

## Анализ инсоляции при проектировании комплексов зданий

*С.Ю. Гриценко, Ю.А Зевина, И.М. Бородянский*

*Южный федеральный университет, Таганрог*

**Аннотация:** Работа посвящена разработке 3D моделей территории с размещенными на ней зданиями и другими объектами для последующего анализа инсоляции. В работе описаны требования по инсоляции зданий, проанализированы нормативные требования по инсоляции помещений, представлен график ежемесячных солнечных часов на примере города Волгоград, сформирована подложка с нанесенными контурами зданий и объектов для более удобной реализации 3D, которая формировалась в стороннем программном обеспечении, представлен краткий анализ программного продукта Energy 3D, в котором описаны положительные и отрицательные стороны программного обеспечения, на примере проекта планировки научно-образовательного центра проведен анализ инсоляции территории по сформированной 3D модели. По результатам анализа проведена коррекция размещения объектов для достижения требуемой освещенности.

**Ключевые слова:** 3D модель, моделирование, Energy3D, SaSplanet, привязка координат, 3-х мерная проекция, 2-х мерная проекция, 24-часовая траектория солнца, анализ инсоляции, график ежемесячных солнечных часов.

Проектирование комплексов зданий, предназначенных для образовательных целей, требует выполнения ряда очень важных требований, к ним относятся: правильная ориентация помещений по странам света, инсоляция, освещенность естественным светом, нормальный температурно-влажностный режим воздушной среды помещений и ограждающих конструкций, надлежащая звукоизоляция [1].

Предметом нашего исследования является рассмотрение зависимости планировки комплексов зданий от инсоляции и поведения солнца на примере проектируемого научно-образовательного центра в городе Волгоград.

При разработке проекта планировки и развития территории с учетом инсоляции необходимо использовать проектное зонирование территории города [2].

Методы расчета продолжительности инсоляции зданий и сооружений приведены в ГОСТ Р 577795-2017. Согласно этому ГОСТу, инсоляция - прямое солнечное облучение поверхностей и пространств.

Важным фактором является, что вся территория России делится на три зоны освещенности: северную, центральную и южную. Для каждой зоны регламентирована минимальная продолжительность поступления прямых солнечных лучей в оконные проемы [3]. На основании постановления от 28 января 2021 года N 2 об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 для зоны исследования принятая нормируемая продолжительность инсоляции для образовательных организаций дополнительного образования детей, расположенного в южной зоне освещенности, составляет 1,5 часа в период с 22 февраля по 22 октября. Здания обычно проектируются и ставятся в соответствии с минимальными требованиями к освещенности для достижения приемлемых визуальных условий [4].

Одним из источников поступления теплоты в помещение, наряду с тепловыделениями от электроприборов и человека, является инсоляция помещения через оконные проемы за счет инфракрасной составляющей в спектре потока солнечной радиации. Солнечный свет создает естественную освещенность в помещении, влияет на микроклимат помещений и психофизиологические процессы в организме человека [5].

Уменьшение продолжительности инсоляции помещений отрицательно сказывается на центральной нервной системе человека, тонусе, здоровье, работоспособности. Следовательно, анализ и определение оптимальных способов увеличения инсоляции помещений - актуальная задача [6].

Одним из новых и доступных инструментов анализа энергоэффективности проектируемых зданий и оценки инсоляции (в основном для анализа возможности применения панелей солнечных батарей) является программный продукт Energy3D [7,8].

Программа Energy3D позволяет сформировать 3D модель комплекса зданий и сооружений для последующего анализа. В программном комплексе

---

реализовано множество видов анализа и возможностей проектирования. Проектирование объектов в программном комплексе Energy3D осуществляется в проекциях 2D и 3D. Формирование модели в 3D рекомендуется начинать с построением 2-х мерной плоскости, так как формировать сразу в 3-х мерной проекции не удобно, из-за плохой реализации разработчика окна управления в 3D. В 3-х мерной проекции удобнее всего формировать окна и двери на фасадах, и визуально просматривать модель для выявления ошибок и неточностей. Программный комплекс способен провести множество видов анализов и автоматизированных расчетов таких, как: оценка энергетических характеристик для любого дня и места, создание временных графиков, основываясь на данных вычислительной техники, создание тепловых карт, интерактивное моделирование 24-часовой траектории солнца на любую заданную дату, моделирования тени, оценка дневного солнечного потенциала, анализ солнца на любой день года.

Ключевым и главным минусом такого программного обеспечения является то, что анализ и расчеты можно произвести только в тех городах, которые поддерживает само программное обеспечение. В Российской Федерации поддерживается всего 11 городов: Красноярск, Сочи, Новосибирск, Санкт-Петербург, Омск, Владивосток, Волгоград, Москва, Иркутск, Казань, Якутск [9].

**Анализ инсоляции территории по 3D модели объекта.** Слабое место программы Energy 3D - отсутствие привязки по координатам сформированных объектов, что важно и необходимо при проектировании комплексов зданий. Выходом из этой ситуации является использование подложки с контурами будущих зданий с привязанными координатами в других программных продуктах. Нами были проанализированы программные продукты с помощью которых можно осуществить привязку по координатам.

---

В процессе формирования 3D модели использовалась подложка с нанесенными контурами зданий и объектов для более удобной реализации 3D, которая формировалась при помощи программного комплекса SaSplanet и АРГО Чертеж. На рис 1 показана подложка растровой карты, которая сформирована с помощью программы SaSplanet. На рис 2 показана подложка, загруженная в программу Energy 3D.

С помощью данного программного обеспечения возможно скачать растровый фрагмент карты с привязкой координат [10]. Для этого необходимо выбрать интересующую территорию рамкой и выгрузить ее с заданными характеристиками - проекция, формат, разрешение.

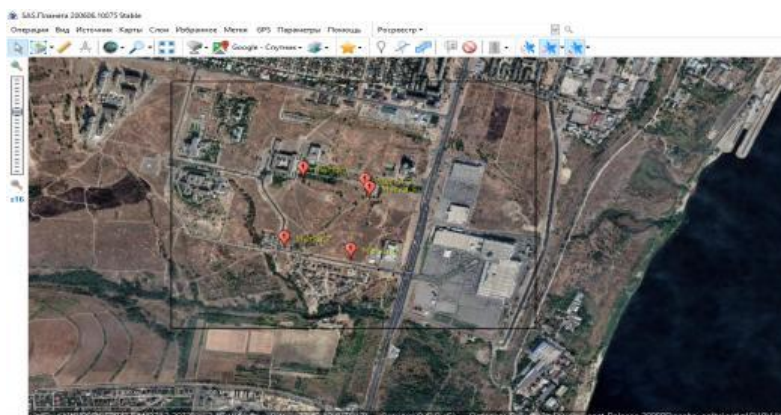


Рисунок 1 – Подложка растровой карты

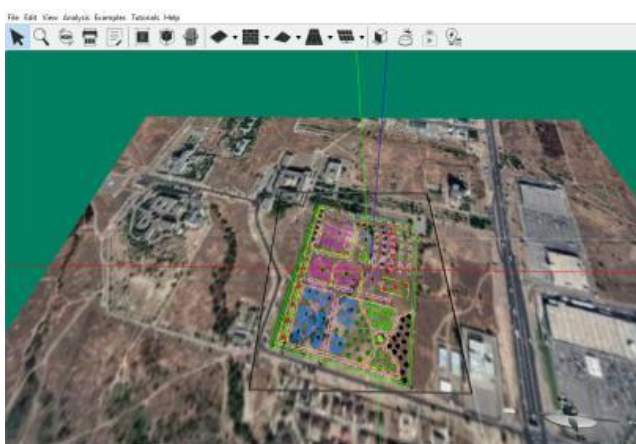


Рисунок 2 – Подложка, загруженная в программу Energy 3D

Для более удобного формирования объектов необходимо перевести рабочую область программы в режим 2D. Затем необходимо выбрать

инструмент «стена» в панели быстрого доступа и сформировать стену по контуру, который указан на подложке, и задать высоту стены, а также определить текстуру стен зданий и установить окна, двери, крышу и деревья. На рис 3 показана сформированная 3D модель научно-образовательного центра.



Рисунок 3 – Сформированная 3D модель научно-образовательного центра

Анализ инсоляции будет производиться на созданной 3D модели, на период, в котором меньше всего световых дней. Для выявления самого минимального периода необходимо построить график солнечных часов по месяцам. Например, график солнечных часов по месяцам в городе Волгоград представлен на рис 4. Используя программу Energy 3D, можно построить данный график автоматически.

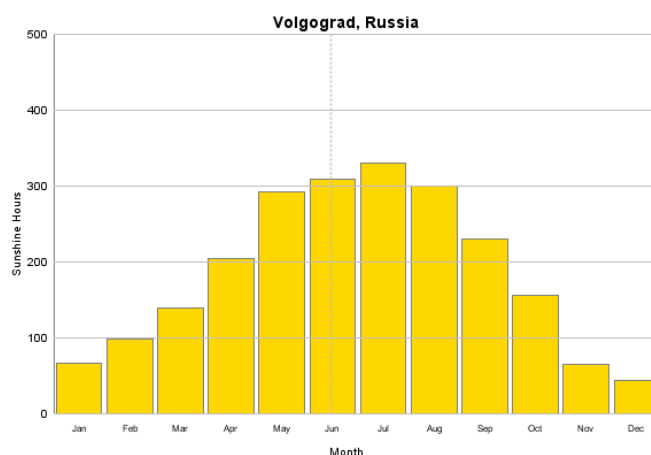


Рисунок 4 – График ежемесячных солнечных часов

В предложенном примере, согласно графику ежемесячных солнечных часов, можно сказать, что солнечных часов больше всего в июле (более 300



часов солнечного времени), а меньше всего - в декабре (менее 50 солнечных часов). С июля по декабрь происходит заметное уменьшение солнечных часов. С января по июль происходит заметное увеличение солнечных часов.

На основании графика можно сказать, что проведение моделирования тени и положения солнца целесообразно проводить на февраль месяц, так как он имеет наименьший показатель солнечных часов на месяц в промежутке времени, который регламентирует СанПиН «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», что в календарный период с 22 февраля по 22 октября продолжительность инсоляции в южной зоне должна составлять не менее 1,5 часа для помещений общественных зданий [3].

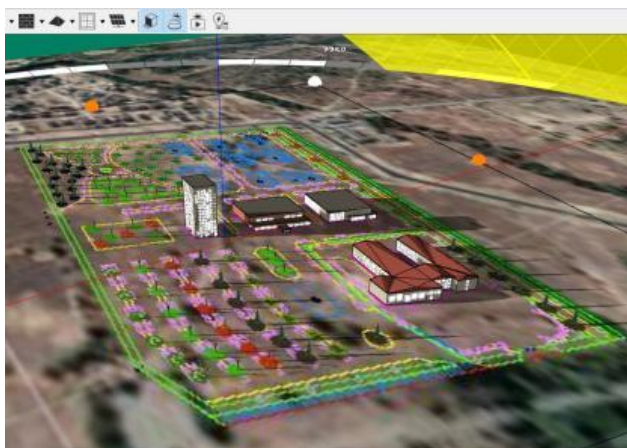


Рисунок 5 – Моделирование положения тени и солнца по состоянию на 22 февраля 8:00 часов утра

Исходя из рис 5, можно сказать, что в целом солнечный свет попадает в окна всех строений за исключением части помещений входной группы спортивного комплекса, которая перекрывается соседним зданием общежития, что в целом допустимо, но для более экономичной эксплуатации здание следует перенести влево на 10 м.



Рисунок 6 - Моделирование положения тени и солнца по состоянию на 22 февраля 10:00 часов утра.

Исходя из рис 6, можно сказать, что тени не накладываются не на одно строение, следовательно все помещения в зданиях обеспечиваются нормальным естественным освещением.



Рисунок 7 - Моделирование положения тени и солнца по состоянию на 22 февраля 15:00 часов дня.

Исходя из рис 7, можно сказать, что тени не накладываются не на одно строение, следовательно все помещения в зданиях обеспечиваются нормальным естественным освещением.

**Выводы.** Программный комплекс Energy3D является эффективным инструментом для анализа инсоляции территории и расположенных на ней объектов. Приведенный в примере анализ инсоляции территории научно-образовательного центра позволяет сделать вывод, что требования нормативного документа СанПиН «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов

среды обитания», соблюдены, так как в самый не солнечный месяц февраль, средняя продолжительность инсоляции в зданиях составляет 3.5 часа, а согласно закону, минимальная продолжительность инсоляции должна составлять не менее 1.5 часа.

Для более экономной эксплуатации научно-образовательного центра, необходимо сместить здание общежития на 10 метров от здания спортивного комплекса. На рис 8 показана сформированная модель с учетом инсоляции территории.



Рисунок 8 – Сформированная модель с учетом инсоляции территории

При использовании программ 3D моделирования, таких, как Energy 3D, можно выявить факторы, которые впоследствии после реализации проекта будут значительно влиять на среду территории. Для этого необходимо использовать такие программы для выявления факторов еще на стадии проектирования. Это позволит в будущем заказчику сэкономить много средств при эксплуатации объектов, размещенных на территории.

### Литература

1. Стрельцова Н.Г. Проблемы проектирования школьного комплекса на 1400 учащихся в жилом районе «Левенцовский» города Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2156](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2156).
2. Аксёнова Е.Г., Шевченко О.Ю. Развитие планировочной структуры городского поселения// Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173).



3. Болысов С.И., Харченко С.В. Городской рельеф как фактор комфортности проживания населения // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. С. 21-28.
4. Darula S., Christoffersen J., Malikova M. Sunlight and insolation of building interiors // Energy Procedia. 78, pp. 1245-1250.
5. Середа С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещения // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. С. 93-98.
6. Yurin O., Avramenko Y., Leshchenko M., Rozdabara O. Research of Possible Methods of Increasing the Duration of the Insolation of Rooms in Residential Buildings. LNCE, volume 73, pp. 313-323.
7. Gajewski, R.R. & Kulakowski, T. Towards Optimal Design of Energy Efficient Buildings. Archives of Civil Engineering, Vol. LXIV(4), pp. 135-153.
8. Xie C., Schimpf C, Chao J., Nourian S., Massicotte J. Learning and teaching engineering design through modeling and simulation on a CAD platform. Computer Applications in Engineering Education. 26. Pp. 824-840.
9. Energy3D: Learning to Build a Sustainable Future. Energy 3D. URL: [energy.concord.org](http://energy.concord.org).
10. Медведев В.И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек // САПР и ГИС автомобильных дорог г. Томск: 2015 №2 (5). С. 118-125

### References

1. Strel`czova N.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2156](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2156).
  2. Aksyonova E.G., Shevchenko O.Yu. Inzhenerny`j vestnik Dona, 2012, №4 (chast` 1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173).
  3. Boly`sov S.I., Xarchenko S.V. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2016. pp. 21-28.
-



4. Darula S., Christoffersen J., Malikova M. Energy Procedia. 78, pp. 1245-1250.
5. Sereda S.N. Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal. 2021. pp. 93-98.
6. Yurin O., Avramenko Y., Leshchenko M., Rozdabara O. Research of Possible Methods of Increasing the Duration of the Insolation of Rooms in Residential Buildings. LNCE, volume 73, pp. 313-323
7. Gajewski, R.R. & Kulakowski, T. Towards Optimal Design of Energy Efficient Buildings. Archives of Civil Engineering, Vol. LXIV(4), pp. 135-153.
8. Xie C., Schimpf C, Chao J., Nourian S., Massicotte J. Learning and teaching engineering design through modeling and simulation on a CAD platform. Computer Applications in Engineering Education. 26. pp. 824-840.
9. Energy3D: Learning to Build a Sustainable Future. Energy 3D. URL: [energy.concord.org](http://energy.concord.org).
10. Medvedev V.I. SAPR i GIS avtomobil`ny`x dorog g. Tomsk: 2015 №2 (5). pp. 118-125.