указанных углов.

Рассмотрим на рис. 1 в качестве примера изображения контуров почасовых теней для различных углов поворота α солнечных лучей зданий, имеющих различную форму на горизонтальной проекции. Продолжительность инсоляции определенного фрагмента Θ i -го здания в течение заданного интервала времени с определенным приближением будет задавать количество пересечений этой области (данные области на рис. 1 обозначены ① и ② и т. п.)с выпуклыми областями Δ_{ij}^I и Δ_{ij}^{II} почасовых теней в течение светового дня, где параметры i и j соответственно задают номер здания и номер почасовой тени. Для П-образного здания количество участков, заданных прямоугольниками (используемыми для определения общей тени жилого сооружения) на горизонтальной проекции, будет равно трем, а количество фрагментов – соответственно пяти. При этом тень каждого из трех прямоугольников задают пятиугольники Δ_{ij}^{lk} [7, 8]. В общем случае эти пятиугольники могут накладываться друг на друга, и общая форма тени здания при этом с течением времени изменяется (см. рис. 1). Количество выпуклых областей пятиугольников Δ_{ij}^{lk} зависит от числа l прямо-

Инженерная геометрия и компьютерная графика

угольников, определяющих горизонтальный очерк зданий. Например, для здания с криволинейным фасадом количество прямоугольников принято равным пяти. На рис. 1 солнечные лучи, соответствующие полдню и располагающиеся в плоскости Г, наклоненной под углом $\gamma = 35^\circ$ к горизонтальной плоскости, соответствуют дню осеннего и весеннего равноденствия. Каждая отдельная область тени Δ_{ij}^{lk} может быть задана пересечением областей λ_j (полуплоскостей), определяемых прямыми линиями [9]. Индекс k указывает время, определяющее положение почасовой тени. Методика аналитического задания указанных выпуклых областей почасовых теней изложена в работах [7, 8].

Анализ построения теней показывает, что при изменении угла наклона солнечных лучей координата y узловых точек F_{ki} тени не изменяется (см. рис. 1) (параметр ki определяет номер узловой точки тени $1 \leq ki \leq 5$). Значения указанной координаты y вычисляется по формуле:

$$y = H \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) + y_{FG}, \quad (1)$$

где H – параметр, определяющий высоту здания, γ – угол наклона плоскости Г к горизонтальной плоскости проекций, y_{FG} – координата y точки здания, для которой определяется тень в неподвижной системе координат. Для автоматизированного расчета положений конвертов теней определим функции изменения координаты x узловых точек $F_1 \div F_5$ областей Δ_{ij}^{lk} , от углов α и β (см. рис. 1). Угол β задает наклон здания по отношению к направлению восток – запад (см. рис. 1).

В работе [8] выполнено соответствие узловых

точек F_{ki} контуров теней Δ_{ij}^{lk} пятиугольников точкам контура здания на горизонтальной проекции для различных моментов времени, а именно 8, 10, 12, 14 и 16 часов. Данные точки могут быть использованы при автоматизированном расчете положения областей Δ_{ij}^{lk} при синтезе движений зданий с целью определения минимальной площади застройки и с обеспечением заданных требований инсоляции [7]. Как видно из рис. 1, в различные моменты времени текущие точки F_{ki} областей Δ_{ij}^{lk} , например точки $F_2^8, F_2^{10}, F_2^{12}, F_2^{14}$ и F_2^{16} , определяются различными точками, а именно A и B , задающими горизонтальный очерк здания. Верхние индексы 8, 10 и т. д. обозначений точек на рис. 1 задают время, соответствующее почасовой тени.

На графиках рис. 2 отображены зависимости значений текущих со временем координат x (в метрах) точек F_2, F_3 и F_4 для одного из прямоугольников $A_1B_1C_1D_1$ горизонтального очерка здания (располагающегося с левой стороны), имеющего высоту пятьдесят метров при различных значениях углов α и β .

Координата x узловой точки тени, полученной от заданной точки здания, может быть вычислена по формуле

$$x = H \left(\frac{1}{\operatorname{tg}(\arcsin \frac{\sin \alpha \sin \gamma}{\cos \alpha})} \right) + x_{FG}, \quad (2)$$

где x_{FG} – координата x точки здания в неподвижной системе координат, для которой определяется тень. Формула (2) определяется следующими три-

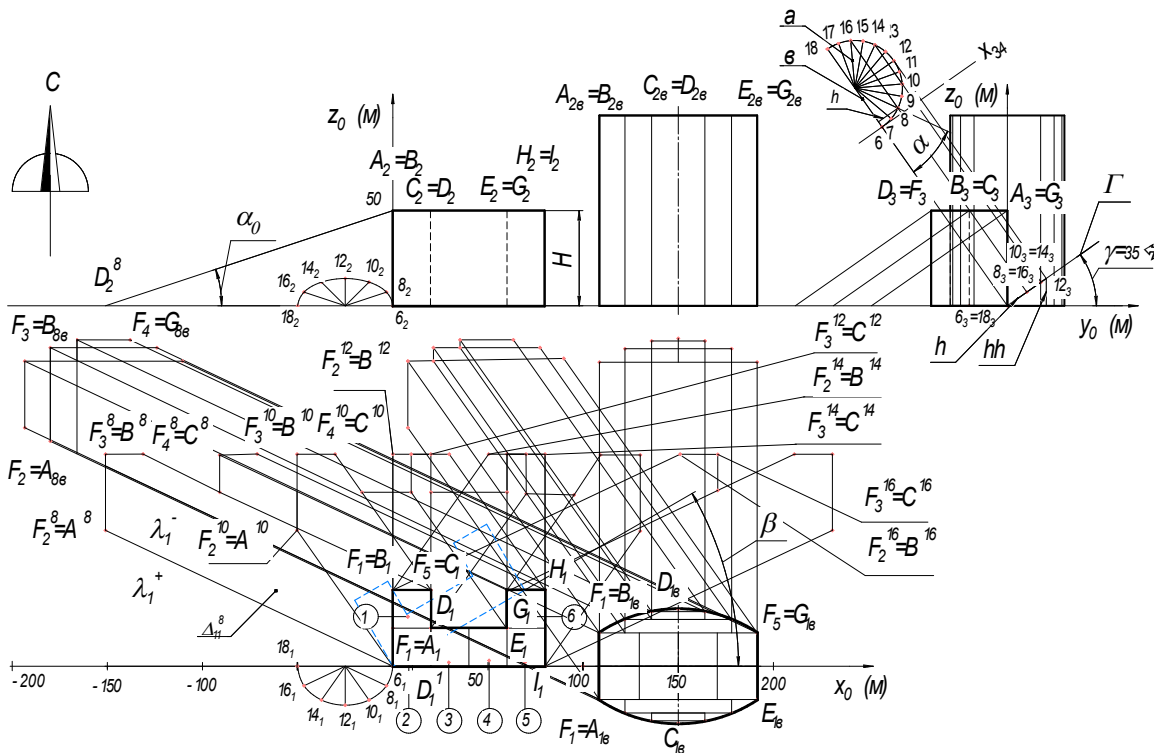


Рис. 1. Изображения конверта теней зданий, соответствующих 8, 10, 12, 14 и 16 часам

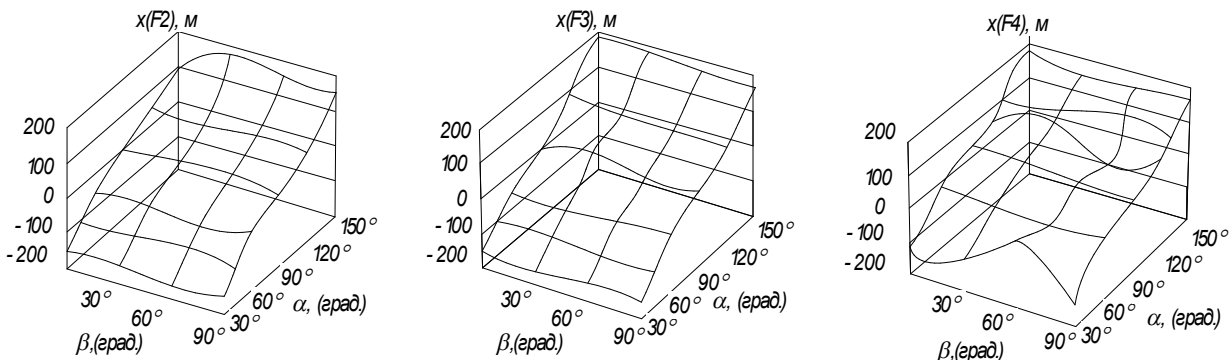


Рис. 2. Графики функций $x_{F2+F4} = f_{1,3}(\alpha, \beta)$ для различных значений $H = 50, 100$ и 150 м

гонометрическими функциями, полученными из анализа рис. 1:

$$h = a \cdot \sin \alpha; \quad hh = a \cdot \sin \alpha \sin \gamma; \quad \sin \alpha^\circ = \frac{hh}{b};$$

$$b = a \cdot \cos \alpha; \quad \alpha_0 = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha \sin \gamma}{\cos \alpha}\right); \quad \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{H}{x}.$$

Однако зависимость (2) не может быть использована для определения координат текущих узловых точек F_2, F_3 и т. д. тени, так как положения данных точек (например, точки F_2) определяется различными точками горизонтального очерка здания. Для определения координаты x промежуточных узловых точек F_{ki} удобнее всего использовать полиномы третьей степени, отражающие зависимости, представленные на рис. 2 [10–12]. Уравнения полиномов третьей степени имеют следующий вид [11]:

$$x_{F2} = a_1^{F2} \alpha^3 + a_2^{F2} \alpha^2 + a_3^{F2} \alpha + a_4^{F2},$$

$$x_{F3} = a_1^{F3} \alpha^3 + a_2^{F3} \alpha^2 + a_3^{F3} \alpha + a_4^{F3}. \quad (3)$$

Коэффициенты $a_1^{F1}, a_2^{F2} \dots a_4^{F4}$ для определенно заданного значения угла β_i получают при подстановке координат четырех точек F_{ki} , построенных гра-

фическим путем. Например, для определения первого уравнения системы (3) необходимо подставить в данное уравнение значения координаты x точек A^8, A^{10}, B^{14} и B^{16} и решить систему из четырех уравнений с четырьмя неизвестными. На основе определения коэффициентов $a_1^{F2} \div a_4^{F2}$ для четырех различных углов β_i можем установить зависимости $a_{1-4}^{F3} = f_{1-4}(\beta_i)$ этих значений от угла β_i . Для нахождения указанных зависимостей используем другие полиномы третьей степени:

$$a_1^{F3} = b_{11}^{F3} \beta_i^3 + b_{12}^{F3} \beta_i^2 + b_{13}^{F3} \beta_i + b_{14}^{F3},$$

$$a_2^{F3} = b_{21}^{F3} \beta_i^3 + b_{22}^{F3} \beta_i^2 + b_{23}^{F3} \beta_i + b_{24}^{F3}, \quad (4)$$

$$a_3^{F3} = b_{31}^{F3} \beta_i^3 + b_{32}^{F3} \beta_i^2 + b_{33}^{F3} \beta_i + b_{34}^{F3},$$

$$a_4^{F3} = b_{41}^{F3} \beta_i^3 + b_{42}^{F3} \beta_i^2 + b_{43}^{F3} \beta_i + b_{44}^{F3}.$$

Использование полиномов (3) и (4) позволяет вычислять координату x узловых точек F_{ki} конвертов теней для произвольных значений углов α и β_i для точек прямоугольников, задающих в совокупности горизонтальный очерк зданий. На рис. 3 выполнено изображение функций (3) и (4) для точек F_2 и F_3 для трех различных значений парамет-

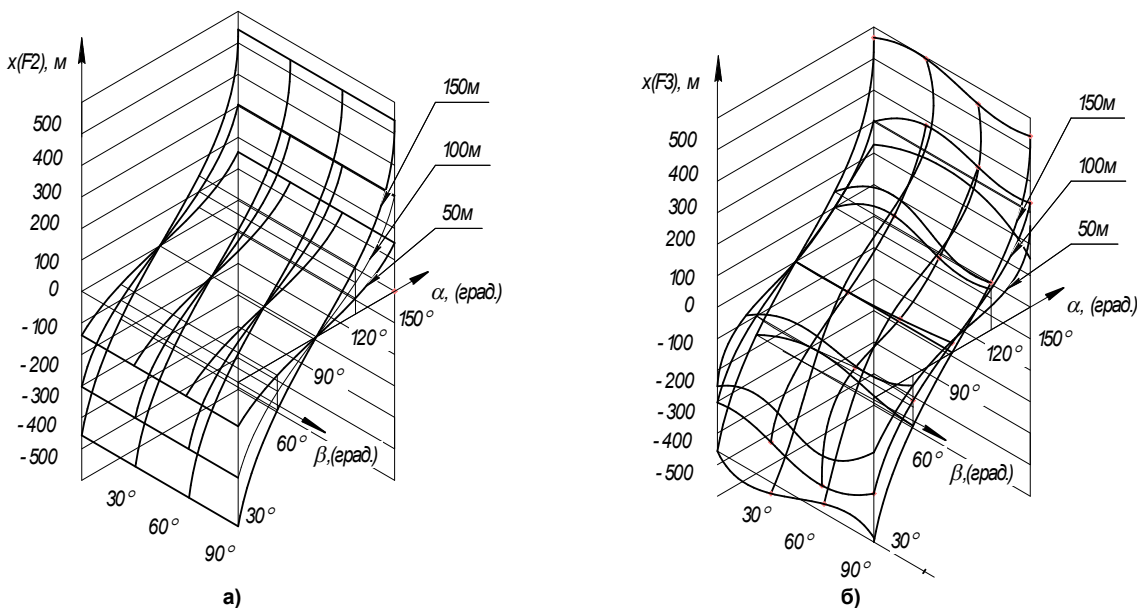


Рис. 3. Графики функций а) $x_{F2} = f(\alpha, \beta)$, б) $x_{F3} = f(\alpha, \beta)$ для значений $H = 50, 100, 150$ м

Инженерная геометрия и компьютерная графика

ра H , а именно 50, 100 и 150 м. Пример полученных значений коэффициентов полиномов (4) для узловой точки F_3 при $H = 50$ м для прямоугольника $A_1B_1C_1D'_1$ представлен в таблице.

Алгоритм определения взаимного положения зданий и конвертов теней представлен на рис. 4. Приняты следующие обозначения: 1 – ввод данных $i = 1, i_{\max}$ – максимальное число размещаемых зданий, $\beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \dots, \beta_i = 0$ (β_i – угол поворота i -го здания относительно направления восток – запад), $k_1 = 0, k_2 = 0 \dots k_i = 0$, (k_{i1}, k_{i2}, \dots , соответственно число пересечений первого, второго и т. п. фрагментов i -го здания с конвертами теней), k_i^{\max} – максимально допустимое число пересечений области фрагмента здания и теней, заданное в соответствии с нормативами инсоляции, kk_i^{\max} – максимальное значение количества фрагментов i -го здания (для тестового задания – $kk_1^{\max} = 5, kk_2^{\max} = 8, kk_3^{\max} = 2$), $\alpha = 0, \beta_i^{\max} = 175$; 2 – смещение зданий по критерию минимизации объема движения по вектору обобщенных скоростей [7]; 3 – определение коэффициентов полиномов $a_1^{F_2}, a_2^{F_2}, \dots, b_{11}^{F_i}, b_{12}^{F_i} \dots$ в соответствии с базой данных для каждого жилого сооружения для значений углов α и β_i (база

данных значений коэффициентов определяется заранее); 4 – вычисление координат текущих точек F_{ki} конвертов теней в подвижных и неподвижных системах координат в соответствии с углами α и β_i (3) и (4); 5 – вычисление коэффициентов уравнений прямых, проходящих через точки F_{ki} , задающие полуплоскости λ , заданные точками F_{ki}, F_{ki+1} i -го здания [9, 10]. Определение областей Δ_{ij}^{kk} на основе булевых операций теории множеств [9]; 6 – определение пересечения kk -го фрагмента горизонтальной проекции i -го здания с областями Δ_{ij}^{kk} ; 7 – пересечение есть; 8 – $k_i = k_i + 1$; 9 – $kk = kk + 1$; 10 – $kk > kk^{\max}$; 11 – $i = i + 1, kk = 0$; 12 – $i > i_{\max}$; 13 – $k_i > k_i^{\max}$; 14 – $\alpha > 150^\circ$; 15 – положение i -го здания при текущем значении угла β_i не удовлетворяет нормативам продолжительности инсоляции; $\beta_i = \beta_i + 5^\circ$; 16 – $\beta_i > \beta_i^{\max}$; 17 – положение всех зданий удовлетворяет продолжительности инсоляции; 18 – $q_{ii} = q_{ii} + \Delta q_{ii}$ (q_{ii} – значения обобщенных координат); Δq_{ii} – приращение обобщенных координат [7]. Определение нового положения зданий, при котором выполняется условие $\sum_{it=3}^6 q_{it} < \sum_{it=3}^6 q_{it-1}$, где q_{it} и q_{it-1} – значение обобщенных координат соответственно на текущем и предыдущем шаге расче-

Значения коэффициентов полиномов (4), позволяющих определить координату x узловой точки F_3

Обозначение точек	Коэффициенты полиномов			
	$b_{11}^{F_{ki}} \div b_{14}^{F_{ki}}$	$b_{21}^{F_{ki}} \div b_{24}^{F_{ki}}$	$b_{31}^{F_{ki}} \div b_{34}^{F_{ki}}$	$b_{41}^{F_{ki}} \div b_{44}^{F_{ki}}$
F_3	-0,0026	-0,0022	-0,0019	0,0003
	0,2453	0,2068	0,1877	-0,0323
	-5,3489	-4,4998	-4,0901	0,6900
	9,7373	8,1898	7,4453	-1,2576

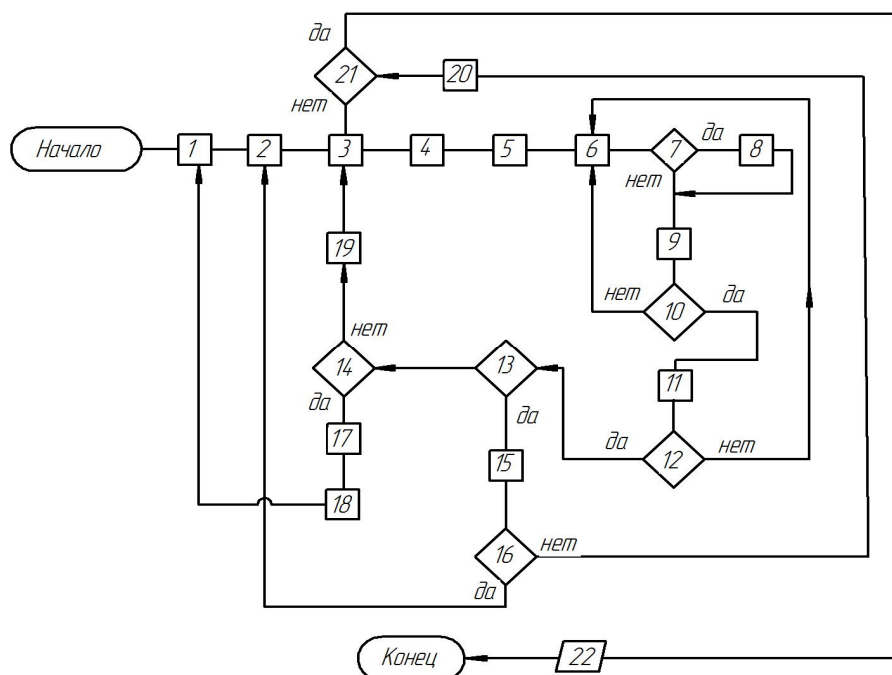


Рис. 4. Схема алгоритма определения продолжительности инсоляции на основе анализа положения областей фрагментов зданий и контуров теней

тов, it – номер обобщенной координаты (для рассматриваемого случая общее число обобщенных координат $it = 6$); $19 - \alpha = \alpha + 5^\circ$; 20 – вычисление новых значений приращений Δq_{it} [7], не соответствующих критерию минимизации объема движения; 21 – все возможные значения вектора приращений обобщенных координат Δq_{it} исследованы [7]; 22 – вывод окончательных значений обобщенных координат q_{it} , задающих положения зданий, при которых соблюдаются нормативы инсоляции.

На рис. 5 представлены результаты одного из этапов моделирования перемещения зданий с выполнением условий $\sum_{it=3}^6 q_{it} < \sum_{i(t-1)=3}^6 q_{it-1}$ и $\Delta^k_{ij} \neq \theta_{ki}$ на каждом шаге расчетов. Моделирование осуществлялось с использованием САПР ACAD и алгоритмического языка программирования AutoLISP. При моделировании на каждой итерации происходит уменьшение суммы значений обобщенных координат q_{it} , а следовательно, и площади застройки. На рис. 5 обозначения q_1, q_2, \dots, q_6 задают отрезки, определяющие первоначальные значения обобщенных координат. Контуры P_1, P_2 и P_3 задают первоначально заданное положение зданий и их фрагментов. Точки O_2, O_4 и O_6 задают начало подвижных систем координат, связанных со зданиями. Соответственно контур, заданный точками D_1, D_2, \dots и т. п., определяется линейными объектами, в качестве которых выступают автомобильные дороги, линии электропередачи, заводские территории и т. д.

При моделировании малых перемещений зданий обобщенные координаты q_i рассчитывались по

вектору приращений $V_{03}(\Delta x, \Delta y)$ для третьего здания [7]. Методика определения направления вектора V_{03} изложена в работе [7]. Линейная система уравнений, определяющая взаимосвязь приращений обобщенных координат Δq_i и компонентов вектора $V_{03}(\Delta x, \Delta y)$, задает p -плоскость размерности, равной четырем [13, 14]. Для обеспечения уменьшения значений обобщенных координат $q_i (i = 3, 4, \dots, 6)$ использовались отрицательные значения весовых коэффициентов приращений третьей и пятой обобщенных координат [7]. Высота зданий в тестовом примере была принята соответственно: $H_1 = 50$ м, $H_2 = 150$ м и $H_3 = 100$ м. При моделировании синтеза перемещений зданий в соответствии с архитектурными требованиями значения углов β_i могут исследоваться только равными для заданных соответствующих сооружений.

Функции, заданные полиномами (3)–(4), могут быть использованы при автоматизированном определении места расположения зданий [7] с выполнением требований инсоляции. Результаты моделирования синтеза малых перемещений строящихся сооружений с целью размещения их с обеспечением максимального уровня освещенности и с использованием расчета узловых точек конвертов теней по разработанному способу показывают сокращение времени расчета. Использование способа определения теней и место расположения зданий с учетом минимизации занимаемой ими площади может быть применено при составлении планов территорий новой застройки различными жилыми сооружениями.

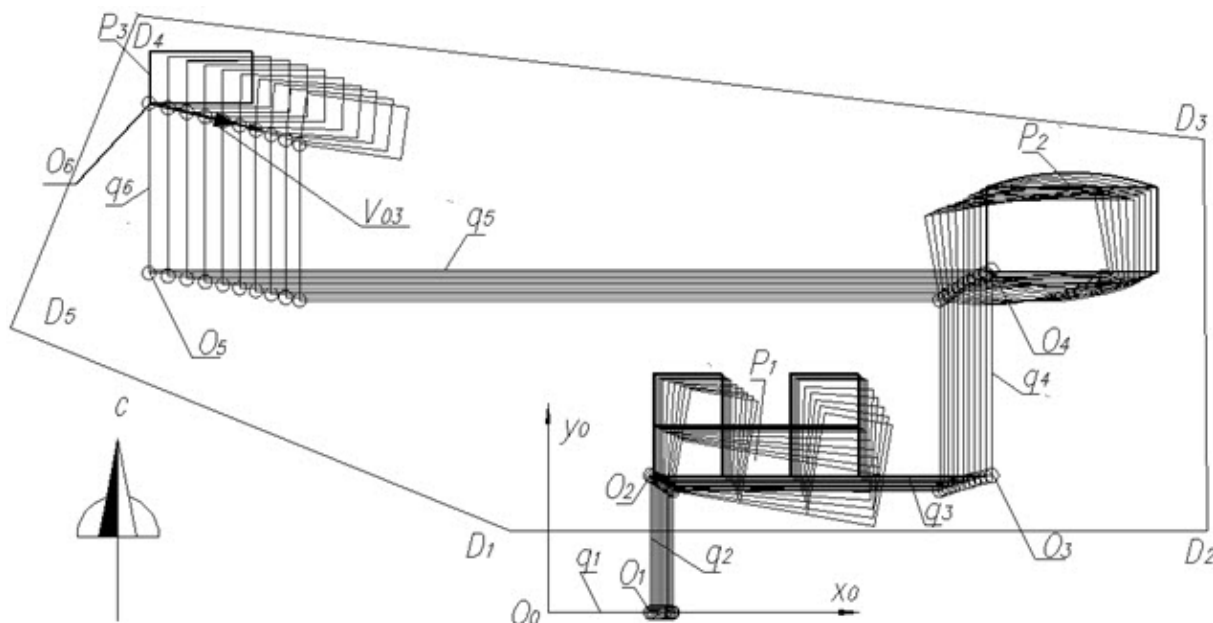


Рис. 5. Результаты моделирования движений зданий с выполнением требований инсоляции

Литература

1. СанПиН 2.2.1/2.1.11076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий.
2. DIN 5034-1-2011. Daylight in interiors. Part 1: General requirements.
3. Корниенко, С.В. Оценка инсоляции жилых зданий в зоне влияния проектируемого здания / С.В. Корниенко // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер. «Стр-во и архит.» – 2012. – Вып. 27(46). – С. 156–163.
4. Хейфец, А.Л. 3D-моделирование и расчет продолжительности инсоляции средствами пакета AutoCAD / А.Л. Хейфец // The 14th International Conference on Computer Graphics and Vision. GraphiCon' 2004. September 6–10. 2004. Moscow, Russia. – Moscow State University. Conference Proceedings. – С. 283–286.
5. Хейфец, А.Л. Расчет продолжительности инсоляции средствами 3D-моделирования пакета AutoCAD / А.Л. Хейфец // Вестник УГТУ-УПИ. Строительство и образование. – 2004. – Вып. 7. – № 11 (41). – С. 211–214.
6. Лютенко, П.Ю. Снижение продолжительности инсоляции вследствие повышения плотности застройки / П.Ю. Лютенко, А.В. Кузнецов, А.В. Парфенов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова – 2017. – С. 3647–3652.
7. Притыкин, Ф.Н. Аналитический способ задания областей теней зданий и сооружений с целью определения оптимального их места расположения на заданной местности / Ф.Н. Притыкин, Е.Ю. Шкуро // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 59–64. DOI: 10.14529/build170208
8. Притыкин, Ф.Н. Автоматизированный расчет положения теней жилых сооружений с целью определения продолжительности инсоляции / Ф.Н. Притыкин, Е.А. Курышева // Сборник матер. III Межд. науч.-практ. конф. «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации». – Омск, СибАДИ, 2018. – С. 444–447.
9. Рвачев, В.Л. Методы алгебры логики в математической физике / В.Л. Рвачев. – Киев: Наукова думка, 1974. – 256 с.
10. Вертинская, Н.Д. Задачи геометрического моделирования технологических процессов: научно-методическое пособие / Н.Д. Вертинская. – М.: Издательский дом Академии естествознания, 2015. – 132 с.
11. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование: учеб. для вузов по направлению «Информатика и вычислительная техника» / Н.Н. Голованов. – М.: Академия, 2011. – 270 с.
12. Фокс, А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве: пер. с англ. / А. Фокс, М. Пратт. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
13. Волков, В.Я. Многомерная исчислительная геометрия: монография / В.Я. Волков, В.Ю. Юрков. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2008. – 244 с.
14. Иванов, Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии: учебное пособие / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1998. – 157 с.

Притыкин Федор Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инженерная геометрия и САПР», Омский государственный технический университет (Омск), pritykin@mail.ru

Курышева Елена Анатольевна, доцент кафедры «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (Омск), kea1212@mail.ru

Поступила в редакцию 7 июня 2019 г.

METHOD OF SETTING THE POSITIONS OF NODE POINTS DETERMINING THE ENVELOPES OF SHADOWS AT DIFFERENT DIRECTIONS OF SOLAR RAYS AND ANGULATION OF BUILDINGS

F.N. Pritykin¹, pritykin@mail.ru

E.A. Kuryшева², kea1212@mail.ru

¹ Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

² Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation

The paper proposes an analytical method for calculating the shadows of buildings and structures for the purpose of using them in the compiling of residential development plans. The method is angles, respectively determining the angle of the sun rays and position of buildings relative of the east-west direction. A graphical interpretation of these dependencies is given. The obtained analytical dependences are used for the automated determination of insolation indices at different positions of buildings and structures. A modification was made for the algorithm of finding the position of residential buildings based on the use of generalized coordinates and the synthesis of small motions, in which the requirements of the insolation regime are met, and the occupied area is minimized. With this method, at each iteration, the mutual position of the envelopes of shadows of buildings and various structures is studied. The paper also presents the results of calculations of the synthesis of moving of buildings with different heights and different sketches on the horizontal projection plane. With this synthesis of movements at each step of the calculations, the occupied area of the residential development decreases with the fulfillment of the insolation requirements.

Keywords: insolation, planning of the development area, generalized coordinates, mutual position of shadows, envelopes of shadows.

References

1. SanPiN 2.2.1/2.1.11076-01. *Gigiyenicheskiye trebovaniya k insolyatsii i solntsezashchite pomeshcheniy zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i territoriy* [Hygienic Requirements for Insolation and Sun Protection of Residential and Public Buildings and Territories]. Moscow, Minzdrav Rossii Publ., 2002.
2. DIN 5034-1-2011. [Daylight in interiors. Part 1: General requirements], 2011. 19 p.
3. Korniyenko S.V. [Stimulation of Insolation of Residential Buildings in Zone of Influence of Projected Building]. *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*, 2012, iss. 27(46), pp. 156–163. (in Russ.).
4. Kheyfets A.L. [3D Modeling and Calculation of Insolation Duration Using Autocad Software]. [The 14-th International Conference on Computer Graphics and Vision. GraphiCon' 2004]. Moscow, Moscow State University. Conference Proceedings Publ., 2004, pp. 283–286. (in Russ.).
5. Kheyfets A.L. [Calculation of Insolation Duration By Means of 3D Modeling of Autocad Software]. *Bulletin of Ural Federal University. Ser. Construction and Education*, 2004, no. 11 (41), iss. 7, pp. 211–214. (in Russ.).
6. Lyutenko P.Yu., Kuznetsov A.V., Parfenov A.V. [Reduction in the Duration of Insolation Due to the Increase in Housing Density]. *Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya molodykh uchennykh BGTU im. V.G. Shukhova* [International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU], 2017, pp. 3647–3652. (in Russ.).
7. Pritykin F.N., Shkuro E.Yu. [Analytical Method of Defining Shadow Areas of Buildings and Structures to Determine the Optimal Place of Location on the Specified Area]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 59–64. (in Russ.). DOI: 10.14529/build170208
8. Pritykin F.N., Kuryшева E.A. [Automated Calculation of the Shadow Position of Residential Buildings in order to Determine the Duration of Insolation]. *Sbornikmater. III Mezhd. nauchno-prakt. konf. Arkhitekturno-stroitel'nyy i dorozhno-transportnyy komplekсы: problemy, perspektivy, innovatsii* [Collection of Materials of the III International Scientific Practical. Conf. Architectural, Construction and Road Transport Complexes: Problems, Prospects, Innovations]. Omsk, SibADI Publ., 2018, pp. 444–447. (in Russ.).
9. Rvachev V.L. *Metody algebrы logiki v matematicheskoy fizike* [Methods of the Algebra of Logic in Mathematical Physics]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1974. 256 p.
10. Vertinskaya N.D. *Zadachi geometricheskogo modelirovaniya tekhnologicheskikh protsessov: nauchno-metodicheskoye posobiye* [Tasks of Geometric Modeling of Technological Processes: Scientific and Methodological Manual]. Moscow, Izdatel'skiy dom Akademii Estestvoznaniya Publ., 2015. 132 p.

11. Golovanov N. N. *Geometricheskoye modelirovaniye* [Geometric Modeling]. Moscow, Akademiya Publ., 2011. 270 p.
12. Foks A., Pratt M. *Vychislitel'naya geometriya. Primeneniye v proyektirovanii i na proizvodstve* [Computational Geometry. Application in Design and Production]. Moscow, Mir Publ., 1982. 304 p.
13. Volkov V.Ya., Yurkov V.Yu. *Mnogomernaya ischislitel'naya geometriya: monografiya* [Multidimensional Numeral Geometry: Monograph]. Omsk, 2008. 244 p.
14. Ivanov G.S. *Teoreticheskiye osnovy nachertatel'noy geometrii. Uchebnoye posobiye* [Theoretical Foundations of Descriptive Geometry. Textbook]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1998. 157 p.

Received 7 June 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Притыкин, Ф.Н. Метод задания положений узловых точек, определяющих конверты теней при различных направлениях солнечных лучей и углах поворота зданий / Ф.Н. Притыкин, Е.А. Курышева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 37–44. DOI: 10.14529/build190306

FOR CITATION

Pritykin F.N., Kuryshcheva E.A. Method of Setting the Positions of Node Points Determining The Envelopes of Shadows at Different Directions of Solar Rays and Angulation of Buildings. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 3, pp. 37–44. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190306