

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

В.Н. Куприянов

ИНСОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ

Учебное пособие

Казань
2020

УДК 711; 721
ББК 85.11; 38.113
К92

Куприянов В.Н.

К92 Инсоляция зданий и территорий: Учебное пособие /В.Н. Куприянов.— Казань:
Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2020.— 100 с.

ISBN 978-5-7829-0574-3

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского
государственного архитектурно-строительного университета

Учебное пособие состоит из трех глав.

В первой главе рассматривается роль солнечного облучения в жизни
человека и параметры солнечной радиации.

Вторая глава посвящена описанию действующих нормативных
документов по проектированию и расчету инсоляции помещений и территорий.

В третьей главе приводится анализ неточностей и неопределенностей
действующих нормативных документов по оценке инсоляции и предложен
новый метод расчета инсоляции помещений, основанный на учете количества
солнечной энергии, необходимой для гибели болезнетворных бактерий и
микроорганизмов.

Пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям
подготовки 07.03.01 «Архитектура», 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архи-
тектурного наследия», 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.03.04 «Градо-
строительство» и для магистров, обучающихся по направлению подготовки
08.04.01 «Строительство», направленность «Архитектурно-конструктивное
проектирование зданий»

Ил. 43, табл. 17, пример. 12 числ. и граф., библиогр. 53 наименов.

Рецензенты:

Кандидат технических наук, ст. преподаватель
кафедры архитектуры КазГАСУ

А.С. Петров

Инженер-архитектор, руководитель проектной группы
ГУП «Татинвестгражданпроект»

Д.В. Сметанин

УДК 711; 721
ББК 85.11; 38.113

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2020

© Куприянов В.Н., 2020

ISBN 978-5-7829-0574-3

Предисловие

Солнечная радиация представляет собой неиссякаемый источник экологически чистой энергии, тепла и света, она является источником биологической жизни на планете Земля. Трудно переоценить роль солнечной радиации в жизнедеятельности человека, однако до настоящего времени потенциал солнечной радиации и ее разнообразное влияние на человека и среду обитания исследованы недостаточно. Прежде всего ощущается недостаток биологических, санитарно-гигиенических и медицинских исследований по воздействию солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности, потому что результаты этих исследований являются как правило основой создания нормативной базы по многим отраслям техники.

В настоящее время учет солнечной радиации в архитектурно-строительной отрасли идет скорее на качественно-эмоциональном уровне, чем на количественно-техническом. В основном используются прямые данные по солнечной радиации, собираемые на метеорологических или актинометрических станциях, без их переработки и адаптации к проблемам архитектурно-конструктивного проектирования зданий. Например, известный количественный параметр инсоляции – продолжительность облучения в часах на поверку оказывается не совсем количественным, поскольку в разные часы суток интенсивность солнечной радиации различная, а одинаковая продолжительность облучения принесет в помещение разное количество энергии, следовательно, разный уровень санации помещений.

В настоящем учебном пособии предпринята попытка анализа возможных направлений учета воздействия солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности при архитектурном проектировании, однако в соответствии с названием учебного пособия «Инсоляция зданий и территорий» основное внимание уделено анализу методов проектирования, расчета и оценки инсоляции, то есть облучению помещений зданий и территорий застройки прямым солнечным светом. Рассмотрены традиционные подходы к оценке инсоляции, а также предложен новый подход, который учитывает все факторы, влияющие на уровень санации помещений при облучении, и позволяет получить однозначную количественную оценку бактерицидной эффективности солнечного облучения.

Автор выражает благодарность магистранту кафедры архитектуры Казанского ГАСУ А.Е. Липкиной за помощь в подготовке рукописи, а также рецензентам А.С. Петрову и Д.В. Сметанину за ценные замечания при анализе рукописи.

Глава 1. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И ЕЕ ПАРАМЕТРЫ

1.1. Влияние солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности

С древнейших времен человечество обожествляло Солнце, как источник жизни и благополучия. Боги Солнца получали собственные имена, им возносили молитвы благодарности, их лики наносили на предметы быта, одежду, обереги. Почитание небесного светила нашло отражение в древних мифах, сказаниях, легендах, молитвах. Боги Солнца у славянских народов связаны с природной силой и сакральным отношением к естественному циклу времени. По окончании зимнего солнцестояния при боге Хоросе нарастают новые силы солнца, к дню весеннего равноденствия вступает в силу бог Ярило – происходит оплодотворение новой жизни, к летнему солнцестоянию бог Дажбо приносит рождение урожая, к осеннему равноденствию бог Сварог обеспечивает продовольственные запасы и радуется удачному году. Далее сила Солнца угасает и готовится к новому возрождению.

В настоящее время человек в меньшей степени зависит от «годового колеса жизни Кола Сварога», но на генном уровне при воздействии солнечных лучей мы ощущаем эмоциональный подъем настроения и жизненного тонуса. Солнечная радиация и в наши дни продолжает нести восторженный, возвышенный и оздоровительный характер. О роли солнца очень эмоционально высказался известный пролетарский писатель М. Горький: «Солнце – это океан энергии, красоты и опьяняющей душу радости».

Древние и современные зодчие прекрасно понимали роль солнца в архитектурном творчестве. Еще Витрувий писал: ...«в жилищах, куда редко заглядывает солнце, чаще бывает врач» [9]. Ле Корбюзье считал солнце основным материалом архитектора. Он писал: «Материалами для застройки городов являются: солнце, пространство, растительность, сталь и бетон. Их значение точно соответствует порядку перечисления» [30].

В настоящее время энергетический, экономический, экологический, гигиенический, оздоровительный и эстетический потенциал солнечной радиации признан во всем мире и ведутся всесторонние исследования по различным направлениям использования солнечной энергии, солнечного света и солнечного тепла. Однако в архитектурном проектировании используется лишь малая часть перечисленного потенциала солнечной радиации, и только проектирование двух параметров закреплено федеральными нормативными документами, это инсоляция и естественное освещение.

Обобщение известных работ по влиянию солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности [1, 4, 7, 13, 31, 36, 44] позволило выявить пять основных уровней воздействия.

1. **Общестимулирующее** воздействие солнечного света сопровождается повышением обмена веществ, повышением качества гемоглобина, стимулированием деятельности нервной системы.

2. **Психофизиологическое** воздействие характеризуется эмоциональным подъемом настроения человека, «купающегося» в солнечных лучах. Большое значение при этом имеет динамика естественного освещения как в суточном, так и в годовом циклах. При повышении уровня освещенности снижается уровень мелатонина (гормона сна) и повышается уровень кортизона (гормона бодрости).

3. **Тепловое** воздействие солнечной радиации приносит в здание дополнительное тепло. В зимний период года это тепло является благоприятным фактором, в летний период приводит к перегреву зданий и требует солнцезащиты.

4. **Эритемное** воздействие характеризуется возникновением загара и образованием витамина D (антирахитное действие). Наиболее активно оно при УФ облучении в диапазоне длин волн 270–420 нм.

5. **Бактерицидное** воздействие солнечной радиации заключается в уничтожении болезнетворных бактерий и микроорганизмов при их облучении УФ радиацией в диапазоне длин волн 180–315 нм.

Каждый из перечисленных уровней воздействия солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности требует исследования и регламентации. В некоторых направлениях отмечаются серьезные научные успехи, в других – серьезные отставания.

1.2. Солнечный свет и здоровье человека

Влияние солнечного света на здоровье человека известно с древнейших времен. Солнечными ваннами пользовались египтяне, ассирийцы, участники Олимпийских игр в Древней Греции. О пользе солнечного света на здоровье человека находятся сведения в трудах Гиппократов. При облучении солнечным светом успешно излечиваются кожные заболевания, костный туберкулез, волчанка, псориаз, укрепляется иммунная система человека. При солнечном облучении у человека вырабатывается витамин D, который служит строительным материалом для зубов и костей.

В работе [33] приведены интересные исторические факты, подтверждающие укрепление костей человека при солнечном облучении. Так, Геродот при осмотре поля битвы персов с египтянами обратил внимание

на хрупкость черепов персов («их можно было разбить рукой») и прочность черепов египтян («выдерживали удары камня»). Геродот предположил, что ношение тюрбанов у персов не позволяло получить нужную дозу солнечного облучения головы, в то время как египтяне, ходившие с непокрытой головой, постоянно облучались солнцем. В Индии дети бедноты вообще не болеют рахитом, потому что постоянно находятся на открытом воздухе, под солнцем, в то время как дети высшей касты по религиозным предписаниям вынуждены сидеть в помещениях, и случаи рахита у них довольно часты.

Заслуги в лечении болезней солнечными лучами датского ученого Финсен Н. были отмечены Нобелевской премией в 1903 году. В советский период солнечные ванны были обязательными в системе санаторного лечения.

В архитектурной практике солнечный свет широко используется как для усиления художественного восприятия архитектурного объекта, так и для обеспечения здоровой и комфортной среды в зданиях.

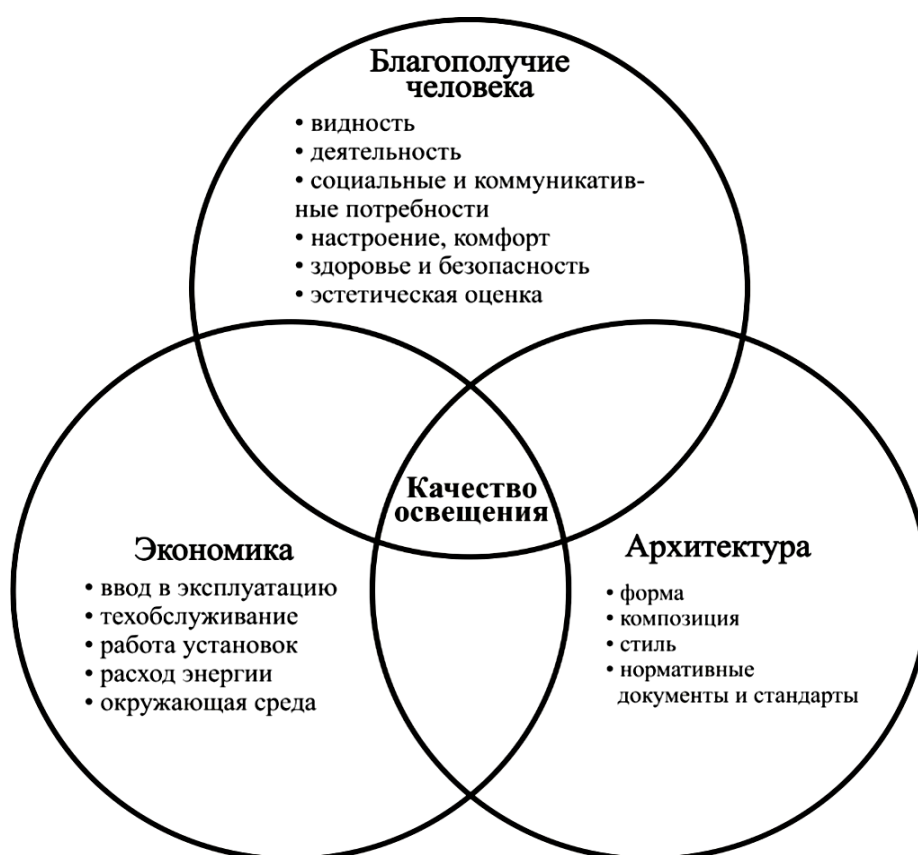


Рис. 1.1. Модель качества освещения

Архитектурная светотехника имеет дело с такими понятиями, как продолжительность солнечного облучения, видимость, зрительный комфорт и дискомфорт. «В настоящее время наряду с традиционными понятиями включаются новые, касающиеся здоровья, благополучия и безопасности

человека» [31]. Новые представления о светотехнике рассматривают также учет освещения не только как эмоциональное воздействие, но и большое биологическое [31].

В данном контексте понятие здоровья человека предлагается понимать по определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) как «состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не просто отсутствие болезней или бессилия» [8].

Современные представления о качестве освещения сформулированы в справочной книге Североамериканского светотехнического общества [52] и представлены на рисунке 1.1 [8].

Можно видеть, что в современной модели освещения заложены: среда жизнедеятельности человека (архитектура), экономика, включая энергетические затраты, и благополучие человека с набором традиционных и новых понятий, касающихся здоровья человека.

Приведенная на рисунке 1.1 модель качества освещения позволяет при оптимальном выполнении архитектурных и экономических требований получить не только качество освещения, но также получить систему освещения, направленную на оздоровительные функции.

Основой оздоровительного освещения являются биологические часы человека, заложенные на генном уровне в гипоталамусе. Циклическая работа гипоталамуса определяется временем суток и выработкой мелатонина. На биологические часы действует только свет (на них не действует ни физическая нагрузка, ни прием пищи, ни знание времени суток) [4]. Таким образом, свет солнца, уровень освещения, спектр освещения, его динамика и доза в течение суток являются основой оздоровительного освещения.

В работе [4] описаны два закона хронобиологии. Первый закон касается принципа регуляции светом: «Воздействие светом в нужное время». При воздействии светом ранним утром биочасы сдвигаются на более раннее время, при воздействии вечером – на более позднее.

Второй закон хронобиологии: «Больше света, когда он нужен, и меньше света, когда он не нужен». Чем больше контраст между темнотой ночи и светом дня, тем больше амплитуда суточного режима мелатонина, тем здоровее организм. С возрастом человека указанная амплитуда снижается, и если добавить дополнительное освещение днем для людей с бессонницей, то концентрация мелатонина у них ночью возрастает в два раза. Напротив, слабое дневное освещение снижает ночную секрецию мелатонина даже у здоровых людей [4].

Так, например, идеальным освещением для школ является динамичное, с повторением естественной световой динамики и по цветности, и по интенсивности, и по спектру. Такое освещение называется «циркадный дом» [4]. В вечернее время избыточный уровень освещения нежелателен.

Используя понятие «циркадный дом», можно обеспечить идеальное освещение школьных классов и других функциональных помещений общественных зданий за счет соответствующей ориентации светопроемов.

С точки зрения второго закона хронобиологии (Больше света, когда он нужен...), зарубежные нормы по освещению являются более оздоровительными, чем отечественные, потому что в них заложен, как правило, вдвое больший уровень освещенности. Это видно по сравнительному анализу уровня освещенности торговых помещений, приведенному в [29]: СНиП 23-05-200-400 лк; ISO 8995-300-700 лк; DIN 5033-500 лк; ANSI/IESRP53-500-1000 лк. Тот факт, что повышенный уровень освещения улучшает здоровье и самочувствие человека, отмечается в ряде работ [8, 31, 34].

Существующий метод проектирования и расчета естественного освещения [51] предполагает обеспечение только зрительной работы, поскольку опирается на относительную оценку освещения через коэффициент естественной освещенности (КЕО). В расчет принимается наихудший случай яркости пасмурного неба в утренние зимние часы, нормируется минимальное или среднее значение КЕО и только в определенных зонах помещения – в расчетных точках.

Таким образом, существующие методы расчета естественного освещения не позволяют ни оценить, ни проектировать освещение помещений, направленное на оздоровительные функции. В реальных условиях эксплуатации помещений их освещение определяется не только диффузным светом неба, но также и прямой солнечной радиацией, которые воздействуют одновременно. При этом реальное освещение помещений намного превышает его величину, определенную по КЕО.

На основании многолетней практики архитектурного проектирования зданий в работе [34] высказывается предположение о том, что если продолжительность инсоляции обеспечить на уровне требований врачей-гигиенистов – 3–4 часа в сутки, то уровень освещения получается вполне удовлетворительным, так что расчеты естественного освещения можно не проводить. Существует вполне логичное обоснование этому предположению, потому что в тех помещениях, в которых инсоляция является обязательной, должно быть и соответствующее естественное освещение. Это помещения жилых зданий и основные функциональные помещения общественных зданий, такие как школьные классы, учебные кабинеты, групповые, медицинские палаты и др.

С этих позиций возникает вопрос об изменении принципа оценки естественного освещения и перехода от относительных единиц освещения в процентах через КЕО к абсолютным единицам естественного освещения в люксах (лк). При этом возникает сочетаемость критериев оценки естественного и искусственного освещения, что наиболее важно для

совмещенного освещения. Переход на абсолютное значение естественной освещенности позволит оценить оздоровительные функции освещения.

Идея перехода на оценку естественного освещения в абсолютных единицах (люксах) не является новой. Существует Европейский стандарт EN2011 [53], основные положения которого рассмотрены в работах [15, 52]. В стандарте закладываются градации освещенности 100, 200, 300 и 500 люкс в зависимости от характера зрительной работы. В силу неравномерности естественного освещения в течение суток (динамики освещения) в расчеты включается только половина рабочего дня: с 10 до 14 часов или с 9³⁰ до 14³⁰ часов.

Безусловно, переход на оценку естественного освещения в абсолютных единицах – люксах – требует всесторонних исследований. При этом регламентация продолжительности освещения помещений солнечной радиацией и величина энергии этой радиации являются основой расчетов как естественного освещения, так и инсоляции.

1.3. Спектральный состав и энергия солнечной радиации

С физической точки зрения солнечная радиация представляет собой периодические электромагнитные колебания различных длин волн и в то же время является потоком квантовых фотонов. С увеличением длины волны увеличивается тепловое воздействие солнечной радиации. С уменьшением – возрастает энергия световых квантов, и в ультрафиолетовом диапазоне солнечного спектра эта энергия способна вызвать гибель болезнетворных бактерий и микроорганизмов, вызвать старение и разрушение различных материалов.

Оптическое излучение солнечного спектра занимает интервал длин волн от 100 до 10000 нм (или 1 мм), внутри которого существуют узкие области, имеющие различную биологическую активность и эффективность излучения – таблица 1.1 [44]. Следует обратить внимание на высокую активность синей и фиолетовой областей солнечного спектра (380–500 нм), энергия которых участвует практически во всех биологических процессах.

Для практических расчетов в архитектурно-конструктивном проектировании солнечный спектр подразделяют на три диапазона с ярко выраженными различиями в воздействии на человека и среду его жизнедеятельности:

1. Диапазон инфракрасного излучения (ИК) занимает область длин волн от 780 нм до 10000 нм (1мм), несет около 42% солнечной энергии, которая приходит к объекту проектирования в виде тепла.

2. Диапазон видимого света (ВС), занимает область длин волн от 400 нм до 780 нм, несет около 54% солнечной энергии, которая приходит к объекту проектирования в виде дневного освещения и частично – в виде тепла.

3. Диапазон ультрафиолетового излучения (УФ), занимает область длин волн от 100 нм до 400 нм, несет около 4% солнечной энергии, которая приходит к объекту проектирования в виде бактерицидной энергии, способной уничтожать болезнетворные бактерии и микроорганизмы. Энергия излучения способна также разрушать полимерные материалы.

Таблица 1.1

**Биологическая эффективность излучения
разных областей спектра**

Биологическая эффективность излучения разных областей солнечного спектра	Области спектра												
	100 нм	280 нм	315 нм	380 нм	420 нм	500 нм	566 нм	590 нм	630 нм	780 нм	1400 нм	3 мкм	1 мм
УФ-С													
УФ-В													
УФ-А													
Фиолетовый													
Синий													
Зеленый													
Желтый													
Оранжевый													
Красный													
ИК-А													
ИК-В													
ИК-С													
Фотохимическое действие													
Бактерицидность													
Тепловой эффект													
Зрительные ощущения													
Эритемное действие													
Эритемное действие солнечных лучей													
Загарное действие													
Усиление эритемного действия													
Синтез витамина D – антирахитное действие													
Тонизирующее действие													

Для каждого диапазона солнечной радиации разработаны или разрабатываются собственные методы учета энергетических параметров и их воздействие на человека, среду его жизнедеятельности и объект проектирования.

1.3.1. Тепловая энергия солнечной радиации

Энергия солнечного излучения характеризуется солнечной постоянной, величина которой на верхней границе атмосферы для интервала 38–64° северной широты равна 1200 Вт/м² или 1,8 кал/см² · мин. Часть этой энергии

«пробивает» атмосферу и доходит до поверхности Земли в виде прямых солнечных лучей – прямая солнечная радиация (S), часть энергии рассеивается в атмосфере и доходит до поверхности Земли в рассеянном (диффузном) виде – рассеянная солнечная радиация (D). Сумма прямой и рассеянной радиации ($S + D$) представляет собой суммарную солнечную радиацию (Q). Измерение указанных параметров солнечной радиации на метеорологических и актинометрических станциях проводят в следующем порядке: прямую солнечную радиацию измеряют на поверхности, расположенной нормально к лучам ($S_{\perp}$), рассеянную и суммарную солнечную радиацию – на горизонтальной поверхности (D_{Γ} и Q_{Γ}).

Количественной мерой солнечной радиации является **теплота**, которая измеряется в калориях (кал) или джоулях (Дж). Количество теплоты, переносимое солнечными лучами в единицу времени, называют интенсивностью облучения, или **тепловым потоком** (кал/мин, Дж/с = Вт). Если величину теплового потока отнести к площади облучаемой поверхности, то получим **плотность теплового потока** (кал/м² · час, кал/см² · мин, Вт/м²). Если величину интенсивности облучения или теплового потока или величину плотности теплового потока, умножить на продолжительность облучения, то получим **сумму теплоты** (или **дозу**), пришедшую к облучаемой поверхности за время облучения (Дж, Вт · мин, Вт · час, то есть Вт за минуту, Вт за час и т.д.). В пересчете на площадь облучаемой поверхности получим размерность Дж/м², Вт · мин/м², Вт · час/м² и т.д.

Можно видеть, что сумма теплоты или доза энергии, полученная единицей поверхности облучения, может быть измерена и в джоулях (Дж), и в ваттах (Вт), но при измерении в ваттах к размерности добавляется период времени облучения: секунда (с), минута (мин), час (час) и т.д. То есть при интенсивности облучения в 1 Вт в течение 1 часа будет получена сумма теплоты или доза энергии 1 Вт · час. Эту размерность можно выразить в джоулях из соотношения: 1 Вт · час = 3600 Дж. Для удобства пользования приводим следующие соотношения: 1 кал/см² = 4,1868 Дж/см² = 41868 Дж/м² = 41868 Вт · с/м² = 11,63 Вт · час/м².

Перечисленные энергетические параметры солнечного излучения широко представлены в справочной литературе по климату [41, 42, 46]. Следует отметить, что эти параметры представляют собой тепловую солнечную энергию, потому что для наблюдения за солнечной радиацией на метеорологических и актинометрических станциях используют приборы, которые работают на термоэлектрических принципах. В качестве примера на рисунке 1.2 приведен суточный ход прямой ($S_{\perp}$), рассеянной (D_{Γ}), и суммарной (Q_{Γ}) радиации для широты 56° с. ш. в апреле месяце.

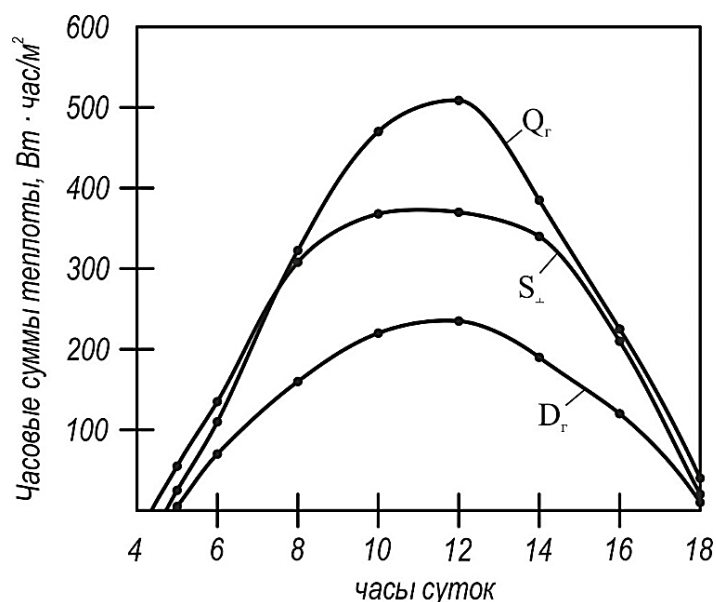


Рис. 1.2. Суточный ход прямой ($S_{\perp}$), рассеянной (D_g) и суммарной (Q_g) радиации для апреля месяца в условиях Казани

Суточный ход, представленный на рисунке 1.2, относится к различным ориентированным поверхностям (нормальной к лучам и горизонтальной), поэтому формула для суммарной радиации $Q = S + D$ не может быть применима.

Суточный ход интенсивности солнечной радиации $S_{\perp}$, D_g и Q_g представляется в справочниках на определенную дату месяца. Это первичная информация, которая является основой при расчетах прихода тепла солнечной радиации к ограждениям зданий.

Приход солнечного тепла и его воздействие на ограждающие конструкции влияет на эксплуатационные характеристики здания. В связи с этим при разработке проектной документации требуется оценка ряда показателей, которые определяются энергией солнечной радиации. Это следующие показатели:

- оценка повышения температуры наружных слоев ограждения при солнечном облучении. В центральной зоне Европейской территории России ограждения серого цвета могут нагреваться при действии солнечной радиации до 60°C . Воздействие таких температур приводит к размягчению асфальтовых покрытий и плавлению битумных мастик на кровлях, может вызвать избыточные деформации, коробление и даже разрушение материалов ограждений. Известны случаи разрушения витражных стекол, на которые была наклеена полимерная теплопоглощающая пленка с целью защиты перегрева помещений от солнечной радиации. За счет поглощения тепла пленкой возросли температурные деформации стекол, что не было предусмотрено стальной рамой, и витражные стекла разрушились от перенапряжений;

– расчет ограждающих конструкций на теплоустойчивость, если средняя температура воздуха наиболее жаркого месяца в регионе равна или превышает $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эти расчеты предусмотрены СП 50 [50];

– расчет перегрева помещений от солнечной радиации, поступающей через оконный проем, с последующим регулированием и обеспечением теплового комфорта проектными средствами;

– учет общих теплопоступлений от солнечной радиации к ограждениям зданий позволяет решать задачи обеспечения зданий альтернативными источниками энергии при использовании солнечных батарей. В архитектурной практике известны сотни примеров зданий с использованием фотоэлектрических модулей, которые представляют дополнительную электрическую энергию для потребностей эксплуатации. Фотоэлектрические модули могут располагаться как поверх ограждающих конструкций и могут быть одновременно современными облицовочными материалами, так и на специальных конструкциях, отделенных от здания.

Использование фотоэлектрических модулей предопределяет специальные архитектурные решения зданий с целью получения максимального количества солнечной энергии. Это обоснованный уклон ограждения в сторону солнца (Торгово-досуговый центр «Ла Вагуада», Мадрид, Испания, 2007 – рис. 1.3а), вогнутые профили зданий (Офисное здание компании «JUWI», Боланден, Германия, 2004 – рис. 1.3г), размещение солнечных батарей на отдельных конструкциях, не совмещенных с ограждающими (Здание управы, Итоман, Япония, 2002 – рис. 1.3в). Известны также вращающиеся вслед за солнцем солнечные батареи (Дом «Гелчотрой», Фрайбург, Германия, 1994 – рис. 1.3б).

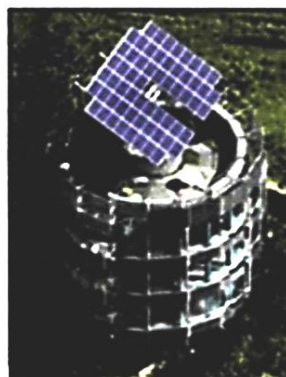
Фотоэлектрические модули могут быть светопрозрачными, что позволяет по-новому решать конструкции светопроемов, ограждений зданий в целом и интерьеров зданий (рис. 1.4).

1.3.2. Световая энергия солнечной радиации

Естественное освещение Земли определяется диапазоном видимого света солнечной радиации (400–780 нм), и по аналогии с тепловой энергией Солнца вводятся понятия освещенности от прямого солнечного света E_s , освещенности от рассеянного (диффузного) света E_D и суммарная освещенность E_Q . Солнечный свет – это экологически чистый свет, потому что глаз человека адаптирован к его спектру за многие тысячелетия.



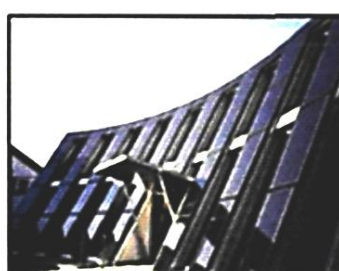
а) Торгово-досуговый центр
«Ла Вагуада». Мадрид, Испания, 2007



б) Рольф Дих. Дом «Гелиотроп»
Фрайбург, Германия, 1994



в) Нихон Сэккэя. Здание управы
Итоман, Япония, 2002



Oehler & Falge Archcom
г) Офисное здание компании «JUWI»
Боланден, Германия, 2004

Рис. 1.3. Примеры зданий с солнечными батареями



Рис. 1.4. Светопроницаемые фотоэлектрические модули

Вблизи земной поверхности суммарная освещенность E_Q превышает 100 клк, что указывает на высокий запас энергии природной освещенности. Запас природной освещенности позволяет проектными средствами обеспечить заданную продолжительность светового дня с нормируемой освещенностью большинства помещений зданий 150–500 лк.

Понятие «световой день» определяется продолжительностью суммарной природной освещенности свыше 5 клк. Освещенность 5 клк называют критической освещенностью, при которой выключается искусственное освещение помещений утром и включается вечером. Критическая освещенность – это граница между дневной и сумеречной освещенностью. Чем продолжительнее световой день, при котором обеспечена нормируемая освещенность помещений зданий, тем выше экономическая эффективность проектных решений за счет экономии электроэнергии расходуемой на искусственное освещение помещений.

Продолжительность светового дня при средних условиях облачности для Казани приведена в таблице 1.2 [32].

Таблица 1.2

Продолжительность светового дня

Месяц	Время, часы – минуты				
	Восход солнца	Окончание $E_Q = 5$ клк	Наступление $E_Q = 5$ клк	Заход солнца	Продолжительность светового дня
Я	8 – 17	9 – 0	15 – 15	16 – 03	6 – 15
Ф	7 – 24	8 – 00	16 – 30	17 – 05	8 – 30
М	6 – 11	6 – 40	17 – 30	18 – 03	10 – 50
А	4 – 54	5 – 15	18 – 45	19 – 05	12 – 30
М	3 – 53	4 – 40	19 – 05	20 – 00	14 – 25
И	3 – 20	3 – 55	20 – 00	20 – 40	15 – 55
И	3 – 39	4 – 10	19 – 10	20 – 31	15 – 00
А	4 – 33	5 – 15	18 – 50	19 – 35	13 – 35
С	5 – 31	6 – 05	17 – 45	18 – 18	11 – 40
О	6 – 28	7 – 15	16 – 10	17 – 05	8 – 55
Н	7 – 31	8 – 30	15 – 00	15 – 58	6 – 30
Д	8 – 20	9 – 40	14 – 20	15 – 32	4 – 20

Регулярные наблюдения за природной освещенностью на метеорологических и актинометрических станциях начали проводиться только в последние годы, и еще не накоплен статистический материал, достаточный для обобщений. В связи с этим для оценки природной освещенности используются данные по солнечной радиации (переводят их в размерность освещения через так называемый световой эквивалент). В работе [32] рассчитаны значения световых эквивалентов для прямой радиации S – 65 клк: для суммарной Q – 70 клк и для рассеянной D –

75 клк на $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. В пересчете на современную размерность световые эквиваленты будут равны: по S – 93 лк, по D – 100 лк и по Q – 107 лк на 1 Вт/м^2 .

Для практических расчетов удобнее пользоваться таблицей 1.3, в которой представлены значения освещенности для прямой E_S , рассеянной E_D и суммарной E_Q радиации для реальных условий облачности [32].

Таблица 1.3

Световые эквиваленты солнечной радиации

Освещенность, клк	Интенсивность солнечной радиации (плотность теплового потока) S , D и Q , Вт/м^2													
	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	840	910	980
E_S	6	12	19	25	32	39	46	52	60	67	74	81	88	95
E_D	8	15	23	30	38	45	-	-	-	-	-	-	-	-
E_Q	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98

В другой работе [11] исследована зависимость диффузной освещенности от высоты стояния солнца для ясного голубого безоблачного неба при отсутствии снегового покрова (табл. 1.4). Снеговой покров увеличивает освещенность на 20–30 %. В зависимости от типа облачности освещенность может как снижаться на 14–28 %, так и повышаться на 23–94%.

Приход солнечной радиации к фасадным и другим поверхностям зданий подробно описан в ряде работ [12, 18, 46]. Используя эти данные, при помощи таблицы 1.3 можно определить величину светового потока у светопроемов зданий. Далее логично встает вопрос о разработке методов оценки естественного освещения помещений в абсолютных единицах – люксах как дополнительный метод к существующему нормативному методу расчета естественного освещения в относительных единицах через коэффициент естественной освещенности (КЕО). Оценка естественной освещенности в абсолютных единицах в последние годы становится все более актуальной, и опубликован ряд подходов к этой проблеме [15, 53].

Таблица 1.4

**Зависимость диффузной освещенности
от высоты стояния солнца**

Высота солнца, град	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Освещенность, клк	1,3	2,2	3,0	5,0	6,6	8,2	9,6	11,1	12,2	13,6	14,6	16,3

1.3.3. Энергия ультрафиолетового диапазона солнечного спектра

Кванты света диапазона солнечной радиации обладают максимальной энергией и способны вызвать гибель болезнетворных бактерий и микроорганизмов и даже старение и разрушение полимерных материалов и красок. По своему воздействию на человека и среду его жизнедеятельности диапазон УФ солнечной радиации неоднороден. В соответствии с предложением Международной комиссии по освещению (МКО) 1963 года он подразделяется на три области с соответствующими длинами волн: УФ-А (315–400 нм), УФ-В (280–315 нм) и УФ-С (100–280 нм). Такая классификация соответствует трем основным реакциям, а именно: флуоресцентной, эритемной и бактерицидной.

В указанных областях радиации существуют характерные длины волн, которые оказывают избирательное воздействие на микрофлору: 297 нм – эритемный и антирахитный эффект, 280 нм – максимальное воздействие на кишечную палочку, 254 нм – максимальное воздействие на большинство микроорганизмов. В связи с этим радиационная микробиология вводит понятие относительной бактерицидной эффективности облучения, которая измеряется коэффициентом ОБактЭ (таблица 1.5).

Таблица 1.5

Коэффициенты ОБактЭ

Длина волны, нм	320	300	280	254	220	180	100
Коэф. ОБактЭ	0,02	0,08	0,45	1,0	0,84	0,76	0,74

Из таблицы 1.5 видно, что энергия длины волны 254 нм принята за 1,0, а при увеличении или уменьшении длины волны бактерицидная эффективность облучения снижается. Таким образом, бактерицидная эффективность УФ облучения обеспечивается областями В и С солнечного спектра, то есть УФ радиацией с длиной волны меньше 315 нм.

Энергия УФ радиации с длиной волны менее 315 нм, так же как и энергия других диапазонов солнечного спектра, приходит к поверхности земли в виде прямой S, рассеянной D и суммарной Q. Исследования, проведенные различными авторами [2, 3, 14, 23], показали, что для микрофлоры помещений губительна не только прямая, но и рассеянная УФ радиация, в связи с чем требуется наиболее полный учет всех составляющих УФ радиации.

Наиболее полные данные о приходе прямой и рассеянной УФ радиации представлены в справочнике [42]. Выборка из таблицы 7 этого справочника по УФ радиации с длиной волны менее 315 нм для марта-сентября в условиях Казани (56° с.ш.) приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Интенсивность УФ радиации в марте и сентябре (<315 нм)

Часы суток	Интенсивность, мВт/м ²			
	Прямой, на нормальную к лучу поверхность, $S_{\perp}$		Рассеянной, на горизонтальную поверхность, D_{Γ}	
	март	сентябрь	март	сентябрь
12	126	224	302	648
11/13	100	194	282	612
10/14	62	140	214	496
9/15	16	66	112	342
8/16	0	18	46	170
7/17	0	0	0	45
6/18	0	0	0	0

Координаты солнца (h_o и A_o) в сентябре и марте полностью совпадают (табл. 1.7), но интенсивность УФ радиации в эти месяцы весьма различна. Как следует из таблицы 1.6, интенсивность как прямой, так и рассеянной УФ радиации в сентябре в 2–4 раза выше, чем в марте. Следует отметить также, что интенсивность рассеянной радиации как в марте, так и в сентябре, в 2–3 раза выше, чем прямой.

Из приведенных данных следует, что степень воздействия УФ радиации на микрофлору помещений в сентябре будет значительно выше, чем в марте, следовательно, и уровень санации помещений при облучении будет также выше. Аналогичные расхождения выявлены и в другие месяцы (см., например, табл. 3.5).

Таким образом, при одинаковых координатах солнца (h_o и A_o) в парные месяцы года (январь-ноябрь, февраль-октябрь, март-сентябрь, апрель-август, май-июль – см. таблицу 1.7) солнечная энергия всегда выше во второй половине года, что следует учитывать при решении теплотехнических задач, освещения и инсоляции.

1.4. Координаты солнца при его движении по небосводу

Координаты солнца при его движении по условному небосводу определяются двумя угловыми параметрами: высотой стояния солнца h_o (град.), то есть углом между линией солнечного луча и горизонтальной плоскостью, а также азимутом A_o (град.) – то есть углом между нулевым направлением круга горизонта и проекцией солнечного луча на горизонтальную плоскость. В зависимости от задачи проектирования в качестве нулевого направления используют либо направление на север, и отсчет азимута ведут по часовой стрелке (до 360 градусов), либо направление на юг, и отсчет азимутов ведут в сторону востока и в сторону запада (по

180 градусов). На рисунке 1.5 приведена схема небесной полусферы с координатной сеткой для h_0 и A_0 , причем отсчет азимутов A_0 проводится от направления на юг. На координатной сетке показана траектория движения солнца для какой-либо календарной даты.

Из рисунка 1.5 видно, что h_0 может изменяться от 0 град, когда солнце расположено на уровне горизонта, до 90 град, когда солнце в зените. Азимут A_0 может изменяться от 0, когда солнце ориентировано строго на юг (12 часов истинного солнечного времени) до 60–130 градусов в сторону востока или запада, до восхода или захода солнца.

Если схему движения солнца по небесной сфере, приведенной на рисунке 1.5, спроектировать на горизонтальную плоскость, то получим графическое изображение перемещения солнца по небосводу на плоской поверхности, так называемую **солнечную карту**. Солнечная карта представляет собой координатную сетку, вписанную в круг горизонта, для h_0 (концентрические окружности) и для A_0 (радиусы, сходящиеся в т. О), на которой приводятся суточные траектории движения солнца на определенные календарные даты.

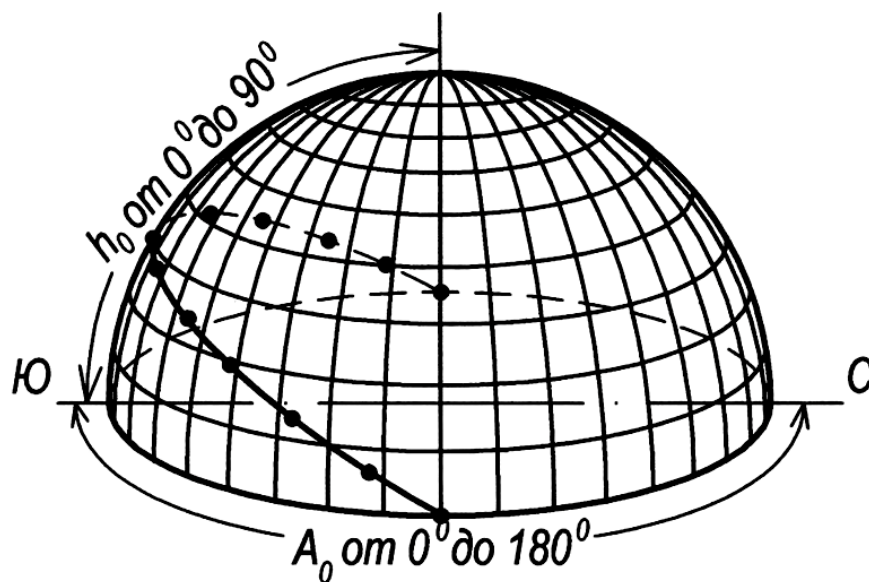


Рис. 1.5. Движение солнца по небесной полусфере h_0 – высота стояния солнца, град;
 A_0 – азимут, град; —●— траектория движения солнца

Прямая проекция траектории движения солнца и координатной сетки на горизонтальную плоскость дает так называемую **проекционную солнечную карту**, особенность которой состоит в том, что концентрические окружности малых высот стояния солнца расположены близко друг к другу, а это снижает точность расчетов (рис. 1.6). Наибольшее применение получили так называемые, **развернутые солнечные карты**, у которых концентрические окружности высот стояния солнца h_0 расположены через равные расстояния (рис. 1.7).

В зависимости от задач проектирования используют три разновидности солнечных карт:

1. С одной траекторией движения солнца для нормируемой или заданной календарной даты (рис. 1.8).

2. С тремя траекториями движения солнца для характерных дней года: летнее и зимнее солнцестояние (22.06 и 22.12) и день весенне-осеннего равноденствия (22.03) (рис.1.6 и 1.7).

3. С семью траекториями движения солнца за все месяцы года: декабрь (22.12), июнь (22.06) и пятью траекториями за парные месяцы: май – июль (22.05 и 22.07), апрель – август (22.04 и 22.08), март – сентябрь (22.03 и 22.09), февраль – октябрь (22.02 и 22.10), январь – ноябрь (22.01 и 22.11) (рис. 1.9).

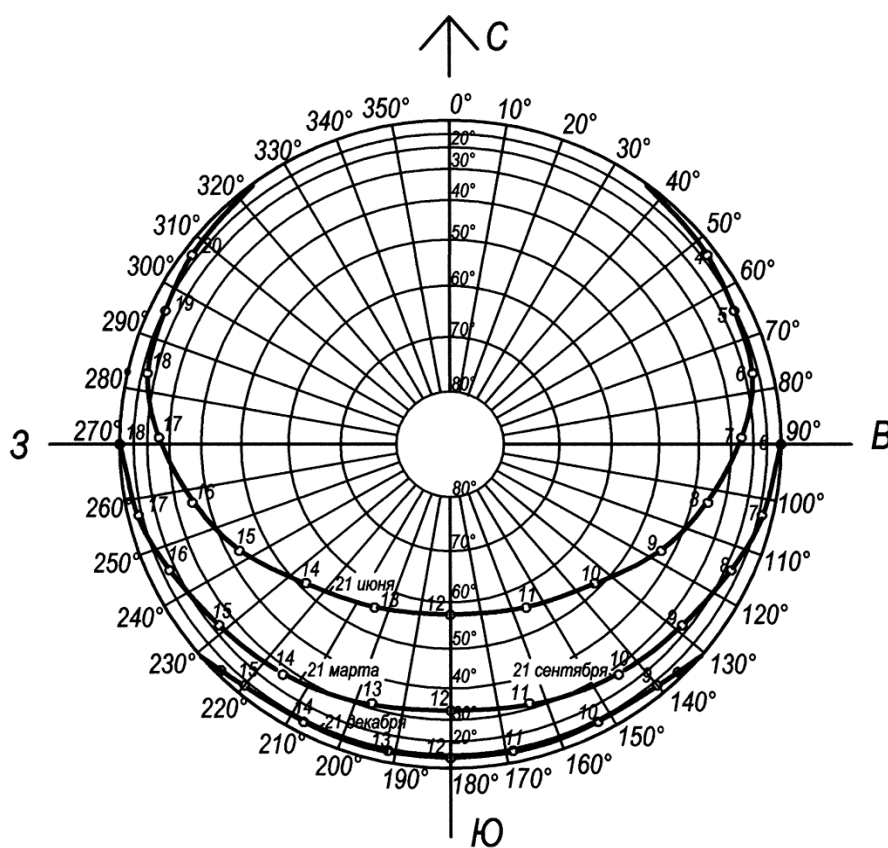


Рис. 1.6. Проекционная солнечная карта для широты 56°

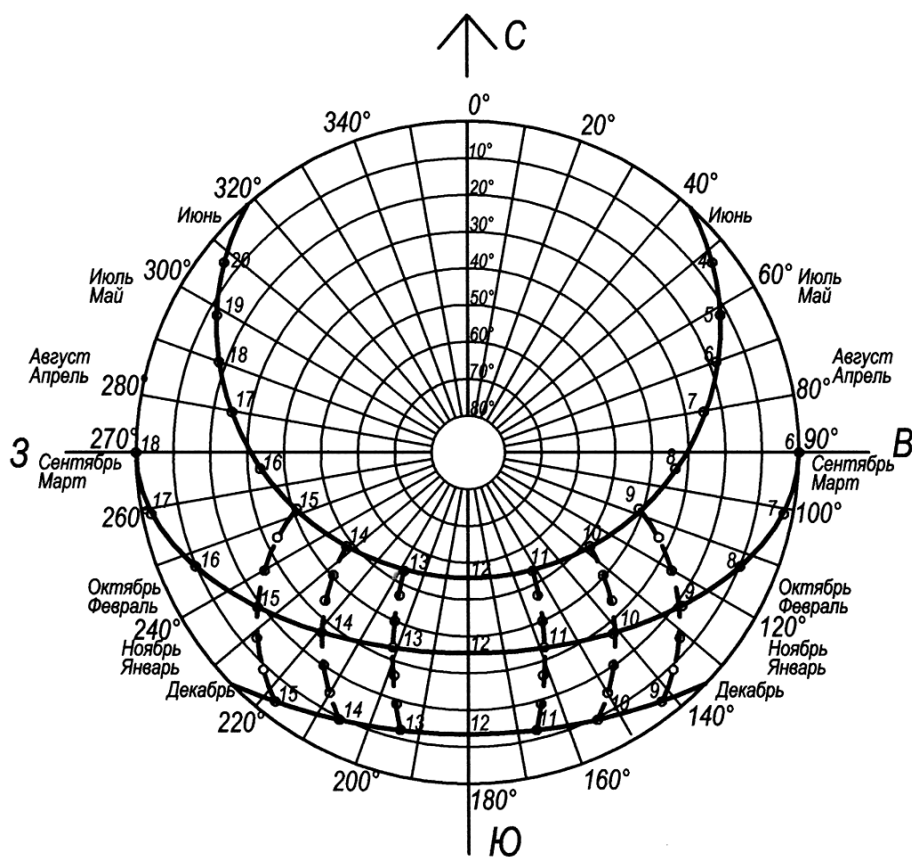


Рис. 1.7. Развернутая солнечная карта для широты 56°

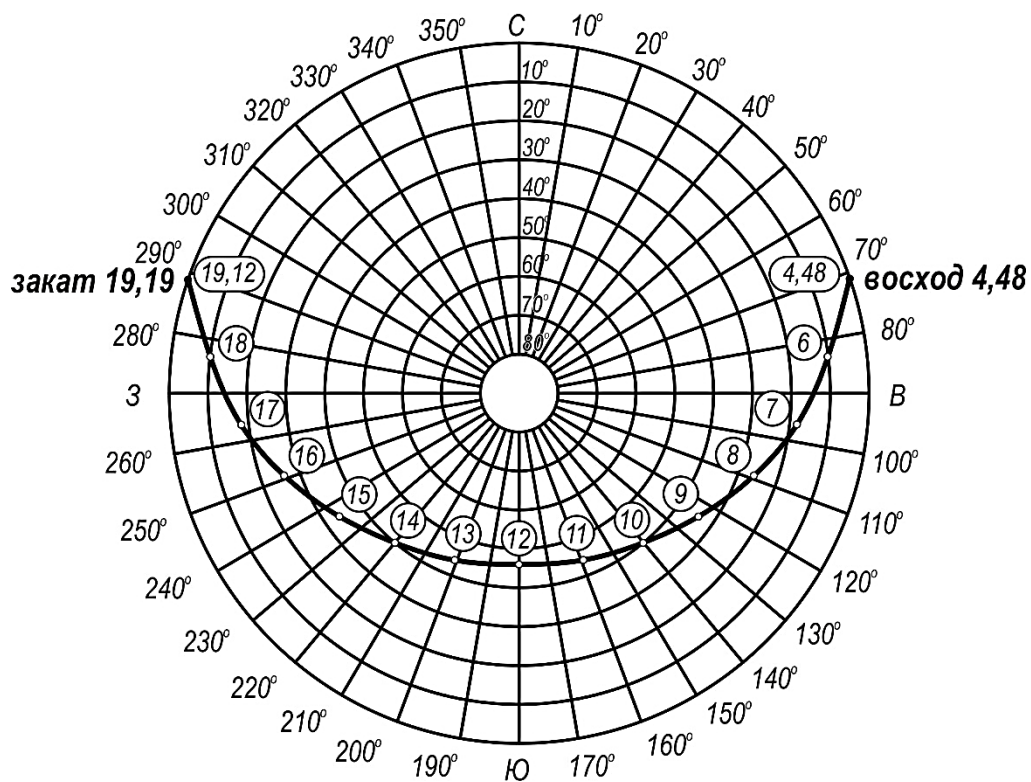


Рис. 1.8. Солнечная карта с траекторией солнца для заданной календарной даты, 56° с.ш. (22.04 – 22.08)

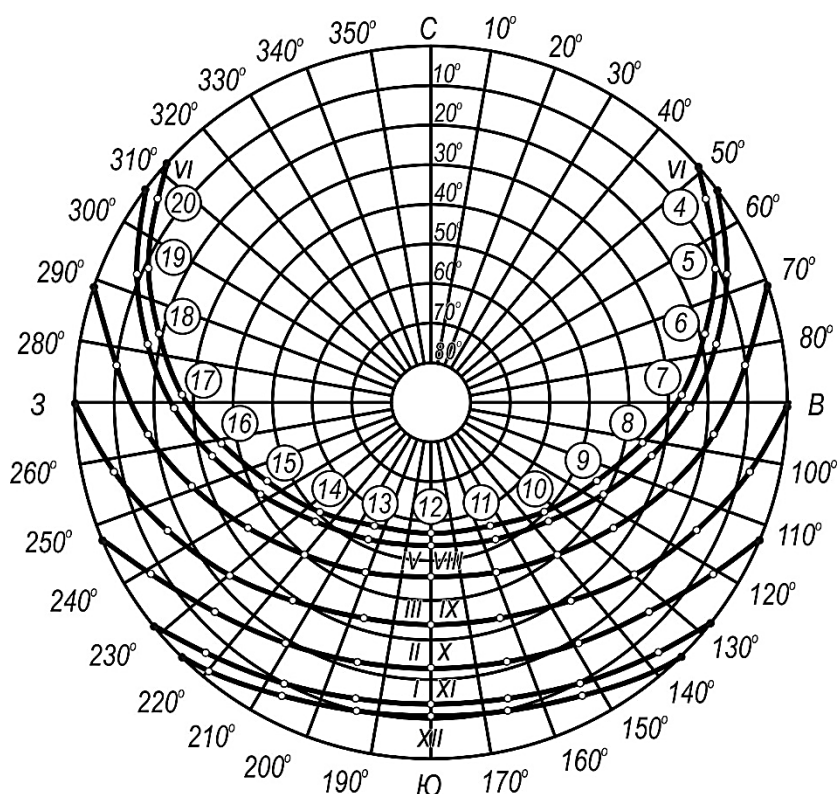


Рис. 1.9. Солнечная карта с траекторией движения солнца для двенадцати месяцев года, 56° с.ш.

Солнечные карты разрабатываются для конкретной широты местности и являются основой для всех радиационных расчетов. Для составления солнечной карты на любые календарные даты требуется информация о высоте стояния солнца h_0 и его азимуте A_0 на каждый час суток. Такая информация содержится в справочной литературе, только следует иметь в виду, что в ряде источников информация о h_0 и A_0 приводится на 15-е число месяца, в других – на 22-е число месяца. Этим объясняется расхождение данных из разных источников.

В архитектурно-строительной практике за расчетную дату принято 21-е или 22-е число месяца, что отражено и в нормах по инсоляции, и в таблицах Тваровского [33 (приложение 1)], на основании которых составлена таблица 1.7 для широты 56°. Данные этой таблицы использованы при построении солнечных карт, представленных на рисунках 1.6–1.9.

В работе [33] приведены специальные таблицы с координатами солнца (h_0 и A_0) для широт северного полушария от 20 до 60°, с шагом в 2° на 21-е число каждого месяца года. В приложении 1 приведены эти таблицы.

Таблица 1.7

Координаты солнца на 22-е число месяца для широты 56°

Месяц	Координаты солнца, град.	Часы суток								
		4 и 20	5 и 19	6 и 18	7 и 17	8 и 16	9 и 15	10 и 14	11 и 13	12
Декабрь Восход 8 ч 56 м Закат 15 ч 04 м	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	– –	– –	– –	±45 0	±40 2	±27 7	±14 10	0 11
Январь – - Ноябрь	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	– –	– –	– –	– –	±42 5	±28 10	±14 13	0 14
Февраль – - Октябрь	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	– –	– –	– –	±59 7	±46 14	±31 19	±16 22	0 23
Март – - Сентябрь	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	– –	±90 0	±78 8	±64 16	±50 23	±35 29	±18 33	0 34
Апрель – - Август	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	– –	±97 10	±84 18	±71 26	±56 34	±40 40	±21 44	0 46
Май – - Июль	Азимут, A_0 Высота, h_0	– –	±114 9	±102 17	±89 25	±76 33	±62 41	±44 48	±23 52	0 54
Июнь Восход 3 ч 04 м Закат 20 ч 56 м	Азимут, A_0 Высота, h_0	±127 4	±115 11	±104 19	±92 27	±79 36	±64 44	±46 51	±25 56	0 57

1.5. Расчет солнечной радиации, приходящей к ограждениям зданий

Рассмотренные в настоящем разделе методы расчета солнечной радиации в равной мере относятся ко всем диапазонам ее спектра: тепловой энергии S , D , Q ; освещенности E_S , E_D , E_Q и УФ радиации областей УФ-А, УФ-В, УФ-С, поскольку все диапазоны представляют собой лучистую энергию солнца.

Исследованию прихода солнечной радиации к ограждениям зданий посвящено большое количество работ [12, 18, 32], а ряд значений количественных параметров солнечной радиации представлено в нормативных документах [41, 42, 46]. Однако использование опубликованных данных о солнечной радиации весьма ограничено в силу дискретности данных по ориентации фасадов и расчетным периодам.

Для решения многообразных задач по учету и регламентации солнечной радиации при проектировании зданий требуется такой метод расчета, который позволит оценить приход солнечной радиации к поверхностям любой ориентации и уклона, он должен быть применим для любой широты местности, любого месяца года и любой продолжительности облучения [24–27].

Исходными данными для предлагаемого метода расчета являются:

1) Координаты солнца на условном небосводе (h_0 и A_0) по часам суток на 22-е число каждого месяца для заданной широты местности.

2) Данные о прямой $S_{\perp}$ и рассеянной D_{Γ} солнечной радиации по часам суток за каждый месяц для заданного места строительства при ясном небе или средних условиях облачности в зависимости от решаемой задачи.

3) Ориентация (азимут нормали к ограждению A_n) и уклон (угол плоскости облучения к горизонту β) ограждающих конструкций.

Расчет солнечной радиации, приходящей к облучаемой поверхности, проводится отдельно для прямой и рассеянной радиации.

При расчете прямой радиации за основу принимается интенсивность солнечной радиации на поверхности, нормальной к лучам $S_{\perp}$. Преобразование этой интенсивности к поверхности любой ориентации проводится по формуле:

$$S_{\text{зп}} = S_{\perp} \cdot \cos \theta, \text{ Вт/м}^2, \quad (1.1)$$

где $S_{\text{зп}}$ – интенсивность радиации у поверхности заданной ориентации и уклона;

θ – угол между направлением солнечного луча и нормалью к заданной поверхности облучения.

Для определения $\cos \theta$ используют формулы сферической тригонометрии. Для наиболее повторяющихся случаев эти формулы имеют вид [36]:

для вертикальных поверхностей $\cos \theta$ может быть определен по формуле:

$$\cos \theta = \cos h_0 \cdot \cos(A_0 - A_n), \quad (1.2)$$

для наклонных поверхностей с углом β к горизонту:

$$\cos \theta = \sin h_0 \cdot \cos \beta + \cos h_0 \cdot \sin \beta \cdot \cos(A_0 - A_n). \quad (1.3)$$

В этих формулах A_0 – азимут солнца в данный час суток, A_n – азимут нормали к поверхности. Принцип определения $\cos \theta$ поясняется рисунком 1.10.

Приход рассеянной радиации к заданной поверхности D_{Γ} определяется частью рассеянной радиации, приходящей к горизонтальной поверхности D_{Γ} через коэффициент k :

$$D_{\text{зп}} = k \cdot D_{\Gamma}, \text{ Вт/м}^2. \quad (1.4)$$

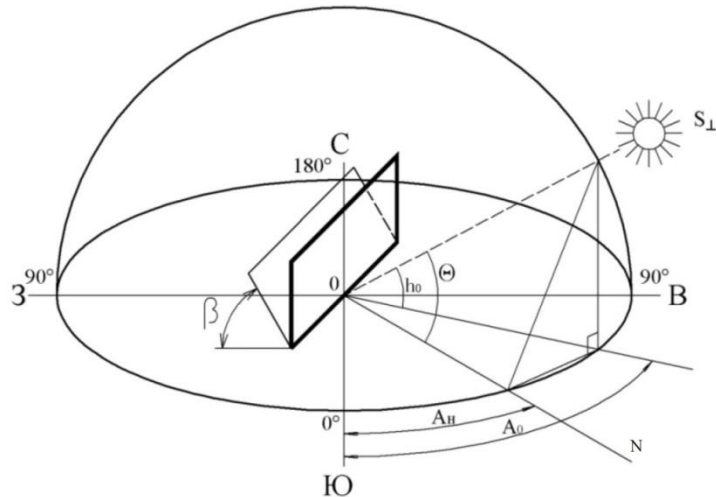


Рис. 1.10. Схема определения угла θ

N – нормаль к плоскости; β – угол наклона плоскости;
 h_0 – высота стояния солнца; A_0 – азимут солнца; A_n – азимут нормали к поверхности

Схема к определению коэффициента k представлена на рисунке 1.11. Из рисунка следует, что для вертикальных поверхностей $k = 0,5$, для наклонных поверхностей коэффициент k зависит от угла наклона исследуемых поверхностей к горизонту – угла β .

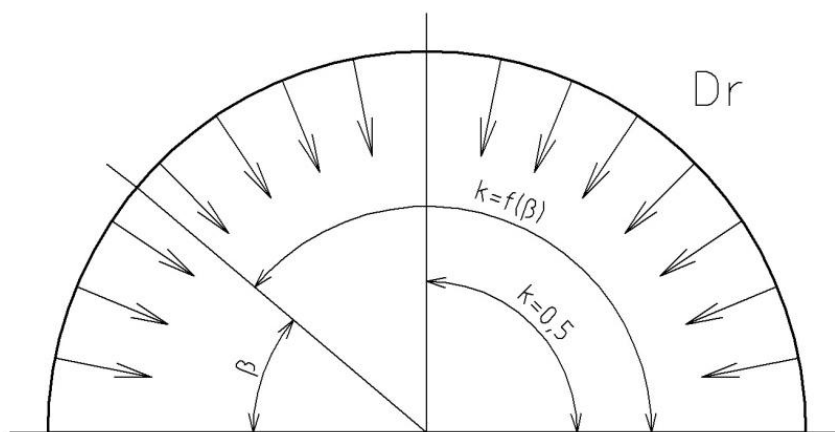


Рис. 1.11. Схема к определению коэффициента k (доли рассеянной радиации, приходящей к вертикальной или наклонной поверхности)

Интенсивность суммарной солнечной радиации у заданной поверхности $Q_{зп}$ определяется суммой прямой $S_{зп}$ и рассеянной $D_{зп}$:

$$Q_{зп} = S_{зп} + D_{зп} = S_{\perp} \cdot \cos \theta + k D_r, \text{ Вт/м}^2. \quad (1.5)$$

Этот расчет выполняют для каждого часа суток, в который облучается заданная поверхность.

Следует напомнить, что часовая интенсивность суммарной солнечной радиации может быть выражена дозой радиации, пришедшей за этот час к облучаемой поверхности ($\text{Вт} \cdot \text{час}/\text{м}^2$ или $\text{Дж}/\text{м}^2$). В связи с этим общее количество энергии (теплоты, дозы), пришедшее к облучаемой поверхности за время облучения, равно сумме часовых доз:

$$q_{\text{зп}} = \sum_{i=1}^{\tau} Q_{\text{зп}}^i, \text{ Вт} \cdot \text{час}/\text{м}^2 \text{ или } \text{Дж}/\text{м}^2, \quad (1.6)$$

где τ – продолжительность облучения заданной поверхности в часах.

При расчетах солнечной радиации следует учитывать особенности представления данных о координатах солнца и параметрах солнечной радиации в справочной литературе. Прежде всего, следует отметить, что все перечисленные параметры в справочной литературе отнесены к истинному солнечному времени (а не декретному). Во-вторых, координаты солнца h_0 и A_0 представлены для целых значений часов суток (7, 8, 9, 10 и т. д.), а параметры солнечной радиации $S_{\perp}$ и D_{Γ} – отнесены к часовым интервалам времени (с 7 до 8 часов, с 8 до 9 часов, с 9 до 10 часов и т.д.). То есть центр часового интервала сдвинут относительно целых значений часа на 0,5 часа, что затрудняет расчет и снижает его точность.

Таблица 1.8

Перерасчет значений $S_{\perp}$ солнечной радиации при перемещении часового интервала на 0,5 часа

Часовые интервалы, по [41]	7-8		8-9		9-10	
Значения $S_{\perp}$ для данного интервала, $\text{МДж}/\text{м}^2$, по [41]	0,87		1,12		1,33	
Полусуммы $S_{\perp}$ для данного интервала, $\text{МДж}/\text{м}^2$, по [41]	0,435 + 0,435		0,56 + 0,56		0,665 + 0,665	
Часы суток	7	8	9	10		
Полусуммы $S_{\perp}$ для часового интервала, сдвинутого на 0,5 часа, $\text{МДж}/\text{м}^2$, по	-	0,435 + 0,56	0,56 + 0,665	-		
Значение $S_{\perp}$ для часового интервала, сдвинутого на 0,5 часа, $\text{МДж}/\text{м}^2$, по	-	0,995	1,225	-		

Для повышения точности расчетов координаты солнца (h_0 и A_0) и центры часовых интервалов, для которых приведены параметры солнечной радиации ($S_{\perp}$ и D_{Γ}), должны быть приведены к одному моменту времени. Координаты солнца, выраженные через целые значения часов суток, давно и широко используются при построении солнечных карт и инсографиков, поэтому их целесообразно сохранить, а переместить – часовой интервал с

параметрами солнечной радиации. Это перемещение должно быть выполнено так, чтобы центр часового интервала совпал с целым значением часов суток. Такое перемещение потребует пересчета значений $S_{\perp}$ и D_r для нового интервала, сдвинутого на 0,5 часа. Техника перерасчета значений $S_{\perp}$ и D_r поясняется таблицей 1.8.

Из таблицы 1.8 следует, например, что величину $S_{\perp} = 0,87 \text{ МДж/м}^2$ для часового интервала с 7^{00} до 8^{00} часов можно записать двумя полусуммами $(0,435 + 0,435)$, которые будут относиться к получасовым интервалам от 7^{00} до 7^{30} и от 7^{30} до 8^{00} . Аналогично, величину $S_{\perp} = 1,12 \text{ МДж/м}^2$ для часового интервала с 8^{00} до 9^{00} можно записать полусуммами $(0,56 + 0,56)$, которые будут относиться к получасовым интервалам от 8^{00} до 8^{30} и от 8^{30} до 9^{00} .

В итоге величина $S_{\perp}$ для 800 формируется как интервальная величина, которая складывается из полусумм $S_{\perp}$ за период с 7^{30} до 8^{00} ($0,435 \text{ МДж/м}^2$) и полусуммы $S_{\perp}$ за период с 8^{00} до 8^{30} ($0,56 \text{ МДж/м}^2$): $0,435 + 0,56 = 0,995 \text{ МДж/м}^2$. Аналогично пересчитываются значения D_k к новым часовым интервалам, смещенным на 0,5 часа.

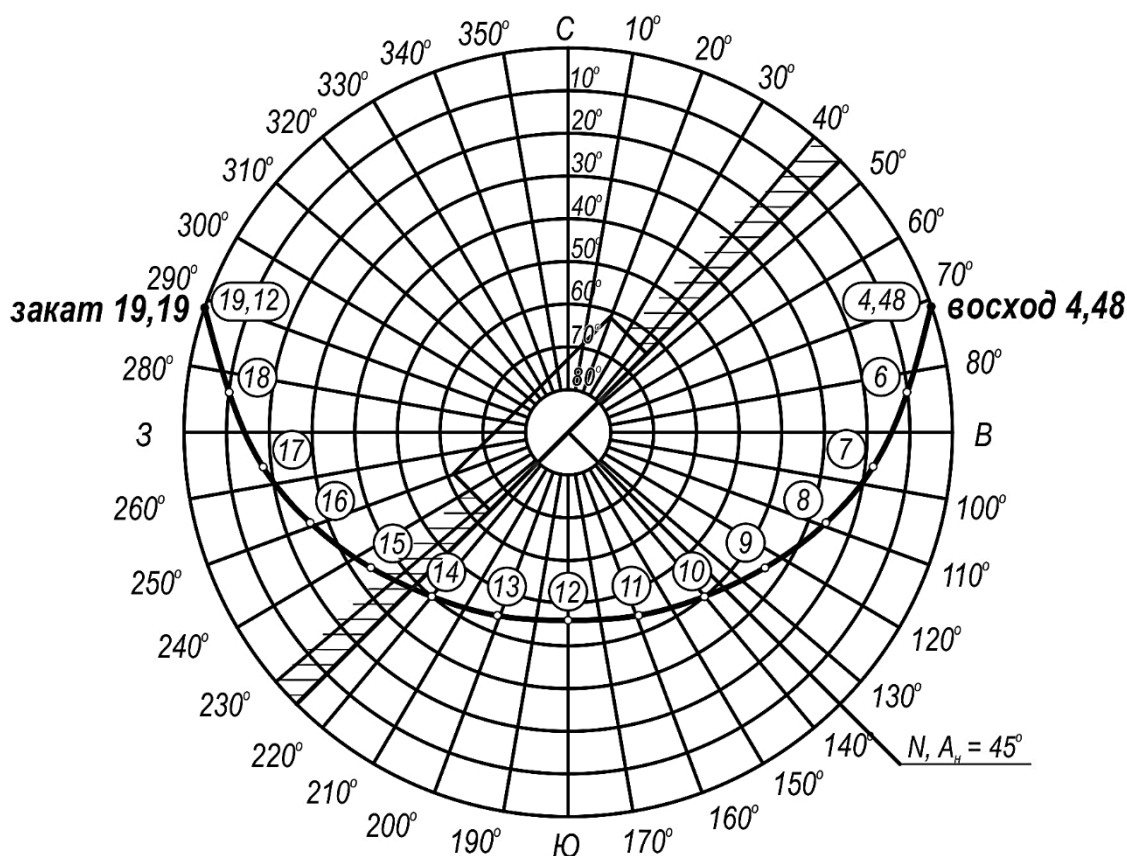


Рис. 1.12. Солнечная карта для 56° с. ш. на 22 апреля, совмещенная с контуром здания;
N – нормаль к исследуемой стене здания

Следует отметить, что подход к формированию расчетных параметров солнечной радиации в интервальном виде позволяет учесть энергию любой

части интервала в зависимости от места пересечения траектории солнца инсоляционными углами на солнечной карте.

Пример 1.1. *Определить количество солнечного тепла, которое придет к стене здания юго-восточной ориентации за период ее облучения за нормируемую календарную дату – 22 апреля. Здание расположено в Казани (56° с. ш.). Азимут нормали к облучаемой стене $A_n = 45^\circ$ от направления на юг.*

Решение. На солнечную карту по рисунку 1.8 (56° с. ш. на 22 апреля) наносят контур здания, ориентируя одну из стен на юго-восток ($A_n = 45^\circ$ от направления на юг). По траектории движения солнца определяют, что заданная стена облучается солнцем с его восхода с 4⁴⁸ до 14²⁰, когда солнечные лучи начинают скользить вдоль стены. Общая продолжительность облучения составит 9 часов 32 минуты (рис. 1.12).

Расчет прихода суммарной солнечной радиации к заданной стене $Q_{зп}$ выполняется для каждого часа облучения по формуле (1.5). Часовые значения прямой солнечной радиации на нормальную к лучам поверхность $S_\perp$ и часовые значения рассеянной радиации на горизонтальную поверхность D_r для реальных условий облачности приняты по справочнику [41] для апреля месяца в условиях Казани.

В связи с тем, что центры часовых интервалов для параметров солнечной радиации $S_\perp$ и D_r не совпадают с целыми значениями часов суток для координат солнца h_o и A_o , справочные значения $S_\perp$ и D_r скорректированы на новые часовые интервалы. Расчет параметров солнечной радиации выполнен по формулам (1.1–1.5). В таблице 1.9 приведены исходные данные, последовательность и результаты расчета. В строке 9 приведено количество солнечной энергии, которое приходит к облучаемой поверхности за один час на один квадратный метр. Количество энергии за весь период облучения определяется сложением часовых энергий по формуле (1.6). Однако величина энергии, пришедшая к стене в 14⁰⁰, должна быть уменьшена на $1/6$, потому что энергия часового интервала для 14⁰⁰ формируется на интервале 13³⁰ – 14³⁰, а облучение стены заканчивается в 14²⁰ (см. солнечную карту). Итак, $Q_{зп}^{14}$ определится из выражения:

$$Q_{зп}^{14} = 1,3343 \cdot 5/6 = 1,1119 \text{ МДж/м}^2,$$

а общее количество энергии за весь период облучения – по формуле (1.6):

$$q_{зп} = \sum_{i=5}^{14} Q_{зп}^i = 9,6133 \text{ МДж/м}^2.$$

Таблица 1.9

Расчет количества радиации, приходящей к облучаемой поверхности в течение часа

№ п/п	Расчетные параметры	Истинное солнечное время, часы											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	h_o , градусы	2	10	18	26	34	40	44	46	44	40		
2	A_o , градусы	115	97	84	71	56	40	21	0	21	40		
3	S_1 , МДж/м ²	0,1	0,35	0,685	0,995	1,225	1,34	1,35	1,35	1,34	1,28		
4	D_r , МДж/м ²	0,025	0,165	0,36	0,515	0,64	0,755	0,84	0,86	0,83	0,715		
5	разность ($A_o - A_n$) или ($A_n - A_o$)	70	52	39	26	11	5	24	45	24	5		
6	$\cos \theta$	0,3418	0,6063	0,7391	0,8078	0,8137	0,7631	0,6571	0,4912	0,6571	0,7631		
7	$S_1 \cdot \cos \theta$, МДж/м ²	0,0342	0,212	0,5063	0,8038	0,9968	1,0226	0,8871	0,6631	0,8805	0,9768		
8	$0,5 \cdot D_r$, МДж/м ²	0,0125	0,0825	0,180	0,2575	0,32	0,3775	0,42	0,43	0,4150	0,3575		
9	$Q_{\text{зн}} = S_1 \cos \theta + 0,5 D_r$, МДж/м ²	0,0467	0,2945	0,6863	1,0613	1,3168	1,4001	1,3071	1,0931	1,2955	1,3343		

Из размерности $Q_{зп}$ и $q_{зп}$ (МДж/м²) следует, что это количество тепловой энергии, которое приходит к 1 м² облучаемой поверхности либо в течение 1 часа ($Q_{зп}$), либо за весь период облучения ($q_{зп}$).

При проектировании зданий возникает потребность оценки количества солнечной энергии, которое приходит к определенной площади ограждения, например, к наружной поверхности окна. Эта энергия позволяет оценить перегрев помещений при поступлении солнечной радиации через световой проем.

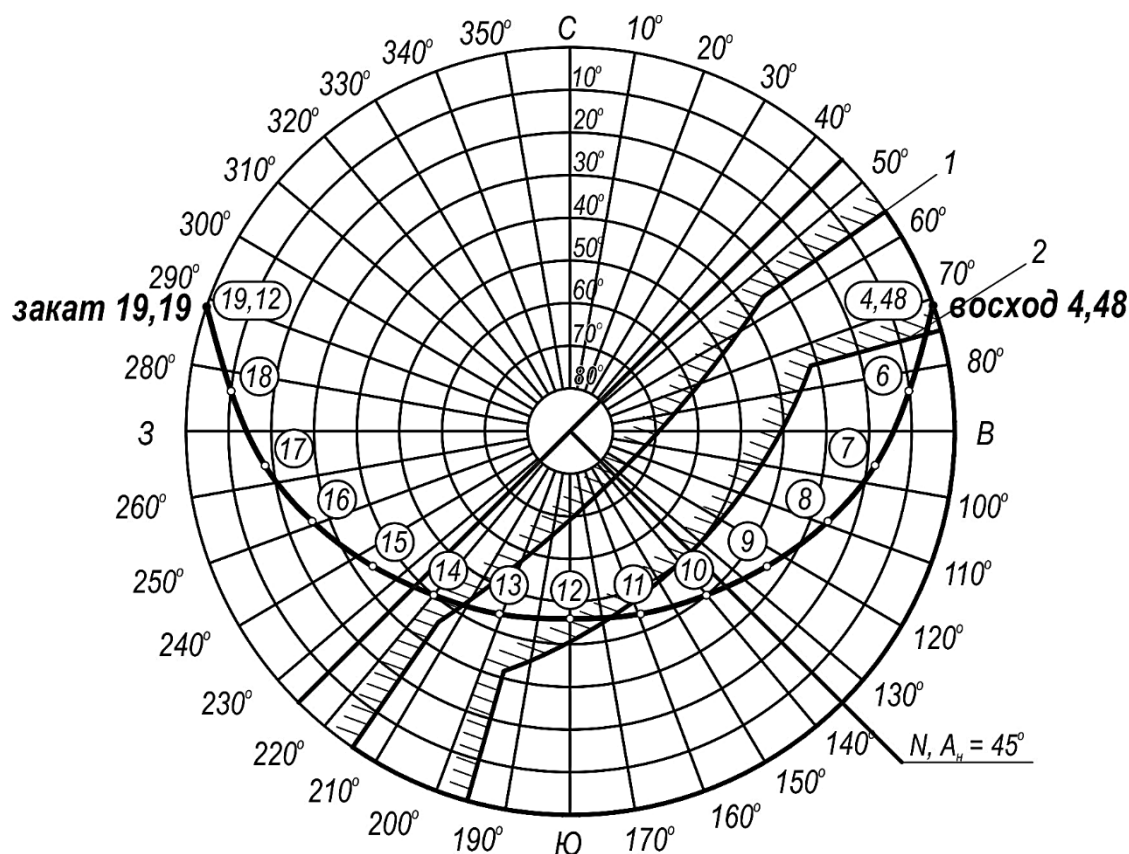


Рис. 1.13. Солнечная карта (560 с. ш., 22 апреля), совмещенная с картограммой окна (1) и картограммой окна с лоджией (2); N – нормаль к плоскости окна

Также расчеты, в основном, аналогичны рассмотренному в примере 1.1, но в данном случае требуется учет инсоляционных углов, которые зависят от выступающих элементов фасадов вертикальных и горизонтальных ребер, балконов, лоджий и т.п.) и формируют картограммы светопроемов.

Пример 1.2. Определить количество тепла солнечной радиации, которое приходит к наружной поверхности окна за время его облучения 22 апреля.

Исходные данные. Размер окна 1,3 x 1,8 м, площадь $f = 2,34$ м², ориентация – юго-восток, $A_n = 45^\circ$ от направления на юг. Конструкция

светопроема принята по рисунку 2.6, его картограмма – по рисунку 2.7. Здание расположено в Казани (56° с. ш.).

Решение. Солнечную карту по рисунку 1.8 (56° с.ш., 22 апреля) совмещают с картограммой заданного светопроема (по рисунку 2.7), располагают ось картограммы по азимуту $A_n = 45^\circ$ и определяют продолжительность облучения светопроема по количеству часов на траектории солнца, попавших в створы картограмм светопроемов (рис. 1.13).

Получено: окно с лоджией облучается с 5^{30} до 11^{30} , то есть $\tau = 6$ часов (в 6, 7, 8, 9, 10, 11 часов), а окно без лоджии – с 5^{30} до 13^{30} , то есть $\tau = 8$ часов (в 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 часов) (период облучения с восхода солнца с 4^{48} до 5^{30} не принят в расчет по причине ничтожно малой лучистой энергии в этот период).

Условия облучения светопроема полностью аналогичны облучению стены, рассмотренному в предыдущем примере (пример 1.1), в связи с чем часовые суммы тепла, представленные в строке 9 таблицы 1.9, применимы для расчета прихода солнечной радиации к световому проему.

Для оценки количества тепла, пришедшего к окну с лоджией за период его облучения, следует сложить часовые суммы тепла за 6, 7, 8, 9, 10 и 11 часов:

$$q_{\text{зп}} = \sum_{i=6}^{11} Q_{\text{зп}}^i = 5,766 \text{ МДж/м}^2.$$

Для оценки количества тепла, пришедшего к окну без лоджии за период его облучения, следует сложить часовые суммы тепла за 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 13 часов:

$$q_{\text{зп}} = \sum_{i=6}^{13} Q_{\text{зп}}^i = 8,155 \text{ МДж/м}^2.$$

Полученные значения солнечной радиации для окна с лоджией $5,766 \text{ МДж/м}^2$ и окна без лоджии $8,155 \text{ МДж/м}^2$ представляют собой плотности теплового потока, то есть количество энергии, приходящее к единице облучаемой площади, – 1 м^2 .

Для оценки количества тепла, приходящего к площади светопроема, следует умножить полученные значения плотности теплового потока на площадь окна $f = 2,34 \text{ м}^2$. Получим:

– для окна с лоджией $5,766 \cdot 2,34 = 13,492 \text{ МДж}$,

– для окна без лоджии $8,155 \cdot 2,34 = 19,083 \text{ МДж}$.

Это количество тепла приходит к наружной поверхности остекления, и с некоторыми потерями на отражение и поглощение стеклопакетами окажется в помещении и явится причиной его перегрева. Однако это уже другая проблема, которая подлежит самостоятельному исследованию.

Глава 2. НОРМАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ИНСОЛЯЦИИ

Под термином «инсоляция» понимается облучение помещений жилых и общественных зданий, а также территорий городской застройки прямыми солнечными лучами. Количественной мерой инсоляции в соответствии с действующими нормативными документами является продолжительность облучения в часах на определенные календарные даты. Облучение прямым солнечным светом благоприятно сказывается на самочувствии человека, а облучение определенной продолжительности обеспечивает санитарно-гигиеническое благополучие облучаемых помещений и территорий.

В связи с этим расчеты продолжительности инсоляции являются обязательной частью проектной документации жилых зданий, основных функциональных помещений общественных зданий, а также детских игровых и спортивных площадок, зон отдыха.

Первые отечественные нормы 1963 года (СН 427-63)[49] предписывали трехчасовую непрерывную продолжительность облучения. Анализ жилой застройки, выполненной по этим нормам, после десяти лет эксплуатации выявил снижение обращений жителей микрорайона в медицинские учреждения. Однако продолжительность инсоляции вошла в противоречие с плотностью застройки городских территорий, в связи с чем все последующие переиздания норм инсоляции приводили к постоянному снижению продолжительности облучения и ввели прерывистость облучения.

2.1. Общие требования и нормирование инсоляции

Основными нормативными документами по проектированию инсоляции и расчету продолжительности облучения помещений и территорий являются СанПиН [47] и ГОСТ [38], а также изменения к СанПиН от 2017 года [48] и изменения к ГОСТ от 2019 года [39].

Этими документами определен перечень зданий, помещений и территории, для которых обеспечение требуемой продолжительности облучения является обязательным.

К зданиям относятся:

- жилые здания;
- детские дошкольные учреждения;
- учебные заведения;
- лечебно-профилактические учреждения;
- учреждения социального обеспечения.

Нормируемая продолжительность **непрерывной инсоляции** устанавливается на определенные календарные периоды с учетом географической широты местности:

– для северной зоны (севернее 58°) – не менее 2,5 часа в день с 22.04 по 22.08;

– для центральной зоны ($58^{\circ} - 48^{\circ}$) – не менее 2,0 часов в день с 22.04 по 22.08;

– для южной зоны (южнее 48°) – не менее 1,5 часов в день с 20.02 по 22.10.

2.1.1. Требования к инсоляции жилых зданий

Продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате 1–3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах 4- (и более) комнатных квартир.

В зданиях общежитий должно инсолироваться не менее 60% жилых комнат.

При проектировании инсоляции жилых зданий **допускается прерывистость инсоляции**, при которой один из периодов облучения должен быть не менее 1 часа. **При этом суммарная продолжительность нормируемой инсоляции должна увеличиваться на 0,5 часа** для каждой зоны.

Допускается снижение продолжительности инсоляции на 0,5 часа для северной и центральной зоны в 2- и 3-комнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат и в 4- (и более) комнатных квартирах, где инсолируется не менее трех комнат, а также при реконструкции жилой застройки в исторических зонах городов.

2.1.2. Требования к инсоляции общественных зданий

В общественных зданиях нормативная продолжительность **непрерывной инсоляции** должна быть обеспечена в основных функциональных помещениях, к которым относятся:

– в зданиях детских дошкольных учреждений – групповые, игровые, изоляторы и палаты;

– в учебных зданиях – классы и учебные кабинеты;

– в лечебно-профилактических учреждениях – палаты (не менее 60% общей численности);

– в учреждениях социального обеспечения – палаты, изоляторы.

В остальных помещениях общественных зданий инсоляция не требуется.

2.1.3. Требования к инсоляции территорий

К территориям городской застройки, где инсоляция должна быть обязательной, относятся: детские игровые площадки; спортивные площадки жилых домов; групповые площадки дошкольных учреждений; спортивные зоны, зоны отдыха общеобразовательных школ и школ-интернатов; зоны отдыха лечебно-профилактических учреждений стационарного типа. Продолжительность инсоляции для перечисленных территорий должна составлять 2,5 часа на 50% площади участка, независимо от географической широты местности. **Допускается прерывистость облучения**, при этом один из периодов облучения должен быть не менее 1 часа.

2.1.4. Обеспечение нормативной продолжительности инсоляции

Нормативная продолжительность инсоляции зданий и территорий обеспечивается комплексным использованием ряда проектных приемов и средств:

– размещением инсолируемого объекта в проектах планировки и застройки группы зданий, микрорайонов и кварталов;

– ориентацией объекта по сторонам горизонта;

– разработкой объемно-планировочных решений инсолируемого объекта;

– разработкой конструктивных решений фасадных систем.

При расчетах продолжительности инсоляции помещений зданий и территорий застройки не учитывается первый час после восхода солнца и последний час перед заходом солнца для районов южнее 58° и 1,5 часа – для районов севернее 58° с. ш.

2.2. Инструменты по оценке продолжительности инсоляции

2.2.1. Солнечная карта

Солнечная карта представляет собой круг горизонта с координатной сеткой высоты солнца h_o (концентрические окружности) и азимутов солнца A_o (азимутальные линии – радиусы, сходящиеся в центре круга, точке О). На координатной сетке нанесена дневная траектория солнца на небосводе на определенную дату месяца или нескольких месяцев (раздел 1.4). Точка О солнечной карты является местоположением наблюдателя или расчетной точки, к которой сходятся солнечные лучи по азимутальным линиям.

Солнечная карта является основой расчетов и построения солнечной линейки и инсографика (рисунки 1.6–1.9).

2.2.2. Инсографик

Инсографик состоит из объединения двух чертежей:

1. Системы веерных линий, сходящихся в точке О, которые являются частью солнечной карты и моделируют направление солнечных лучей (азимуты A_o) и, следовательно, **направление теней** в каждый час суток.

2. Квазипараллельные линии, соединяющие вершины теней, образующиеся в течение светового дня от стержней или зданий разных высот, установленных в точке О. **Размеры теней** определяются высотами стержней или зданий и высотой стояния солнца (h_o).

Инсографик разрабатывается для определенной географической широты местности и нормативной календарной даты, а его масштаб должен соответствовать масштабу подосновы. Как правило, это 1:500; 1:1000; 1:2000. Для удобства работы инсографик выполняется на тонком светопрозрачном носителе.

Начиная с первых отечественных норм по инсоляции 1963 года [49] и до изменения к СанПиН в 2017 году [48], в качестве календарной даты расчета инсоляции для центральной зоны ($48^\circ - 58^\circ$ с.ш.) был определен день весенне-осеннего равноденствия (22.03 и 22.09). Особенность этого дня состоит в том, что солнечные лучи, приходящие к точке О в течение дня, лежат в одной плоскости (рис. 2.1а), поэтому вершины теней от стержня или здания, установленных в точке О, перемещаются в течение дня по прямой линии, параллельной линии запад – восток, а масштабная шкала теней представляет собой систему параллельных линий для зданий разной высоты.

Построение масштабной шкалы теней для дня весенне-осеннего равноденствия оказалось простым и логичным. Достаточно определить один

размер тени в 12⁰⁰ солнечного времени, а в остальные часы суток размеры теней определяются автоматически за счет переноса вершин теней на линию восток – запад, проведенную через вершину тени для 12⁰⁰.

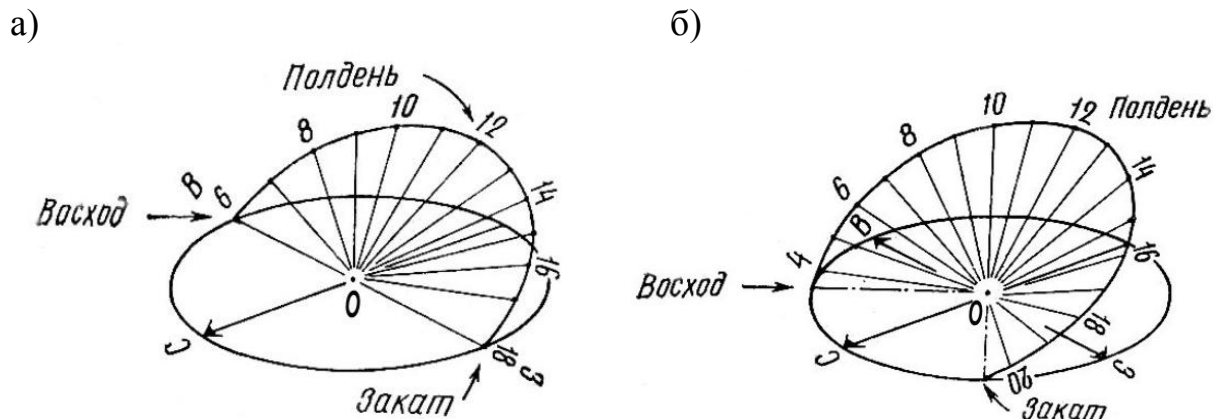


Рис. 2.1. Траектория движения солнца и направление солнечных лучей к точке О в день весенне-осеннего равноденствия (а) и в апреле месяце (б)

Для определения размера тени от стержня или здания в 12⁰⁰ достаточно иметь значение высоты солнца h_0 в этот час, которое определяется в соответствии со схемой рисунка 2.2а по формуле:

$$h_0 = 90 - \varphi, \quad (2.1)$$

где φ – широта местности.

Протяженность тени от стержня или здания высотой H , м, определится через h_0 в соответствии со схемой рисунка 2.2б по формуле:

$$\text{тень от } H = H \cdot \text{Ctg } h_0. \quad (2.2)$$

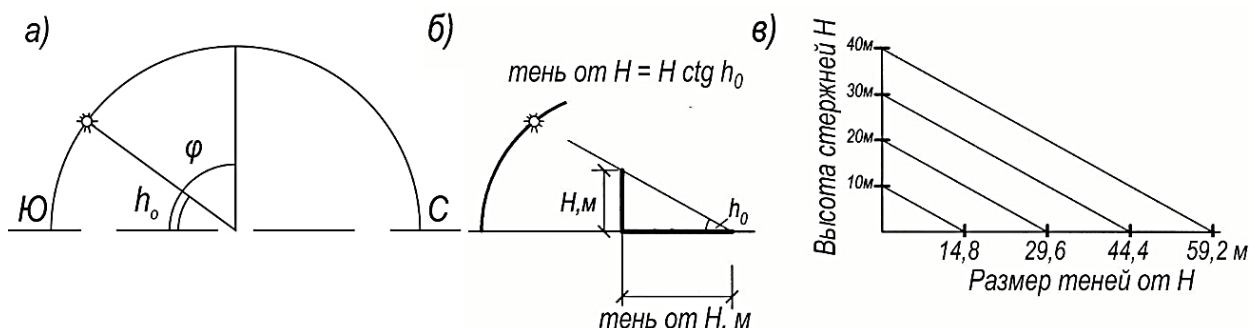


Рис. 2.2. Схемы к построению масштабной шкалы теней для дня весенне-осеннего равноденствия: а) определение h_0 в 12⁰⁰ солнечного времени через широту местности φ ; б) определение размера тени от H при известной h_0 ; в) к примеру, определение размера теней от H для условий Казани

Инсографик для дня весенне-осеннего равноденствия приведен на рисунке 2.3. Формирование масштаба шкалы теней для подобного инсографика наглядно показано на примере.

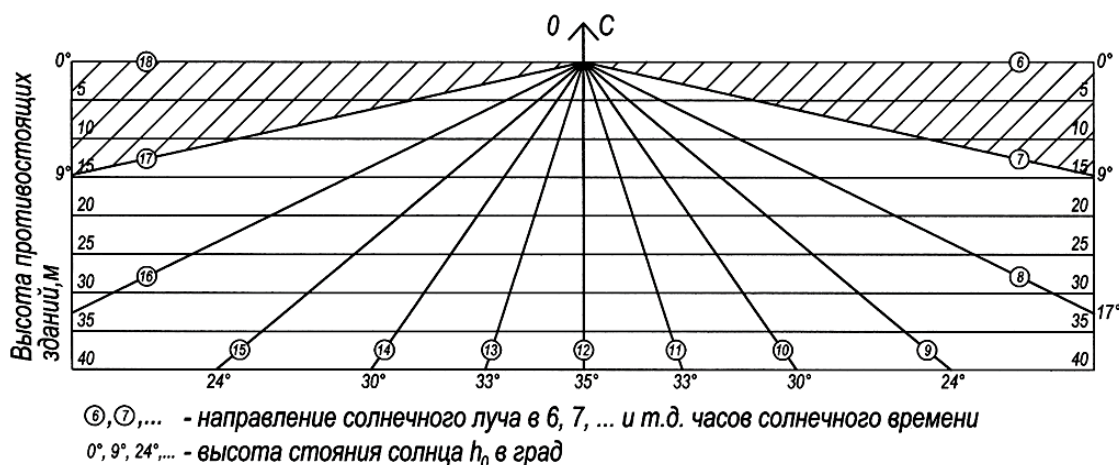


Рис. 2.3. Инсографик для дня весенне-осеннего равноденствия (55° с.ш.)

Пример 2.1. Сформировать масштабы шкалы теней для инсографика, построенного для дня весенне-осеннего равноденствия, для широты местности $\varphi = 56^\circ$ с.ш.

По формуле (2.1) определим высоту стояния солнца в 12⁰⁰ солнечного времени:

$$h_0 = 90 - \varphi = 90 - 56 = 34^\circ.$$

$\text{Ctg } 34^\circ = 1,48$, следовательно, для стержня высотой $H = 1$ м протяженность тени, определенная по формуле (2.2), будет равна: тень от $H = 1 \cdot 1,48 = 1,48$ м. Размеры теней от зданий высотой 10; 20; 30 и 40 метров показаны на рисунке 2.2в. Они, соответственно, равны: 14,8; 29,6; 44,4 и 59,2 м. При вычерчивании инсографика эти размеры теней откладываются на светопрозрачном носителе в размерах, соответствующих принятому масштабу:

– для М 1:1000 это 14,8; 29,6; 44,4 и 59,2 мм;

– для М 1:2000 это 7,4; 14,8; 22,2 и 29,6 мм.

* * *

В 2017 году были утверждены изменения к СанПиН по инсоляции [48], согласно которым расчетная календарная дата для центральной зоны (48–58° с.ш.) перенесена с 22 марта на 22 апреля.

22 апреля солнечные лучи, приходящие в течение дня к точке О, не лежат в одной плоскости, как 22 марта, а образуют вогнутую поверхность (рис. 2.16), в связи с чем широко используемые графические методы,

описанные в [16, стр. 68–70] и [1, стр. 215–218] оказались невостребованными.

Однако используя формулу (2.2) можно определить размеры теней от стержня или здания, образующиеся в течение светового дня. Линии, проведенные через вершины теней для зданий разных высот, будут представлять собой систему квазипараллельных линий, то есть масштабную шкалу теней. Подход является универсальным, он пригоден для любой даты любого месяца года, достаточно иметь для этой даты информацию о высоте стояния солнца (h_0) и азимуте (A_0) в каждый час светового дня.

Пример 2.2. Построить инсографик для широты 56° с.ш. на календарную дату 22 апреля.

Информация о координатах солнца (азимут A_0 и высота h_0) для данного примера взята из таблицы 1.7. Расчет произведен в табличной форме (таблица 2.1), в которой приведены все необходимые данные для построения инсографика.

Таблица 2.1

Расчет параметров инсографика
(на 22 апреля, 56° с.ш.)

Координаты солнца, град.	Часы суток						
	6 и 18	7 и 17	8 и 16	9 и 15	10 и 14	11 и 13	12
Азимут, A_0 (от напр. на юг)	97	84	71	56	40	21	0
Высота стояния, h_0	10	18	26	34	40	44	46
$\text{Ctg } h_0$	5,67	3,08	2,05	1,48	1,19	1,04	0,97
Высота стержня	Протяженность тени от стержня высотой H , м, $= H \cdot \text{Ctg } h_0$, м						
$H = 10$ м	57	31	20	15	12	10,4	9,7
$H = 20$ м	114	62	40	30	24	20	19
$H = 30$ м	171	93	60	45	36	30	29
$H = 40$ м	228	124	80	60	48	40	39
$H = 50$ м	285	155	100	75	60	50	49
$H = 60$ м	342	186	120	90	72	60	59

Последовательность построения:

1. В центре листа бумаги проводят вертикальную линию – ось инсографика, на которой обозначают точку O – начало инсографика (местоположение наблюдателя, расчетная точка).

2. Проводим часовые азимуты (A_0) – направления солнечных лучей в каждый час светового дня, которые собираются к точке O в виде веерных линий.

3. От точки О вдоль часовых азимутов отмеряют размеры теней от стержней разных размеров.

4. Вершины теней для каждой высоты стержня соединяют линиями, которые являются суточными траекториями вершин теней от стержней, установленных в точке О. Полученная система квазипараллельных линий и представляет собой масштабную шкалу теней.

Общий вид инсографика, построенного по данным таблицы 2.1, приведен на рисунке 2.4.

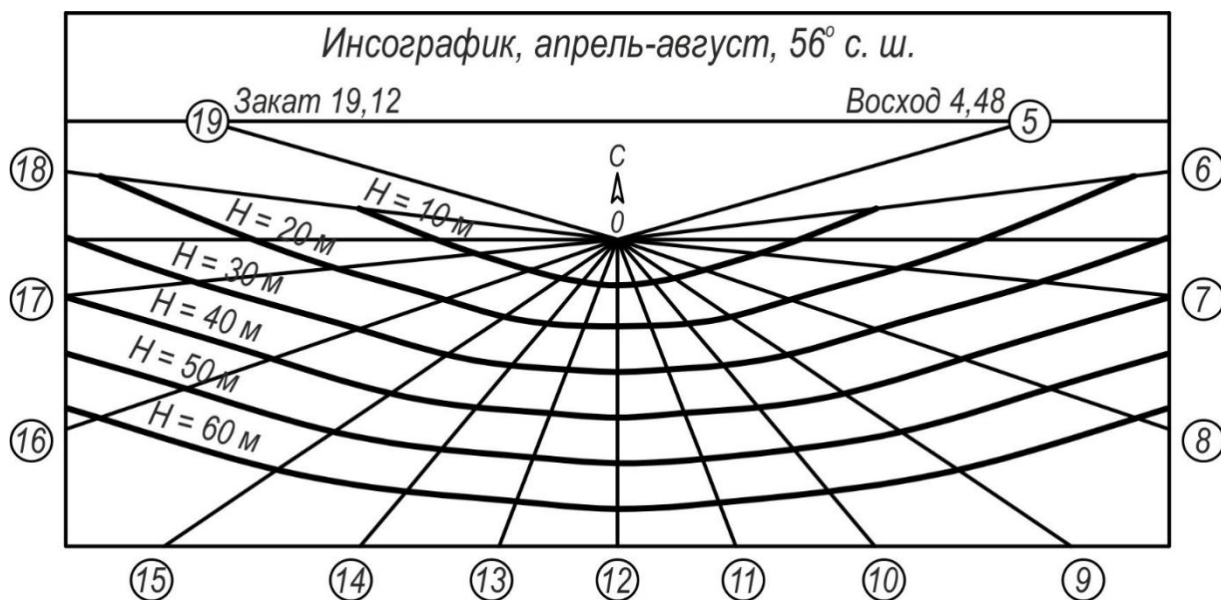


Рис. 2.4. Инсографик для 56° с.ш. на 22 апреля

Размеры теней от стержней разных высот в таблице 2.1 приведены в метрах. При построении инсографика на светопрозрачном носителе (тонкий пластик, калька) размеры теней должны быть переведены в масштаб подосновы (1:500; 1:1000; 1:2000) по известным методикам.

2.2.3. Картограмма затеняющих объектов

При анализе инсоляции детских, спортивных, школьных и других площадок, находящихся вблизи отдельно стоящих или группы зданий, эффективно используются так называемые картограммы затеняющих объектов.

Картограммы затеняющих объектов представляют собой проекцию небесной полусферы, у которой выделен участок на круг горизонта,

закрытый затеняющим объектом от наблюдателя, находящегося в центре круга горизонта, в точке О.

Границы участка небосвода, закрытого от наблюдателя, определяются вертикальными и горизонтальными углами затенения, определение которых поясняется рисунком 2.5.

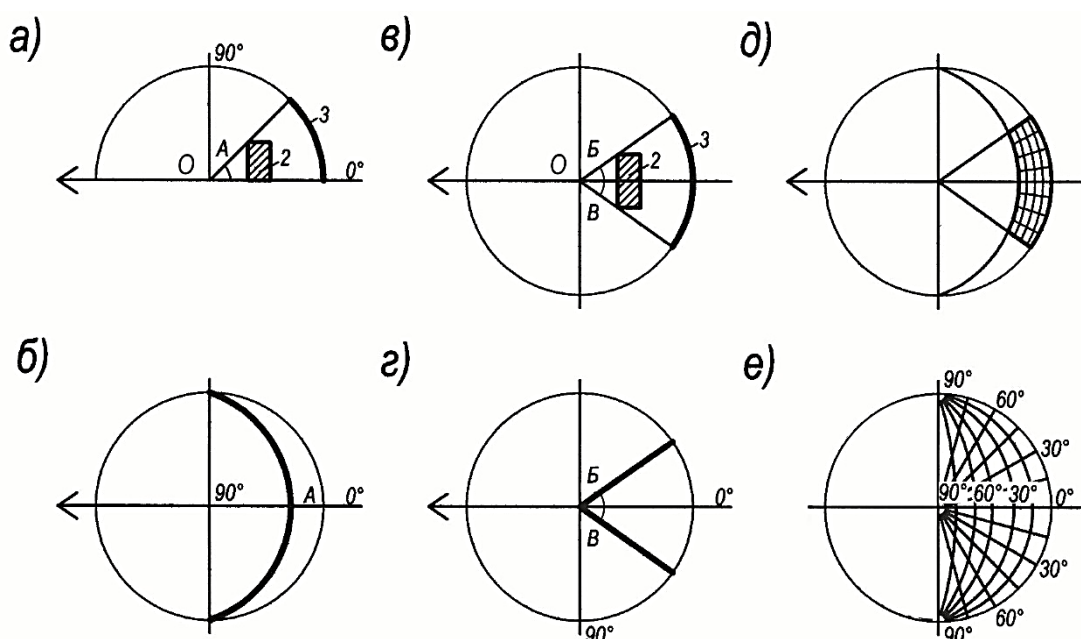


Рис. 2.5. Построение картограммы затеняющих объектов:

- а) формирование вертикального угла затенения (А) и его изображение на картограмме (б);
- в) формирование горизонтальных углов затенения (Б и В) и их изображение на картограмме (г); д) невидимый наблюдателю участок небосвода (заштрихован) на картограмме; е) контурная сетка картограммы

Картограмма затеняющих объектов показывает, что за время прохождения солнца по выделенному участку небосвода, который невидим наблюдателю, находящемуся в точке О, солнечные лучи не попадут в данную точку территории в эти часы, то есть инсоляция отсутствует.

2.2.4. Картограмма светопроемов

В противоположность картограмме затеняющих объектов в картограмме светопроемов выделяется та часть небосвода, которую видит наблюдатель из помещения через световой проем. Выделение участка условного небосвода основано на тех же принципах, через построение вертикальных и горизонтальных инсоляционных углов.

Величина указанных углов зависит от конструкции и геометрических параметров здания, толщины наружных стен, размеров светопроемов, местоположения оконной коробки в светопроеме, наличия балконов, лоджий и других фасадных элементов.

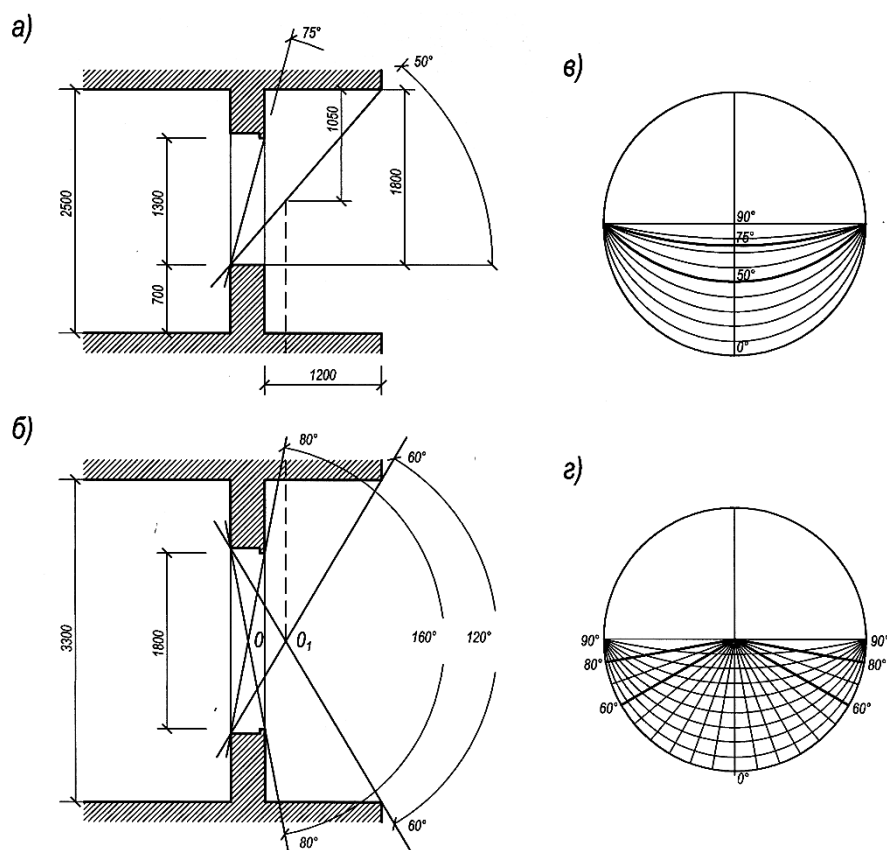


Рис. 2.6. Построение вертикальных (а) и горизонтальных (б) инсоляционных углов и их расположение на картограмме (в и г)

На рисунке 2.6 приведен пример определения вертикальных и горизонтальных инсоляционных углов на разрезе и плане светопроема (а и б), а также их расположение на картограмме светопроема (в и г). Показаны размеры инсоляционных углов без лоджии (75° и $\pm 80^\circ$) и с лоджией (60° и $\pm 60^\circ$).

Объединив вертикальные и горизонтальные инсоляционные углы (рис. 2.6 в и г) на одном чертеже, получим картограмму светопроема для окна без лоджии и окна с лоджией (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Картограмма светопроема окна (1) и окна с лоджией (2)

Незаштрихованная часть картограммы является той частью небосвода, которую видит наблюдатель из помещения. Следует отметить, что картограмма светопроема – это его конструктивная характеристика, его потенциальная возможность обеспечения помещения инсоляционным ресурсом, когда светопроем получит соответствующую ориентацию по сторонам горизонта, а солнечные лучи попадут в светопроем.

2.3. Инсоляция территорий застройки

Детские спортивные, оздоровительные и другие аналогичные площадки по требованиям СанПиН [47] должны быть обеспечены прямым солнечным светом нормативной продолжительности.

Для проектирования, обеспечения и оценки нормативной продолжительности инсоляции указанных площадок выполняется анализ проектных предложений по затенению территории застройки путем построения теней от зданий в каждый час светового дня и, при необходимости, внесения изменений в проектные решения.

Анализ проектных предложений включает в себя:

- построение конверта теней от здания (зданий);

- определение продолжительности облучения точки на территории, находящейся вблизи здания (группы зданий);
- определение свободной территории вокруг существующего здания с целью сохранения в нем нормативной продолжительности инсоляции, при размещении в застройке нового объекта строительства (определение так называемой гарантийно-инсоляционной зоны).

2.3.1. Определение продолжительности инсоляции точки на территории застройки с использованием инсографика

Под словами «точка на территории» будем понимать множество расчетных точек, расположенных на площадках различного назначения, анализ продолжительности инсоляции которых позволит установить процент территории площадки, инсолируемый в течение светового дня. Изменяя конфигурацию застройки, расстояние между объектами или высоту зданий, можно регулировать площадь инсоляции и обеспечивать нормативную инсоляцию исследуемой площадки: не менее половины площади, не менее 2,5 часов в день.

2.3.1.1. Построение и анализ конверта теней от здания

Конверт теней от здания (зданий) выполняется с использованием инсографика. Для этого инсографик разворачивают точкой О к югу, а ось инсографика ориентируют по направлению «север-юг». Точку О инсографика совмещают с северным углом здания, и вдоль направления солнечных лучей в каждый час суток строят тени от здания.

При построении конверта теней вершины теней от здания высотой Н, м, заканчиваются на дуге вершин теней той же высоты (рис. 2.8). При этом границы теней от здания направлены либо параллельно солнечным лучам, либо параллельно граням здания.

Анализ конверта теней позволяет оценить общую картину затенения – облучения придомовой территории – и установить зоны с требуемой облученностью в течение дня для размещения детских, спортивных или других аналогичных площадок.

***Пример 2.3.** На территории застройки вблизи здания (рис. 2.8) установлено пять расчетных точек (РТ1 – РТ5). Требуется оценить продолжительность затенения или облучения каждой расчетной точки на территории.*

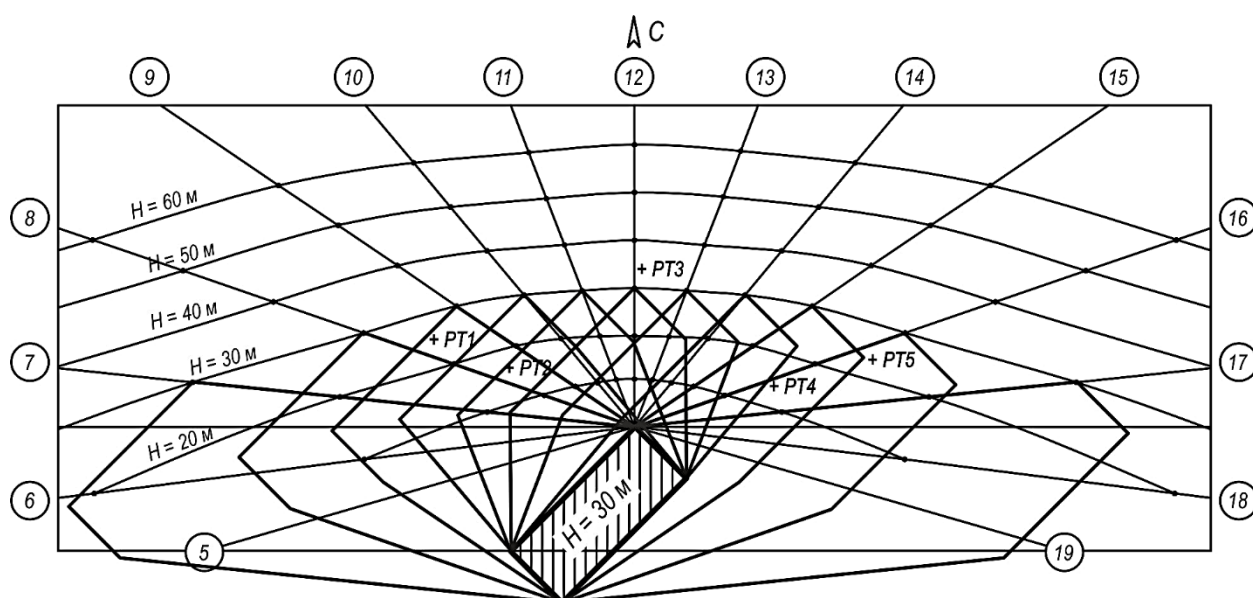


Рис. 2.8. Построение конверта теней от здания высотой $H = 30$ м.

Так, РТ 1 затенена только в 9 часов, в остальные часы суток она освещена солнцем. РТ 2 – затенена три часа, она находится в зоне теней в 9, 10 и 11 часов. РТ 3 – освещена весь день, поскольку находится за границей вершин теней от здания. РТ 4 находится в зоне теней два часа – 15 и 16 часов, а РТ 5 затенена только в 16 часов, в остальное время светового дня эти расчетные точки освещены солнцем.

2.3.1.2. Инсоляция расчетной точки, расположенной вблизи одиночного здания

Определение выполняется с использованием инсографика, центральная точка O которого обращена на север и совмещена с расчетной точкой, а ось инсографика ориентирована по направлению «север-юг» (рис. 2.9). На этом рисунке здание высотой 30 метров расположено к юго-востоку от расчетной точки и на инсографике пересекает дугу вершин теней для зданий $H = 30$ м. В связи с этим часть здания, которая оказалась между дугой вершин теней с $H = 30$ м и точкой O , будет затенять эту точку. Часовые лучи в 8^{00} и в 10^{00} выделяют интервал времени затенения точки O и представляют собой горизонтальные углы затенения. Таким образом, точка O , а, следовательно, и расчетная точка на территории, инсолируются в течение 10 часов (с 6^{00} до 8^{00} и с 10^{00} до 18^{00}). При этом в расчете не учтены первый час после восхода и последний час перед заходом солнца, как это предписано требованиями СанПиН. На рисунке 2.9 эти часы также заштрихованы.

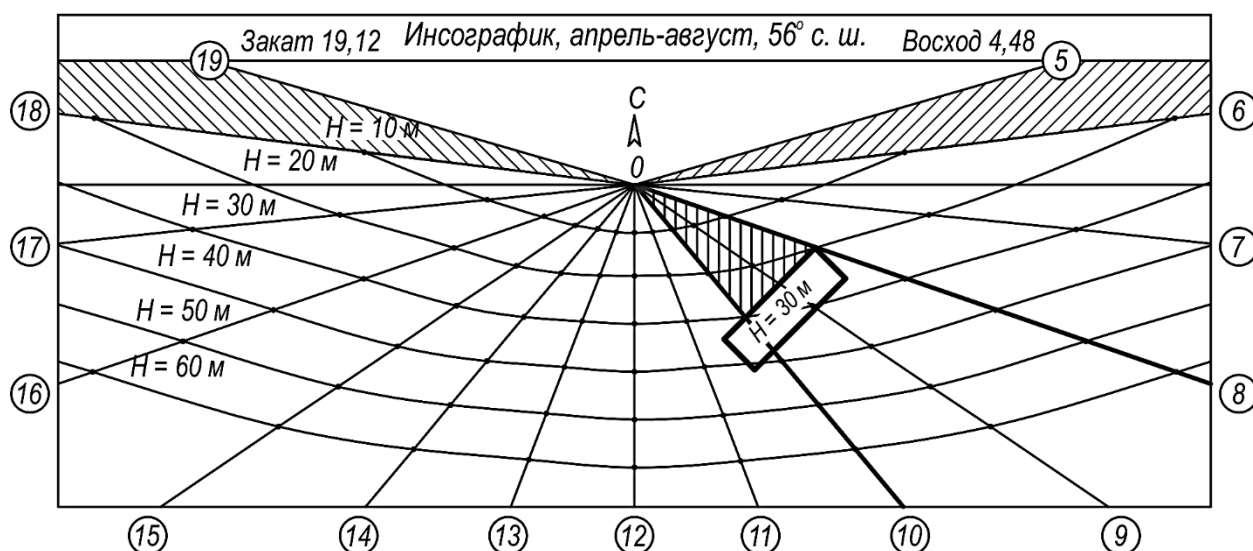


Рис. 2.9. Определение продолжительности инсоляции точки на территории вблизи отдельно стоящего здания

2.3.1.3. Инсоляция расчетной точки, расположенной внутри группы зданий

Детские, спортивные и другие аналогичные площадки располагаются, как правило, внутри микрорайона или группы зданий. Способ оценки «затенения-облучения» расчетной точки, расположенной внутри застройки, методически аналогичен предыдущему примеру для отдельно стоящего здания, в связи с этим дальнейшие пояснения проведем на конкретном примере.

Пример 2.4. Определить продолжительность инсоляции расчетной точки, установленной в центре детской площадки фрагмента застройки микрорайона, схема которого представлена на рис. 2.10.

Точку О инсографика ориентируют на север и совмещают с расчетной точкой (РТ) детской площадки фрагмента микрорайона. Ось инсографика ориентируют по направлению «север-юг». Весьма важно (!): фрагмент микрорайона и инсографик должны быть выполнены в одном масштабе (рис. 2.11).

На инсографике выделяют часовые лучи, которые проходят через точки пересечения зданий с дугами вершин теней от зданий тех же высот. Если здания определенной высоты (или их части) расположены между точкой О инсографика и дугами вершин теней этих же зданий (в данном примере это $H = 30$ м и $H = 40$ м), то они будут затенять точку О. Указанные часовые лучи являются горизонтальными углами затенения или инсоляции и показывают время начала или окончания затенения или облучения точки О.

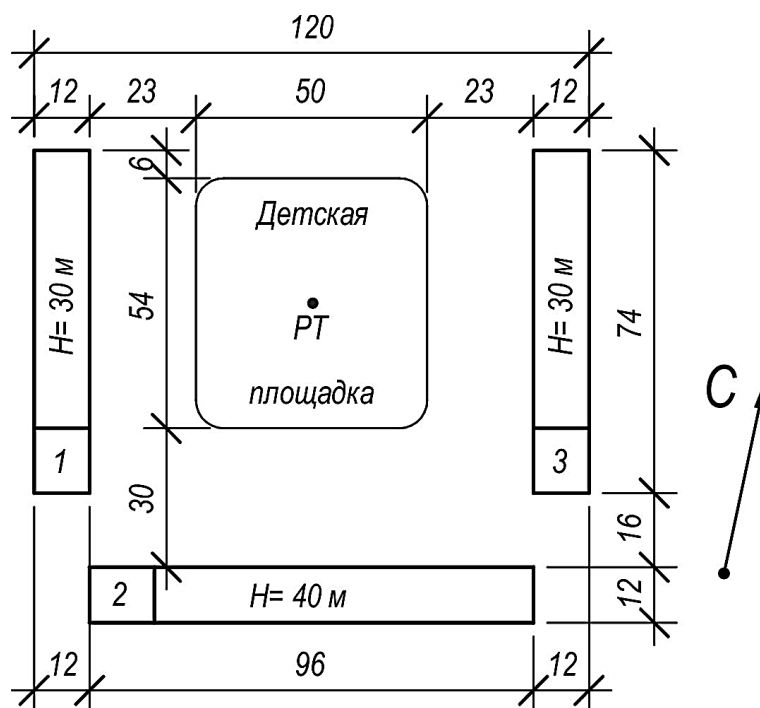


Рис. 2.10. Фрагмент застройки микрорайона с детской площадкой.
1, 2 и 3 – жилые дома высотой 30 и 40 метров

Анализ «затенения-облучения» точки O удобнее проводить параллельно с суточным движением солнца от восхода до заката. Так, после восхода солнца в 4^{48} и до 7^{53} точка O будет затенена, потому что жилой дом 3 расположен между точкой O и дугой вершин теней для $H = 30$ м. Между 7^{53} и 8^{35} появляется небольшой «просвет» и 42-минутное облучение точки O . В интервал времени с 8^{35} до 10^{05} точка O вновь затеняется частью жилого дома 2, которая оказалась между точкой O и дугой вершин теней от $H = 40$ м. Далее, с 10^{05} до 14^{30} , наступает длительный период инсоляции точки O , и с 14^{30} до заката солнца в 19^{12} точка O вновь затенена.

Таким образом, в рассматриваемом примере точка O инсографика, а, следовательно, и расчетная точка детской площадки будут облучаться 5 часов 7 минут в два периода: с 7^{53} до 8^{35} – 42 минуты, и с 10^{05} до 14^{30} – 4 часа 25 минут.

Все описанное выше относится к одной точке детской площадки, однако если инсографик выполнить на светопрозрачном носителе, то оценить продолжительность инсоляции множества точек будет несложно. Несложно будет и оценить соответствие полученных результатов требованиям СанПиН (по продолжительности облучения и процента площади облучения) и, при необходимости, внести коррективы в застройку.

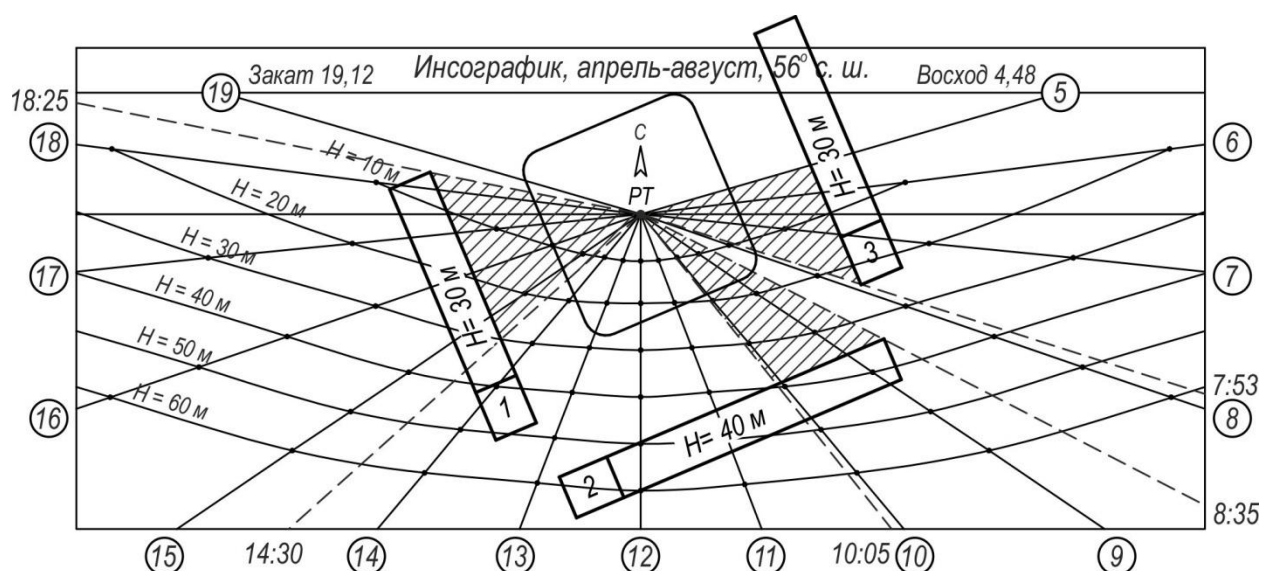


Рис. 2.11. Определение продолжительности инсоляции точки на детской площадке, расположенной внутри группы зданий

2.3.1.4. Определение гарантийно-инсоляционных зон

При включении нового объекта в существующую застройку возникает задача сохранения нормативной продолжительности инсоляции в помещениях существующих зданий. С этой целью новый объект должен быть размещен на определенном расстоянии от существующего, чтобы не оказаться объектом затенения. Удаление нового объекта определяется его высотой и расположением по сторонам света. Таким образом, для сохранения нормативной продолжительности инсоляции существующего здания требуется обеспечить не просто удаление нового объекта, а обеспечить свободную зону на территории застройки со стороны солнечных лучей. Эта территория и получила название «гарантийно-инсталяционная зона» (ГИЗ).

Для построения гарантийно-инсоляционных зон используются планировочное решение существующей застройки и инсографик, выполненные в одном масштабе. Схема построения ГИЗ представлена на рисунке 2.12.

Последовательность построения ГИЗ:

1. Определяют горизонтальный инсоляционный угол α по горизонтальному разрезу светопроема существующего здания, как показано на рисунке 2.12а.

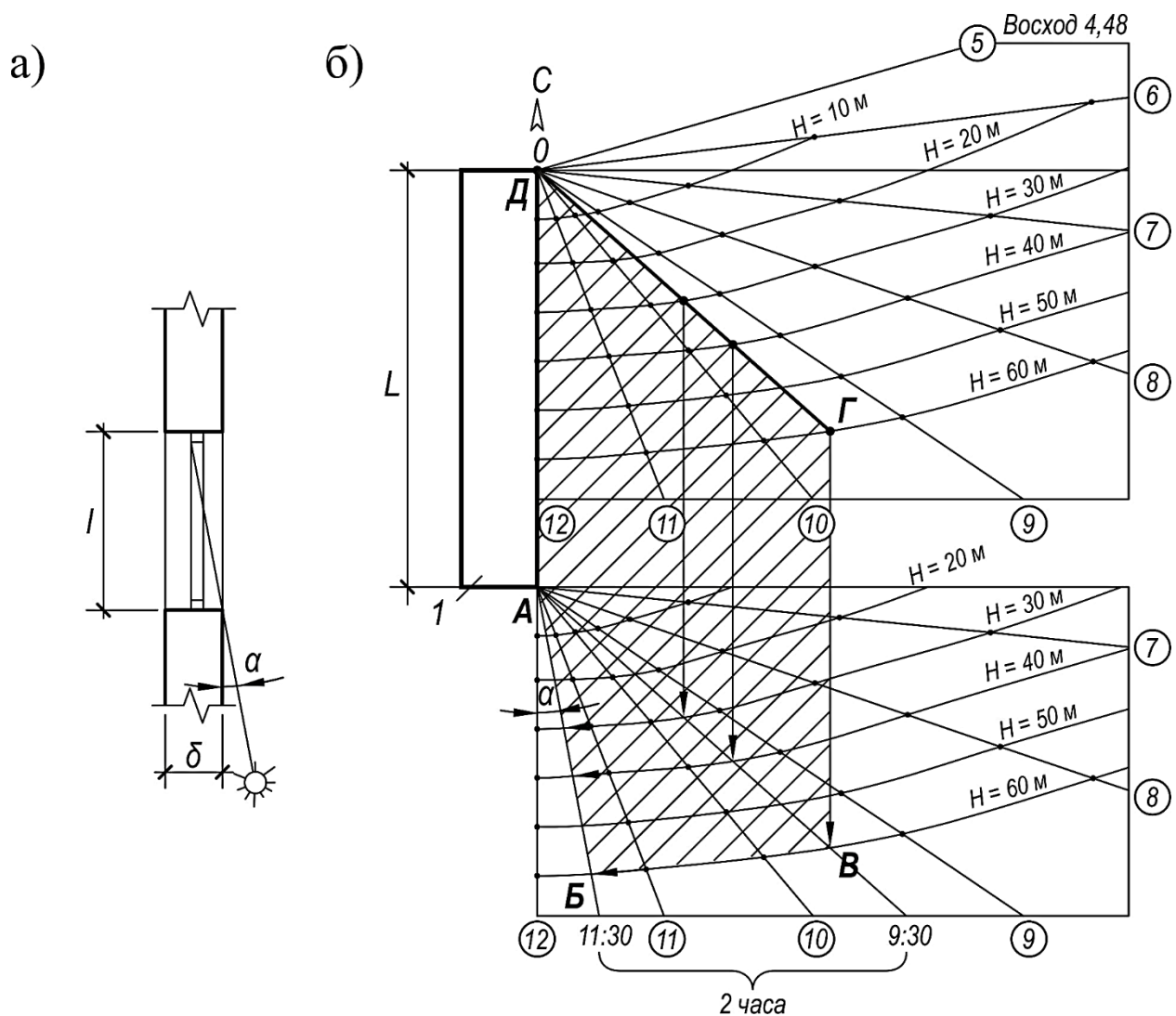


Рис. 2.12. Построение гарантийно-инсоляционных зон:
а) к определению горизонтального инсоляционного угла α ;
б) построение ГИЗ; 1 – существующее здание; L – протяженность здания

2. Точку О инсографика совмещают с юго-восточным углом существующего здания, с точкой А, ось инсографика располагают по направлению «север-юг», а инсоляционный угол α откладывают от солнечного луча в 12^{00} , и отмечают время окончания инсоляции. По рисунку 2.12б это время условно принято как 11^{30} .

3. Определяют время начала инсоляции путем вычитания нормативной продолжительности инсоляции (примем 2 часа) из времени окончания инсоляции. Получим $11^{30} - 2^{00} = 9^{30}$.

4. Переносят инсографик в северо-восточный угол существующего здания, и совмещают точку О инсографика с точкой Д, ось инсографика располагают по направлению «север-юг». Выделяют направление солнечного луча в 9^{30} (время начала нормируемой продолжительности инсоляции).

5. Фиксируют пересечение солнечного луча в 9^{30} с дугами вершин теней от зданий высотой H .

Для зданий высотой $H = 60$ м на северном инсографике – это точка Г, а на южном инсографике – это точка В. Следует отметить, что расстояние между точками В и Г равно протяженности здания L .

Формирование гарантийно-инсоляционной зоны начинают на северном инсографике по стрелке заданной высоты H планируемого к застройке здания. Для высоты планируемого здания $H = 60$ м; гарантийно-инсоляционная зона ограничена многоугольником АБВГД. Для высот планируемых зданий $H = 30$ и 40 м; площади ГИЗ будут меньше (рис. 2.12б).

2.3.2. Определение продолжительности инсоляции точки на территории застройки с использованием солнечных карт и картограмм объектов затенения

Использование солнечных карт и картограмм объектов затенения рассмотрим на фрагменте территории застройки, представленной на рисунке 2.10, то есть расчетная точка расположена внутри группы зданий. Солнечная карта и картограмма объекта затенения удачно совмещаются между собой, поскольку построены на угловых единицах. Солнечная карта описывает траекторию движения солнца в течение дня по небосводу через углы азимутов и высот стояния. Картограмма объекта затенения через углы затенения определяет ту часть небосвода, которая не видна наблюдателю из расчетной точки (РТ). Объединение этих инструментов в один чертеж позволит определить отсутствие облучения РТ, когда траектория солнца оказывается в невидимой зоне небосвода или определить продолжительность облучения РТ, когда траектория солнца проходит по открытому небосводу.

Следует обратить внимание на то, что траектория движения солнца на солнечной карте для данной широты местности и нормированной календарной даты является постоянной, а продолжительность инсоляции расчетной точки на территории будет определяться расположением объектов застройки, картограммы затенения которых, расположенные на солнечной карте, будут либо перекрывать траекторию движения солнца, либо оставлять ее открытой. Из этого следует, что изменением параметров застройки и расположением их картограмм затенения на солнечной карте можно регулировать продолжительность инсоляции расчетной точки. В свою очередь, параметры картограмм зависят от расположения и ориентации зданий в застройке, их габаритов и высоты, а также от местоположения расчетной точки на территории.

Таким образом, формируя планировочное решение застройки микрорайона, можно обеспечить нормативную продолжительность

инсоляции заданной площадки на территории (детской, спортивной или другой аналогичной площадки).

Оценка продолжительности инсоляции территории начинается с определения местоположения расчетной точки (РТ), а также горизонтальных и вертикальных углов затенения объектов по отношению к этой РТ.

Горизонтальные углы затенения здания состоят из двух составляющих β и β_0 , которые образуются тремя лучами, исходящими из РТ по нормали к плоскости фасада и к вертикальным ребрам зданий (рис. 2.5 в и г).

Вертикальные углы затенения зданий определяются как правило только в одном сечении застройки – вдоль нормали к фасаду из РТ. Вертикальные углы затенения по остальным сечениям здания устанавливаются автоматически, по эксцентрическим круговым дугам контурной сетки, предназначенной для построения картограмм объектов затенения (рис. 2.5 е).

Величина вертикального угла затенения A в указанном сечении может быть определена двумя способами:

1. Графически, по сечению застройки по нормали к плоскости фасада из РТ, построенной в масштабе и измерении на чертеже угла A .

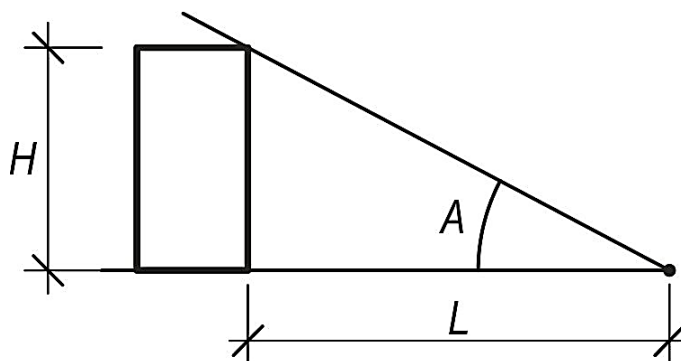


Рис. 2.13. К определению вертикального угла затенения A

2. Расчет с использованием тригонометрических функций через высоту здания H и расстояния от здания до РТ по нормали к плоскости фасада L , так как отношение $H/L = \operatorname{tg} A$.

По найденным горизонтальным и вертикальным углам затенения на контурной сетке строятся картограммы затенения для каждого здания относительно РТ (по аналогии с рисунком 2.5д).

Заключительным этапом оценки продолжительности инсоляции РТ является перенос полученных картограмм затенения зданий застройки на солнечную карту, и по траектории движения солнца, не закрытой затеняющими объектами, подсчитывают общую продолжительность инсоляции РТ, которая в данном случае совмещена с точкой O солнечной карты.

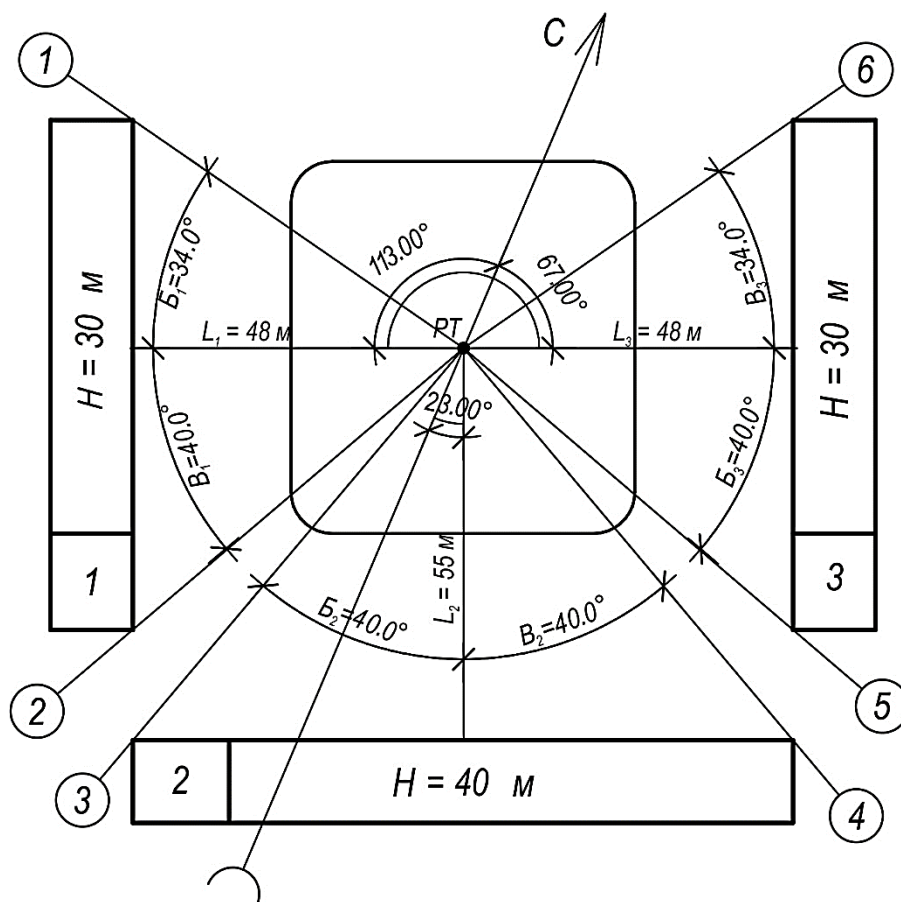


Рис. 2.14. К расчету углов затенения РТ на детской площадке на фрагменте микрорайона

При совмещении картограмм затенения с солнечной картой весьма важно выполнять следующие условия:

1. Диаметры солнечной карты и контурной сетки для построения картограмм затенения должны быть одинаковыми.

2. Азимут осевой линии картограммы объекта, затенения при его размещении на солнечной карте, должны совпадать с азимутом нормали к фасаду здания из РТ в реальном планировочном решении фрагмента микрорайона.

Пример 2.5. Определить продолжительность инсоляции расчетной точки (РТ) на детской площадке микрорайона, фрагмент застройки которого приведен на рисунке 2.10. Расчет выполнить для 22 апреля, для 56° северной широты.

Решение. На фрагменте застройки микрорайона по рисунку 2.10 проводим серию лучей из РТ к каждому зданию: два луча к вертикальным рёбрам зданий и один луч – по нормали к плоскости фасада (рис. 2.14).

Из рисунка 2.14. видно, что у каждого здания сформировались горизонтальные углы затенения B и B' , расположенные между лучами 1–2,

3–4, 5–6 и нормальми к плоскостям фасадов из РТ. Вертикальные углы затенения определим из соотношения высоты здания Н к расстоянию по направлению нормали от здания до РТ, L. Сводка горизонтальных и вертикальных углов затенения приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Горизонтальные и вертикальные углы затенения расчетной точки на фрагменте застройки микрорайона

Наименование углов	Номера зданий		
	1	2	3
Горизонтальные углы затенения, Б + В, град.	34 + 40	40 + 40	40 + 34
Вертикальные углы затенения, А, град			
- высота здания, Н, м	30	40	30
- расстояние от здания до точки РТ по нормали к фасаду, L, м	48	53	48
- $\text{tg } A = H/L$	0,625	0,754	0,625
- углы А, град	32	37	32

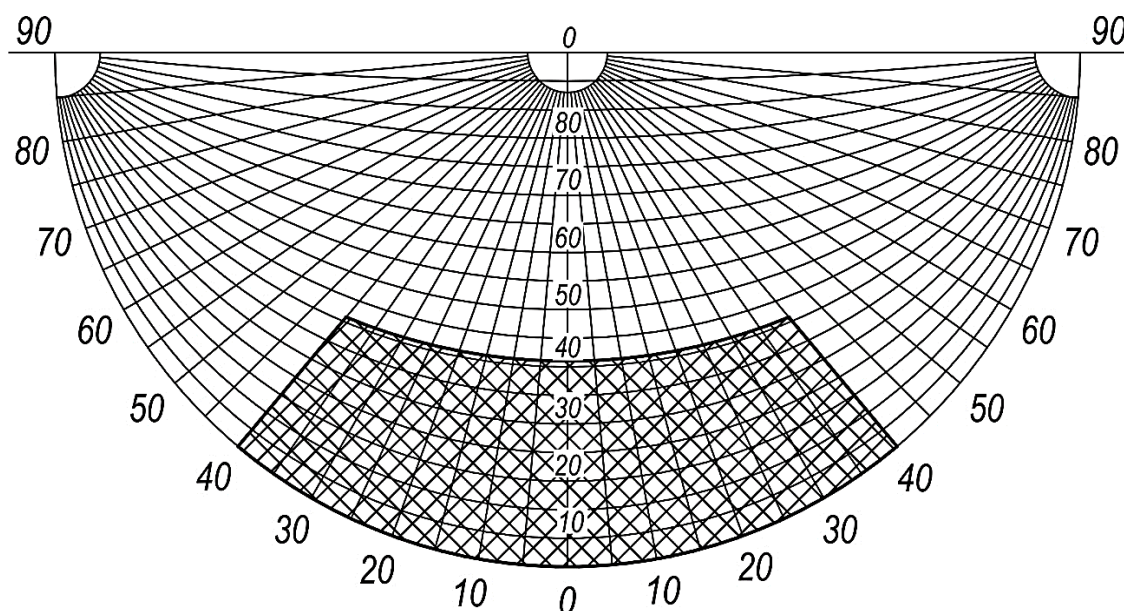


Рис. 2.15. Картограмма затенения для здания № 2

Горизонтальные и вертикальные углы затенения из таблицы 2.2 перенесены на контурные сетки, и построены картограммы затенения для каждого здания. В качестве примера на рисунке 2.15 приведена картограмма затенения для здания № 2.

Картограммы затенения для зданий переносятся на солнечную карту с сохранением азимутов нормали к зданиям из РТ (рис. 2.16).

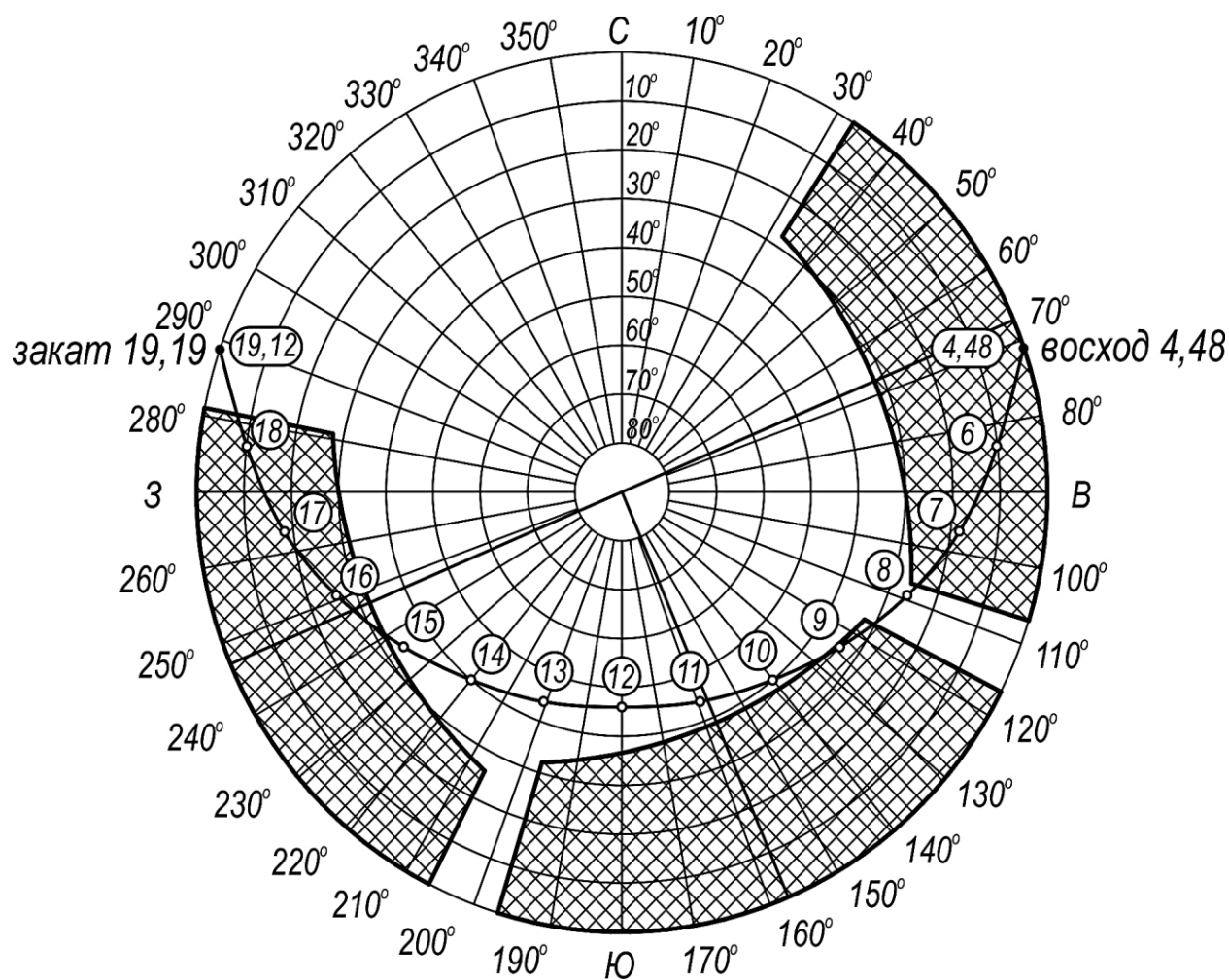


Рис. 2.16. Солнечная карта, совмещенная с картограммами затенения зданий

Из рисунка 2.16. видно, что точка О солнечной карты, а, следовательно, и РТ фрагмента микрорайона, облучается в два периода: 7^{50} до 8^{30} (40 минут) и с 9^{15} до 15^{15} (6 часов). Суммарная продолжительность инсоляции составляет 6 часов 40 минут.

При сопоставлении полученного результата с продолжительностью инсоляции РТ по рисунку 2.11 следует отметить, что характер облучения идентичен, но абсолютные результаты отличаются. Отчасти это расхождение можно отнести на счет неточности графики, однако анализ результатов позволил выявить ряд неопределенностей как в построении солнечных карт, так и неопределенностей в построении контурных сеток для картограмм затенения. Отмеченные неопределенности будут рассмотрены в третьей главе настоящего пособия.

2.4. Инсоляция помещений зданий

Оценку продолжительности инсоляции помещений по рекомендации ГОСТ Р 57795-2017 [38] проводят в два этапа. На первом этапе определяют продолжительность инсоляции без учета возможного затенения светопроема соседними зданиями. На втором этапе определяется продолжительность затенения светопроема. Вычитая вторую продолжительность из первой, получают фактическую продолжительность инсоляции помещения.

Для оценки продолжительности инсоляции используются как инсографики, так и солнечные карты (совместно с картограммами затеняющих объектов и светопроемов). Прежде всего, требуется определить расположение расчетных точек (РТ) в световых проемах. Метод определения расположения РТ описан как в СанПиН [47], так и в ГОСТ [38], однако в этих документах отмечено расхождение в определении местоположения РТ для окна с балконом. В данной работе принят метод ГОСТ. Нормативные документы [38, 47] полагают, что при заданной продолжительности облучения расчетной точки инсолируется все помещение. Это допущение весьма условно, что подтверждает местоположение РТ для окна с лоджией, которая расположена даже не в створе оконной конструкции, а вне помещения, на лоджии (рис. 2.17).

2.4.1. Определение продолжительности инсоляции помещений по инсографику

Для оценки продолжительности инсоляции помещения требуется план застройки микрорайона, выполненный в масштабе 1:500; 1:1000; 1:2000, и инсографик для заданной географической широты местности на нормированную календарную дату, выполненный в том же масштабе.

На плане помещения и светопроема, выполненных в масштабе 1:20 или 1:50, определяют горизонтальные инсоляционные углы с учетом конструкции окна, вертикальных ограждений балконов, лоджий и вертикальных выступов на фасаде. На разрезе помещения и светопроема с учетом балконных плит, козырьков и выступов вышележащих этажей определяют вертикальные инсоляционные углы. На основании инсоляционных углов определяется местоположение расчетных точек (РТ) светопроемов (рис. 2.17).

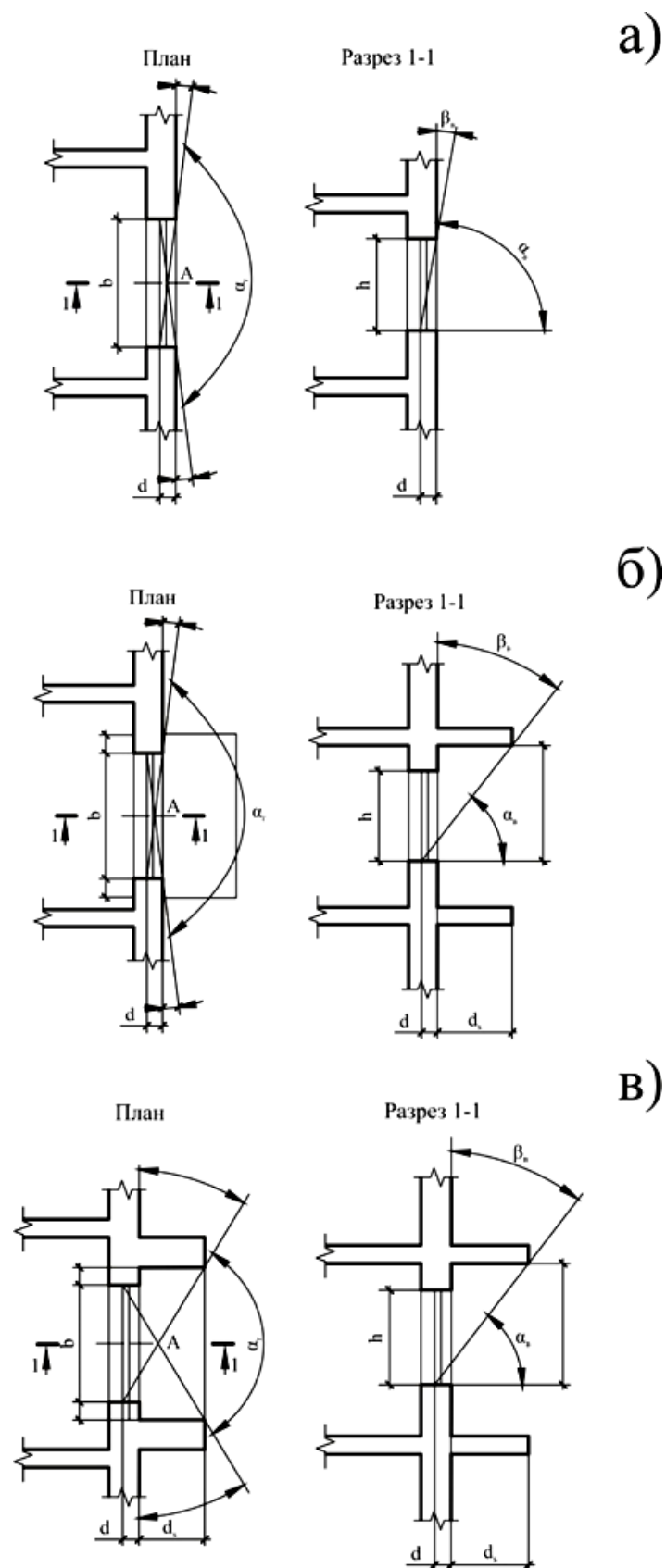


Рис. 2.17. Схема определения горизонтальных (по плану) и вертикальных (по разрезу) инсоляционных углов и местоположения расчетных точек (А) в оконном проеме (а), оконном проеме с балконом (б) и оконном проеме с лоджией (в)

На генплане застройки у исследуемого здания определяют местоположение расчетной точки, для которой наносят горизонтальные инсоляционные углы. Точку О инсографика ориентируют на север и совмещают с РТ светопроема, а ось инсографика ориентируют по направлению «север-юг». По часам облучения точки О с учетом горизонтальных инсоляционных углов определяют продолжительность инсоляции РТ. Это определение проводят как с учетом затеняющей застройки, так и без нее.

Подобные задачи целесообразнее рассматривать на числовых и графических примерах.

Пример 2.6. Определить продолжительность инсоляции помещения в здании № 1, расположенном вблизи здания № 2. Расположение зданий приведено на рисунке 2.18. Расчеты выполнить для 56° с. ш. на календарную дату – 22 апреля.

Для расчетов конструкцию окна примем по рисунку 2.6. Для этой конструкции горизонтальные инсоляционные углы составляют:

- для окна $\pm 80^\circ$ от нормали к стене, которая проведена через расчетную точку;
- для окна с лоджией $\pm 60^\circ$ от нормали к стене, которая проведена через расчетную точку.

Вертикальные инсоляционные углы составляют: для окна – 75° ; для окна с лоджией – 50° .

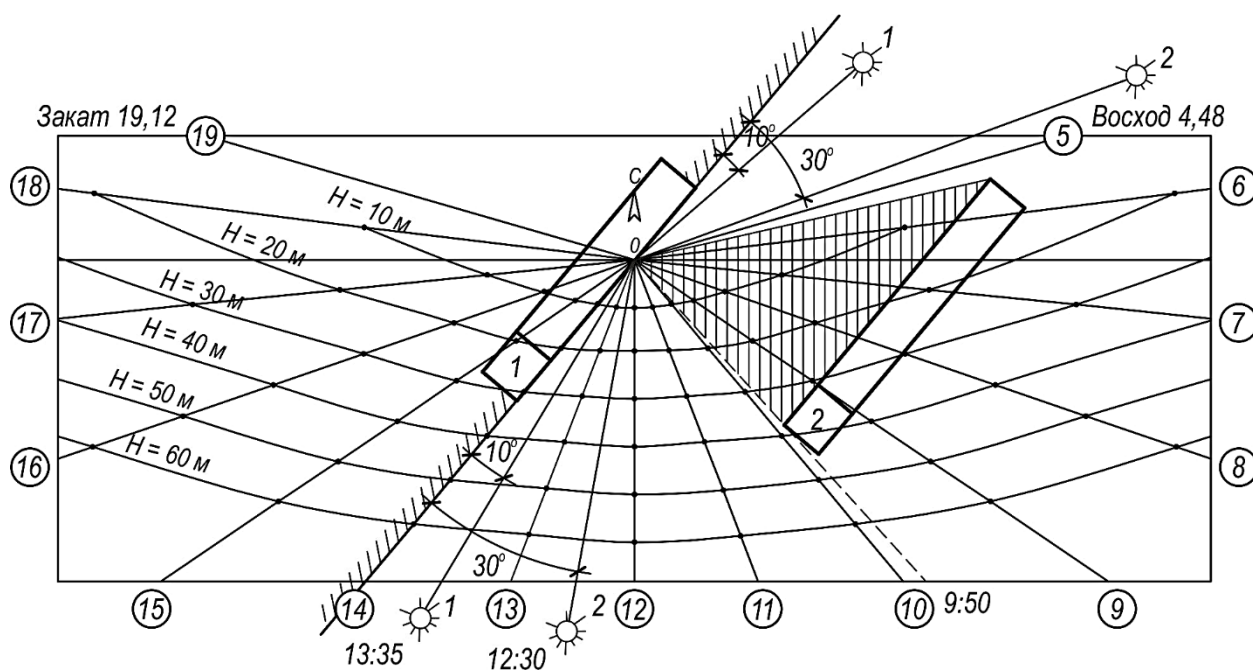


Рис. 2.18. Схема к определению продолжительности инсоляции помещения в здании № 1, расположенного вблизи здания № 2
Горизонтальные инсоляционные углы для окна 1-1 и для окна с лоджией 2-2

После совмещения инсографика с фрагментом застройки и нанесения на чертеже горизонтальных инсоляционных углов (1-1 и 2-2) и углов затенения от вертикальных ребер здания № 2 к расчетной точке можно оценить продолжительность инсоляции точки О (то есть РТ)

Без учета затенения РТ зданием № 2:

- для окна с 5^{48} до 13^{35} , то есть 7 часов 47 мин;
- для окна с лоджией с 5^{48} до 12^{30} , то есть 6 часов 42 мин.

С учетом затенения РТ зданием № 2:

- для окна с 9^{50} до 13^{35} , то есть 3 часа 45 мин;
- для окна с лоджией с 9^{50} до 12^{30} , то есть 2 часа 40 мин.

Таким образом, продолжительность инсоляции помещения в здании № 1 при всех вариантах соответствует требованиям СанПиН – не менее 2 часов.

Пример 2.7. Определить продолжительность инсоляции РТ 1, расположенной в северном конце здания № 1 фрагмента застройки микрорайона по рисунку 2.10 (56° с.ш. на 22 апреля).

Схема застройки фрагмента микрорайона, совмещенная с инсографиком, представлена на рисунке 2.19. Конструкция окна и окна с лоджией, следовательно, и инсоляционные углы, приняты по рисунку 2.6, как и в предыдущем примере.

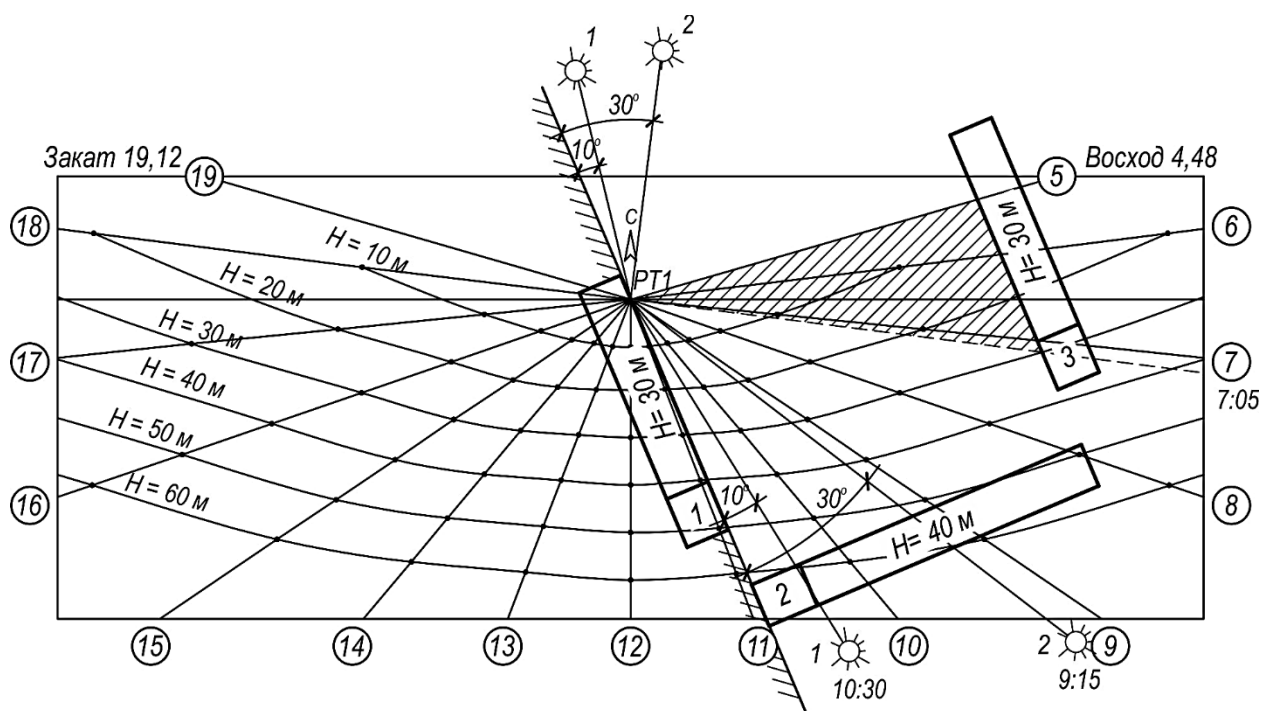


Рис. 2.19. Схема к определению продолжительности инсоляции РТ 1. Горизонтальные инсоляционные углы для окна 1-1 и для окна с лоджией 2-2

После нанесения горизонтальных инсоляционных углов и углов затенения от здания № 3 можно оценить продолжительность инсоляции РТ 1. С восхода солнца в 4⁴⁸ РТ 1 будет затенена зданием № 3 до 7⁰⁵, так как с этого времени луч солнца поднимается выше здания № 3 и начинается облучение РТ 1 (на рисунке 2.19 это точка пересечения здания № 3 высотой $H = 30$ м с дугой вершин теней от $H = 30$ м).

Таким образом, облучение РТ 1 для окна продолжается с 7⁰⁵ до 10³⁰, то есть 3 часа 25 мин., а для окна с лоджией – 7⁰⁵ до 9¹⁵, то есть 2 часа 10 мин. Оба результата соответствуют требованиям СанПиН – не менее 2 часов.

Пример 2.8. Для условий предыдущего примера определить продолжительность инсоляции помещения, расположенного в южном конце здания № 1, то есть в расчетной точке РТ 2. Расчетная схема к определению продолжительности инсоляции РТ 2 представлена на рисунке 2.20.

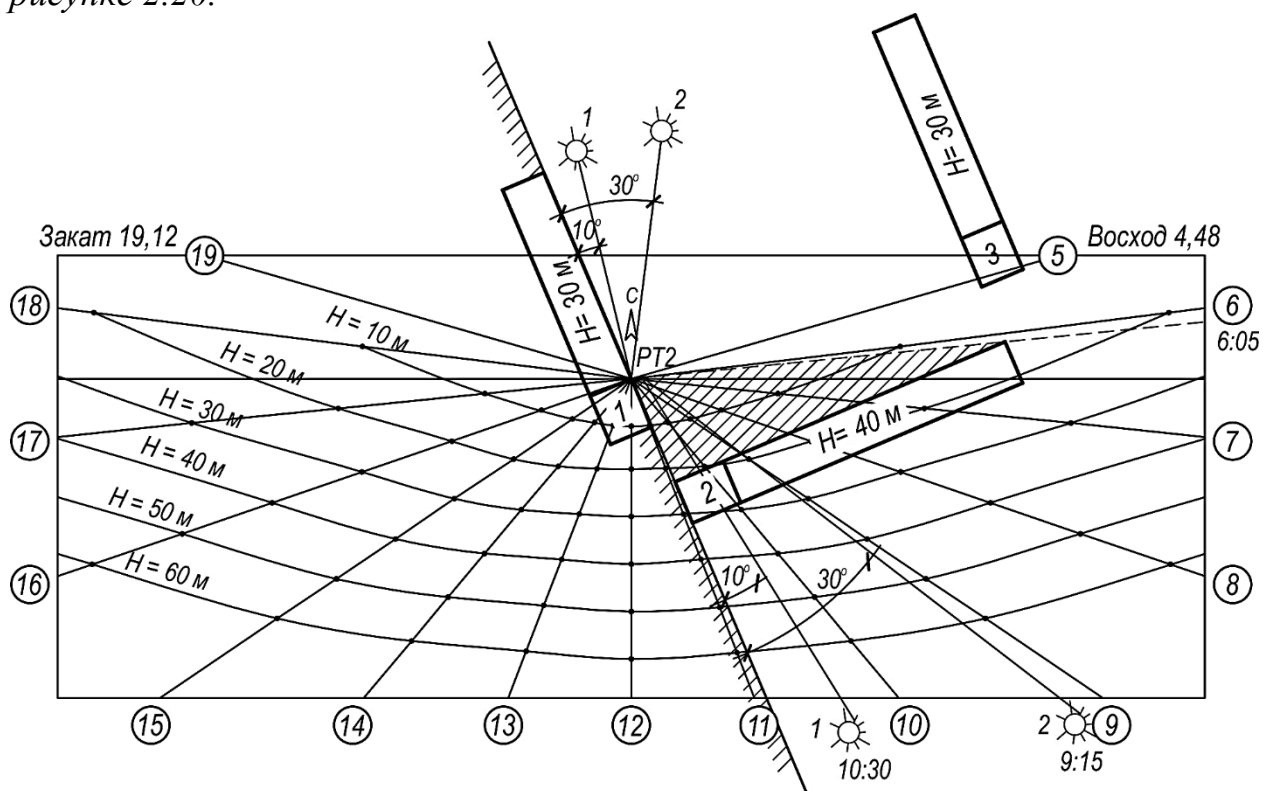


Рис. 2.20. Схема к определению продолжительности инсоляции РТ2.

Горизонтальные инсоляционные углы для окна 1-1 и для окна с лоджией 2-2

Анализ рисунка 2.20 позволяет установить, что расчетное время учета инсоляции начинается через один час после восхода солнца, то есть в 5⁴⁸, но с 6⁰⁵ РТ 2 начинает затеняться зданием № 2, и весь световой день в РТ 2 не попадают солнечные лучи.

Таким образом, продолжительность инсоляции РТ 2 составляет для всех вариантов, с 5⁰⁸ до 6⁰⁵ – 57 минут, что не соответствует требованиям СанПиН.

2.4.2. Определение продолжительности инсоляции помещений по солнечной карте

Принцип определения продолжительности инсоляции помещений с использованием солнечной карты заключается в ее совмещении с картограммой светопроема и подсчете времени пребывания солнечного диска внутри картограммы светопроема, так как именно этот участок небосвода виден наблюдателю из РТ светопроема, или совмещения солнечной карты с картограммой объекта затенения и подсчете времени пребывания солнечного диска за пределами участка небосвода, закрытого объектом затенения (соседним зданием). В реальных задачах и картограммы светопроемов, и картограммы объектов затенения, могут рассматриваться одновременно.

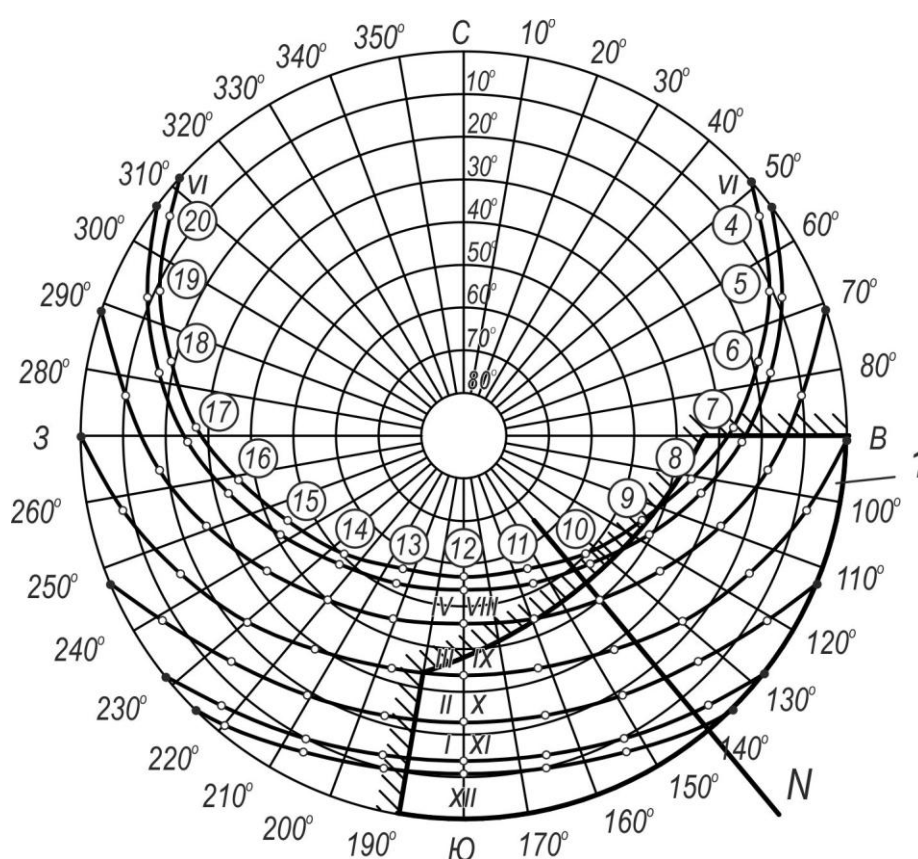


Рис. 2.21. Солнечная карта с траекториями движения солнца по небосводу в каждый месяц года, совмещенная с картограммой условного светопроема (1),
N – нормаль к плоскости окна

Так, на рисунке 2.21 приведена солнечная карта для двенадцати месяцев года (по рисунку 1.9), совмещенная с картограммой условного светопроема, и можно определить продолжительность инсоляции помещения как при нормативной календарной дате, так и в любой месяц года. Продолжительность инсоляции помещений в значительной степени зависит от ориентации светопроема по сторонам горизонта (рис. 2.22).

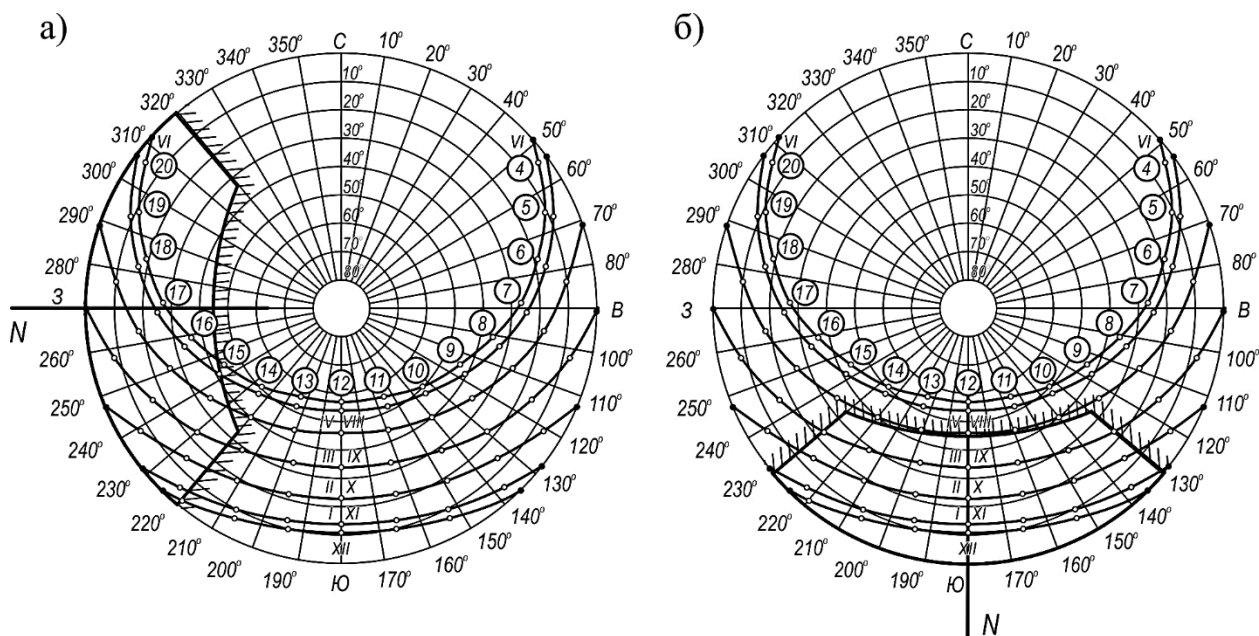


Рис. 2.22. Солнечные карты, совмещенные с картограммами условного светопроема, ориентированными на запад ($A_0 = 270^\circ$) и юг ($A_0 = 180^\circ$)

Вышеизложенный метод определения продолжительности инсоляции помещений с использованием солнечной карты и картограммы светопроема составляет, по определению ГОСТ [38], первый этап оценки, который не учитывает затенение светопроема окружающей застройкой.

Для определения реальной продолжительности инсоляции помещений требуется учесть возможный режим затенения светопроема соседними зданиями, для чего требуется совместить с солнечной картой не только картограмму светопроема, но также картограммы затенения соседних зданий.

Эти задачи целесообразнее рассматривать на числовых и графических примерах.

Пример 2.9. Определить продолжительность инсоляции двух помещений в здании № 1 по фрагменту застройки микрорайона на рисунке 2.10. Рассматривается помещение в северном конце здания (РТ 1) и в южном (РТ 2). Конструкция окна и окна с лоджией, а, следовательно, и инсоляционные углы, приняты по рисунку 2.6.

Схемы к построению углов и картограмм затенения соседних зданий представлены на рисунке 2.23 для РТ 1 и рисунке 2.24 для РТ 2.

Картограмма затенения зданием № 3 строится по классической методике, через горизонтальные углы затенения Б и В, а также через вертикальный угол затенения А, который определяется в точке пересечения нормали к зданию № 3 из РТ 1 по известной формуле, через тригонометрические функции по отношению высоты здания (Н) к расстоянию по нормали от здания до расчетной точки (L): $H/L = \tan A$.

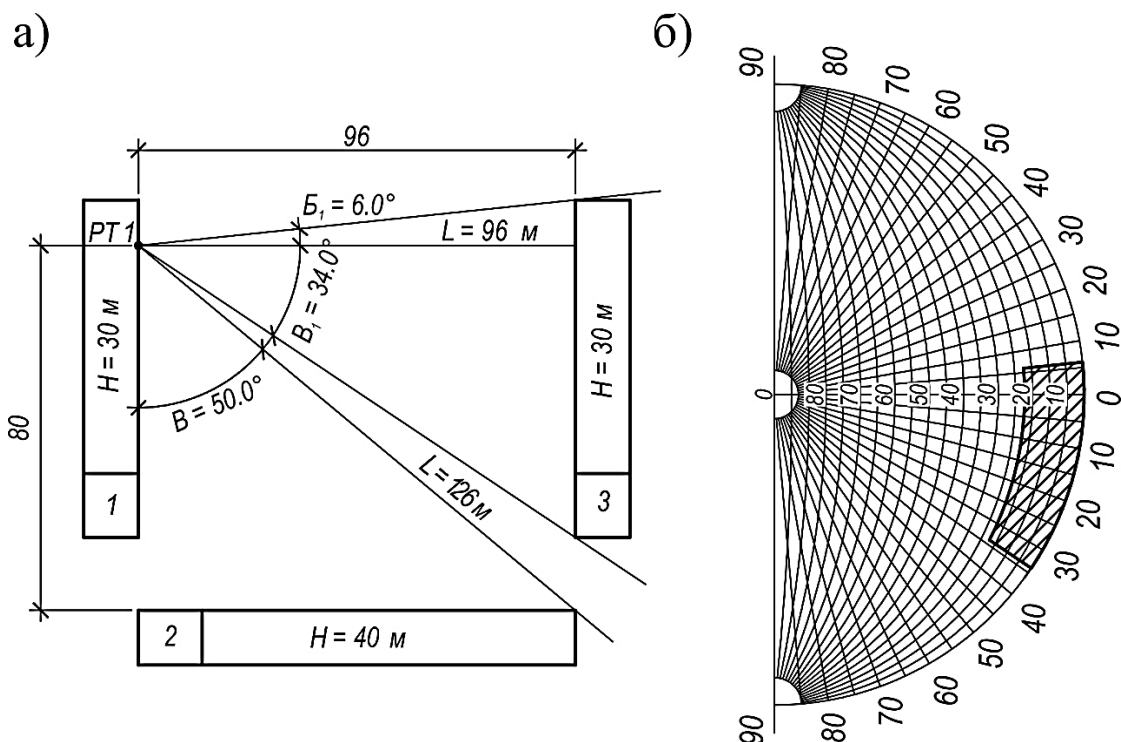


Рис. 2.23. Построение углов и картограмм затенения расчетной точки РТ 1:
а) определение углов затенения; б) картограмма затенения РТ 1 зданием № 3

Параметры для определения вертикального угла затенения (А) расчетных точек РТ 1 и РТ 2 одинаковые ($H = 30$ м, $L = 96$ м), поэтому угол А также будет одинаковым.

$$H/L = \operatorname{tg} A = 30/96 = 0,3125, \text{ отсюда } A = 17,3^\circ.$$

На основании горизонтальных углов затенения (Б и В), определенных на генплане застройки, и рассчитанного вертикального угла затенения (А) построены картограммы затенения для РТ 1 и РТ 2 (рис. 2.23а и 2.24а).

Для здания № 2, расположенного под углом 90° к исследуемому зданию № 1, классический метод построения картограмм объектов затенения неприменим. Для такого расположения зданий картограммы их затенения определяются без использования контурных сеток, приведенных на рисунках 2.23 и 2.24а прямым переносом горизонтальных (Б и В) и вертикальных (А) углов затенения на солнечную карту.

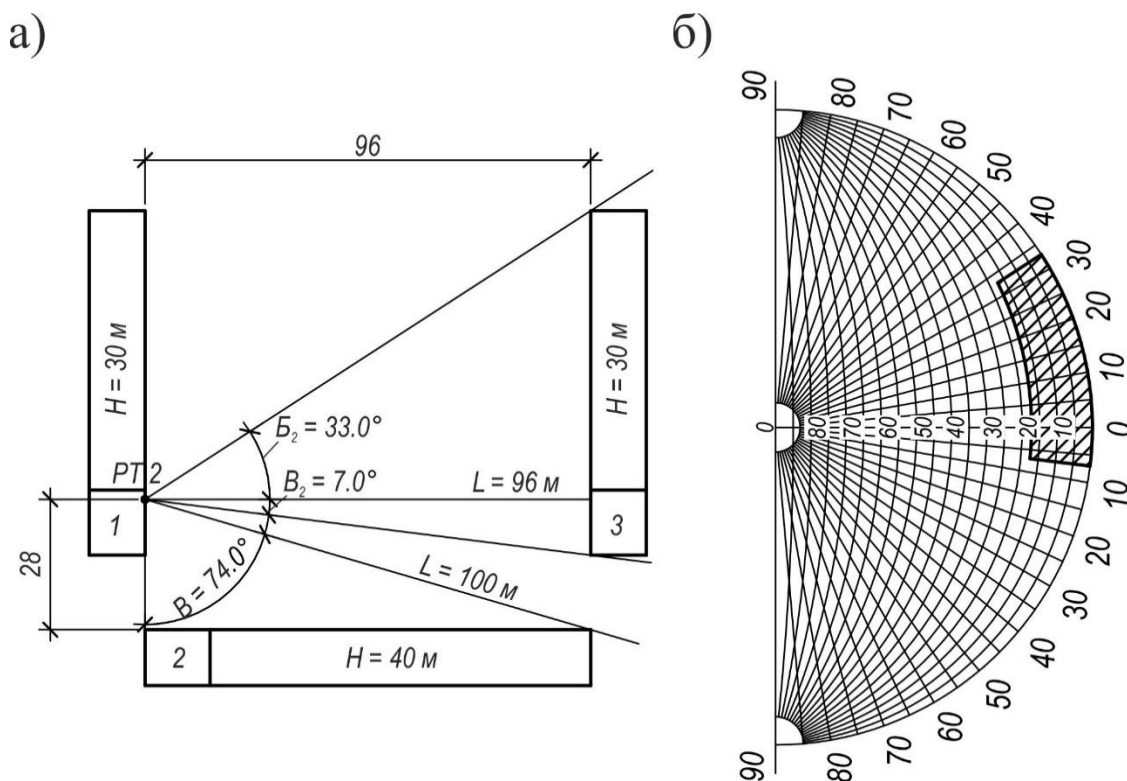


Рис. 2.24. Построение углов и картограмм затенения расчетной точки РТ 2:
а) определение углов затенения; б) картограмма затенения РТ 2 зданием № 3

Горизонтальные (B) и вертикальные (A) углы затенения, а также расстояния от расчетных точек (РТ1 и РТ2) до углов здания № 2 определяются графически и расчетом по параметрам застройки.

Для РТ 1 по рисунку 2.23: $B = 50^\circ$, $L = 126$ м и 80 м, $A = 17,7^\circ$ и 27° ($\text{tg } A = 40/126 = 0,3175$ и $\text{tg } A = 40/80 = 0,5$).

Для РТ 2 по рисунку 2.24: $B = 75^\circ$, $L = 100$ м и 28 м, $A = 22^\circ$ и 55° ($\text{tg } A = 40/100 = 0,4$ и $\text{tg } A = 40/28 = 1,4286$).

Таким образом, получены все необходимые параметры для оценки продолжительности инсоляции помещений с использованием солнечной карты: два варианта картограммы светопроема (для окна и окна с лоджией по рисунку 2.7); картограммы затенения расчетных точек зданием № 3 (рисунки 2.23б и 2.24б); углы затенения зданием № 2.

Перенос указанных параметров на солнечные карты (56° с.ш. на 22 апреля) позволяет перейти к оценке продолжительности инсоляции помещений (рис. 2.25 и 2.26).

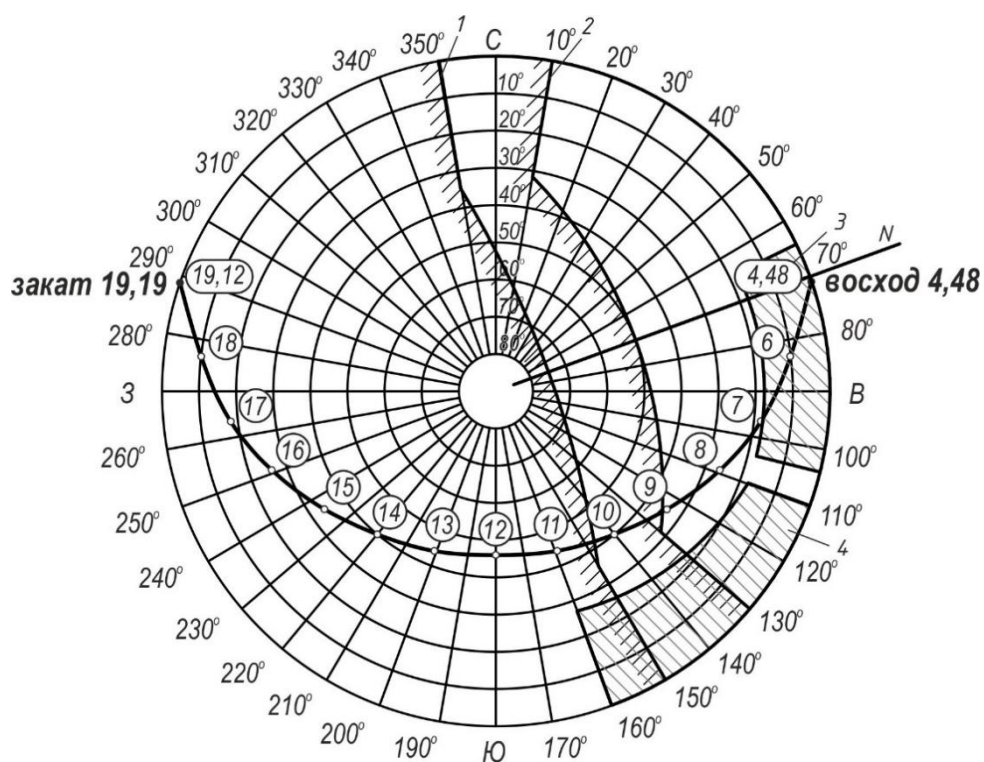


Рис. 2.25. Солнечная карта, совмещенная с картограммами светопроемов и картограммами затенения для РТ 1:
 1 – картограмма окна; 2 – картограмма окна с лоджией;
 3 – картограмма затенения зданием № 3; 4 – картограмма затенения зданием № 2

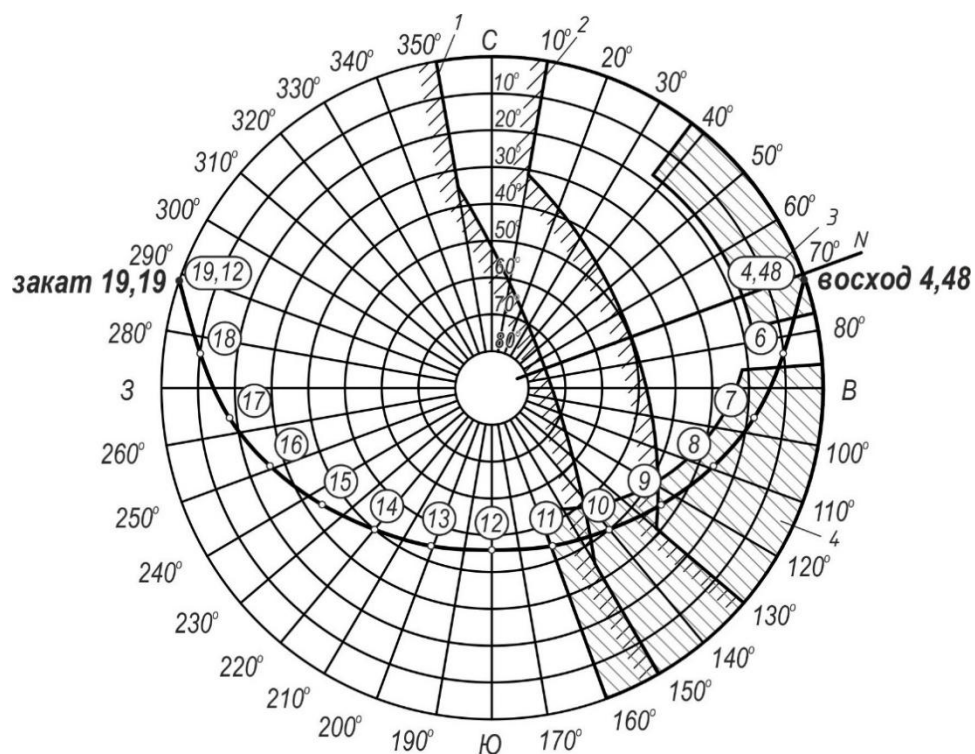


Рис. 2.26. Солнечная карта, совмещенная с картограммами светопроемов и картограммами затенения для РТ 1:
 1 – картограмма окна; 2 – картограмма окна с лоджией;
 3 – картограмма затенения зданием № 3; 4 – картограмма затенения зданием № 2

Анализ рисунков 2.25 и 2.26 позволяет оценить продолжительность инсоляции помещения в зависимости от его расположения в здании № 1, а также в зависимости от наличия или отсутствия лоджии.

Помещение с окном, размещенное в северном конце здания № 1 (РТ 1), по рисунку 2.25 облучается солнцем с 6^{55} до 10^{20} , то есть 3 часа 25 мин., а помещение с окном и лоджией облучается с 6^{55} до 9^{05} , то есть 2 часа 10 мин., что соответствует требованиям СанПиН.

Помещение с окном, размещенное в южном конце здания № 1 (РТ 2), по рисунку 2.26 облучается солнцем с 5^{48} (через 1 час после восхода солнца в 448) до 6^{10} , то есть 22 мин., что не соответствует требованиям СанПиН.

При сопоставлении результатов продолжительности инсоляции с рисунками 2.19 и 2.20 отмечается удовлетворительное совпадение продолжительности облучения.

Глава 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ИНСОЛЯЦИИ

3.1. Неточности и неопределенности метода СанПиН по расчету инсоляции

Действующие нормативные методы по проектированию и расчету инсоляции помещений основаны на геометрических построениях инсоляционных углов и углов затенения. Само название нормативного документа «Гигиенические требования...» предполагает гигиеническую оценку эффективности инсоляции через степень обеззараживания «облучаемой поверхности и пространств». Однако гигиенические требования к инсоляции измеряются в СанПиН [47] продолжительностью солнечного облучения в часах, а не процентом гибели микроорганизмов при облучении.

В нормах 1963 года [49] это было допустимо, потому что 3 часа непрерывного облучения обеспечивали процент гибели микроорганизмов, близкий к 100 %. Это было обосновано в исследованиях [5, 6], где установлено, что облучение зараженных тест-объектов в течение 3–4 часов убивает 100 % микроорганизмов. Таким образом, в нормах 1963 года по умолчанию была установлена норма бактерицидной эффективности облучения, близкая к 100 %, при непрерывной продолжительности облучения 3 часа.

В последующих переизданиях норм по инсоляции регулярно сокращается нормативная продолжительность инсоляции с 3.0 до 1.5–2.0 часов, а для жилых помещений допускается прерывистость облучения (таблица 3.1).

Сокращение нормативной продолжительности инсоляции и введение прерывистости облучения усложнило обеспечение гигиенических требований при проектировании инсоляции.

С одной стороны, введение прерывистости облучения разрывает единый процесс подавления микрофлоры на несколько последовательных интервалов облучения. В каждом интервале взаимодействие солнечной энергии с микроорганизмами идет почти заново. Кратковременное облучение ускоряет развитие бактерий, и только продолжительное – действует губительно [33]. В этой же работе приведены данные о разрастании колоний микроорганизмов при их облучении солнечной радиацией. Так, без облучения культуры микроорганизмов разрастаются непрерывно. При облучении 0,5 часа подавления микроорганизмов не происходит, культуры разрастаются. Облучение в течение 1,0 часа – рост культур ограничивается 1650 колониями, а при облучении 1,5 часа рост культур ограничивается 100 колониями, и только при облучении в течение 2,0 часов роста колоний не происходит.

Таблица 3.1

**Изменение характеристик инсоляции по нормативным документам для
центральной Европейской зоны России**

Характеристика инсоляции	Нормативные документы									
	СН 427-63	СН 1180-74	СН 2605-82	СНИП 2.07.01.-89	ТСН 23-303-98	МГСН 2.05-99	СанПиН 2.1.2. 1002-00	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01	СанПиН 2.1.2.2645-10	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 с изменениями 2017 года
Режим облучения:										
- непрерывный	да	да	да ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-
- прерывистый	-	-	да ²⁾	да	да	да	да	да	да	да
Нормативная продолжительность облучения, часы	3	3	31) 2,52)	2,5	2,5- -1,5 ³⁾	2,0- -1,5 ⁴⁾	2,5	2,0- -1,5 ⁴⁾	2,0- -1,5 ⁴⁾	2,0-1,5 ⁴⁾
Примечание. 1) Для медицинских и детских учреждений; 2) Для жилых зданий; 3) В зависимости от ориентации окна; 4) Для центров крупных городов										

С другой стороны, сокращение продолжительности облучения снижает дозу энергии, приходящей к облучаемой поверхности, и, естественно, снижается процент гибели микроорганизмов и уровень санации помещения.

Известные работы по развитию методов инсоляции [17, 37] остаются в рамках геометрических исследований и не предлагают принципиально новых подходов. В работе [20] впервые предпринята попытка найти связь между количеством УФ энергии и уровнем санитарно-гигиенического благополучия помещений при облучении.

Известно, что бактерицидная эффективность инсоляции определяется количеством солнечной энергии, которая воздействует на микрофлору в процессе облучения и вызывает ее гибель. Величина этой энергии определяется произведением интенсивности солнечной радиации на продолжительность ее воздействия (то есть дозой). Действующие нормы обеспечивают контроль только продолжительности облучения, однако если эта продолжительность приходится на разные часы суток, то и доза облучения помещений и уровень их санации будут различными. На рисунке 3.1. приведен суточный ход суммарной солнечной радиации на фасадах Ю, ЮВ и ЮЗ ориентаций. Выделены двухчасовые интервалы

облучения и подсчитаны дозы облучения за эти интервалы. Можно видеть, что дозы облучения различаются в 1,5–4,0 раза [21, 22] в зависимости от ориентации фасада и часов суток, при которых происходит облучение.

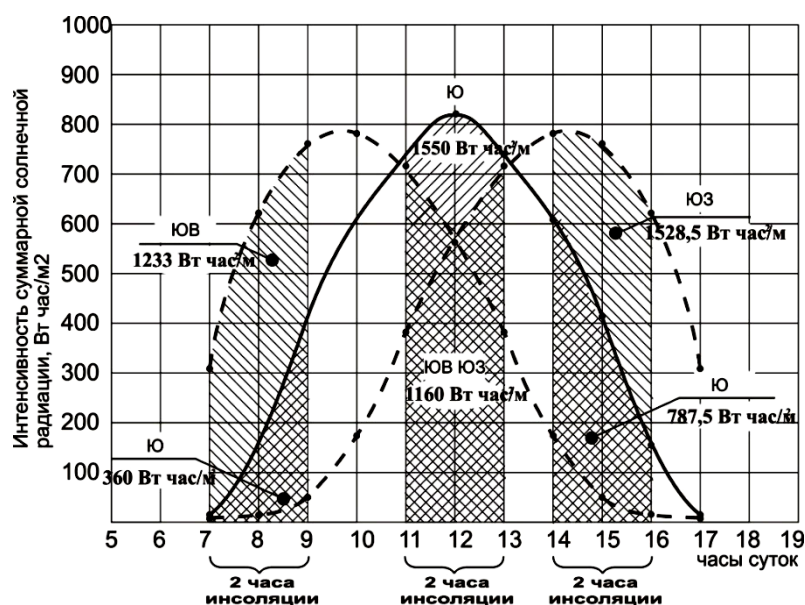


Рис. 3.1. Дозы суммарной солнечной радиации за двухчасовые интервалы облучения для фасадов с Ю, ЮВ и ЮЗ ориентацией

Неопределенность действующих норм состоит в том, что они не регламентируют уровень санации (или бактерицидной эффективности облучения) ни дозой облучения, ни ориентацией светопроема, ни интервалом облучения по часам суток.

СанПиН по инсоляции не учитывает некоторые объемно-планировочные и конструктивные решения зданий, которые значимо влияют на качество инсоляции. Так, нормы не учитывают, что стекла и стеклопакеты в соответствии законами физики отражают и поглощают солнечную радиацию, и только часть лучистой энергии проходит в помещение. В работе [30] показано, что в квартирах меридианального типа утреннее облучение помещений при малых углах высоты солнца происходит при минимальной солнечной энергии, а отражательная способность стекол при этом будет максимальной. В таких условиях солнечные лучи не несут разрушительной энергии, ее хватает только на активацию бактерий и микроорганизмов, а уровень санации помещений будет минимальным, или его не будет совсем.

Неучет оптических свойств стекол и стеклопакетов вносит в оценку качества инсоляции очередную неопределенность. Особенно остро эта проблема появилась в связи с появлением энергосберегающих стекол, поверхности которых имеют металлические или оксидно-металлические покрытия с низким коэффициентом эмиссии [10, 35]. Указанные

низкоэмиссионные покрытия значительно снижают пропускание через них УФ солнечной радиации. У основных фирм производителей стекол и стеклопакетов, таких как Pilkington, AGC, Guardian и Saint-Gobain уровни пропускания УФ радиации аналогичны. В качестве примера в таблице 3.2 приведены данные о пропускании УФ радиации стеклами и стеклопакетами фирмы AGC с низкоэмиссионными стеклами Planibel TOP low-E с покрытием в позиции 3 [40].

Таблица 3.2

**Пропускание УФ солнечной радиации стеклами и стеклопакетами
на их основе**

№ п/п	Тип стекла	Толщина стекла, мм	Пропускание УФ радиации, %	Формула стекло- пакета	Пропускание УФ радиации, %
1	Stopsol classic clear	4	19	—	—
2	Stopsol classic clear	6	17	6-15-6	6
3	Stopsol classic grey	4	8	—	—
4	Stopsol classic grey	6	5	6-15-6	2
5	Stopsol classic green	4	8	—	—
6	Stopsol classic green	6	5	6-15-6	2
7	Stopsol classic dark blue	4	8	—	—
8	Stopsol classic dark blue	6	5	6-15-6	3
9	Stopsolsupersilver clear	4	38	—	—
10	Stopsolsupersilver clear	6	35	6-15-6	14

Из таблицы 3.2 видно, что величина пропускания УФ радиации у различных типов стекол и стеклопакетов различается в 1,5–7,0 раз. В работах [19, 35] получены аналогичные экспериментальные результаты. Таким образом, количество УФ энергии солнечной радиации, которая пройдет через остекление, будет в значительной степени зависеть от типа стекол и стеклопакетов, выбранных на стадии проектирования зданий.

Однако количество энергии УФ радиации, проходящей в помещение, зависит не только от интенсивности УФ радиации, пропускания этой энергии остеклением, продолжительности облучения, но также от размеров светопроема и размеров помещения. Чем больше площадь остекления, тем большее количество энергии проникает в помещение. Чем больше размер помещения (его объем и площадь поверхностей), тем меньше будет удельная энергия облучения, отнесенная к единице объема помещения или к единице площади поверхности. Эти параметры также не учитываются действующими нормами по проектированию и расчету инсоляции.

Проведенный анализ показал, что СанПиН по инсоляции не обеспечивает и не контролирует гигиенические аспекты облучения. То есть

не выполняет основную функцию по обеспечению гигиенических аспектов, ради которых и были введены в проектную практику нормы инсоляции.

3.2. Разработка нового метода расчета инсоляции жилых помещений

Анализ СанПиН по инсоляции, проведенный в предыдущем разделе, позволил выявить ряд неопределенностей нормативного метода и установить, что нормы не учитывают ряд факторов, которые значимо влияют на обеспечение гигиенических требований к инсоляции.

Это отсутствие обоснованного уровня бактерицидной эффективности облучения; оперирование продолжительностью облучения, которая не связана с уровнем гигиенических требований; отсутствие представлений о количестве энергии солнечного облучения, которое обеспечит требуемый уровень бактерицидной эффективности; нормы не учитывают, что одинаковая продолжительность облучения в разное время суток приносит в помещение разное количество энергии; нормы не учитывают оптические свойства стёкол и стеклопакетов, что неконтролируемо изменяет приход солнечной энергии в помещение; нормы не учитывают размеры светопроемов и помещений, что неконтролируемо изменяет удельный приход энергии к воздушной среде помещений и к их поверхностям.

В связи с изложенным возникает потребность в разработке нового метода расчета инсоляции жилых помещений, который бы устранил неопределенности метода СанПиН и ввел в расчет факторы, значимо влияющие на качество инсоляции. Для разработки нового метода требуется:

1. Установить требуемый уровень бактерицидной эффективности облучения жилых помещений.
2. Установить дозу УФ радиации, которая обеспечит заданный уровень бактерицидной эффективности облучения в воздухе помещений и на его поверхностях.
3. Ввести в расчет максимальное число факторов, влияющих на приход солнечной радиации в помещения зданий.

3.2.1. Установление требуемого уровня бактерицидной эффективности облучения жилых помещений

Теоретической основой установления требуемого уровня бактерицидной эффективности облучения являются закономерности воздействия солнечной радиации на микрофлору помещений. К этим закономерностям относятся длина волны УФ радиации, ее интенсивность и доза облучения,

которые оказываются различными для гибели различных микроорганизмов. Для обеспечения различного уровня бактерицидной эффективности облучения по каждому микроорганизму требуется различная доза УФ радиации (чем выше требуемый уровень, тем больше доза облучения. Известно, что помещения зданий заселены десятками видов микроорганизмов, которые рассеяны как в воздухе помещений, так и на поверхностях. В таблице 3.3 приведены дозы УФ облучения для обеспечения различного уровня бактерицидной эффективности по некоторым микроорганизмам [28].

Таблица 3.3

Дозы УФ облучения для обеспечения различного уровня бактерицидной эффективности по некоторым микроорганизмам

Вид микроорганизма	По поверхности, Дж/м ²			По объему, Дж/м ³		
	90%	95%	99,9%	90%	95%	99,9%
1	2	3	4	5	6	7
Bacillus Megatherium (spores)	273	357	520	718	1046	3032
Escherichia Coli	30	45	66	79	132	385
Legionella bozemanii	18	25	35	47	73	204
Micrococcus Candidas	60	86	123	158	252	717
Salmonella typhosa	22	37	60	58	108	356
Staphylococcus Aureus	49	57	66	130	167	385
Staphylococcus Albus	33	44	57	87	129	332
Staphylococcus feacalis	54	74	100	168	217	583
Serratia Lutea	197	228	264	518	668	1539

Из таблицы 3.3 видно, что у каждого микроорганизма собственная доза облучения, причем эта доза возрастает с увеличением требуемого уровня бактерицидной эффективности. Из таблицы видно также, что дозы облучения для микроорганизмов, находящихся в воздухе помещений или на его поверхностях, различаются в несколько раз.

Требуемый уровень бактерицидной эффективности для жилых помещений в настоящее время не установлен ни в нормативной литературе, ни в исследовательской практике, это затрудняет разработку метода обеспечения гигиенических требований к инсоляции помещений. Для лечебно-профилактических учреждений такие предложения разработаны для помещений различного назначения, и требуемый уровень бактерицидной эффективности для них представлен в таблице 3.4 [43].

Таблица 3.4

Требуемый уровень бактерицидной эффективности лечебно-
профилактических учреждений

Кат.	Типы помещений	Бакт. эффективность, %, не менее
I	Операционные, предоперационные, родильные, стерильные зоны, детские палаты роддомов	99,9
II	Палаты и отделения иммуноослабленных больных, палаты реанимационных отделений	99
III	Палаты, кабинеты и другие помещения ЛПУ (не включенные в I и II категории)	95
IV	Детские игровые комнаты, школьные классы, бытовые помещения промышленных и общественных зданий с большим скоплением людей при длительном пребывании	90
V	Курительные комнаты. Общественные туалеты и лестничные площадки помещений ЛПУ	85
VI	Нижняя граница бактерицидной эффективности для патогенной микрофлоры	70

Используя данные таблицы 3.4, в первом приближении для жилых помещений можно принять нижнюю границу бактерицидной эффективности для патогенной микрофлоры – 70% (VI категория помещений). Из таблицы видно, что это даже ниже, чем для общественных туалетов и лестничных площадок лечебно-профилактических учреждений.

3.2.2. Установление дозы УФ радиации для обеспечения заданного уровня бактерицидной эффективности

Из таблицы 3.3 следует, что дозы УФ облучения для обеспечения того или иного уровня бактерицидной эффективности различны для разных микроорганизмов. Поэтому для установления дозы облучения требуется установить типы микроорганизмов, распространенных в жилых помещениях. Изучение этого вопроса показало, что наибольшее распространение в жилых помещениях получили кишечная палочка (*Escherichia Coli*), белый стафилококк (*Staphylococcus Albus*) и золотистый стафилококк (*Staphylococcus Aureus*) [28].

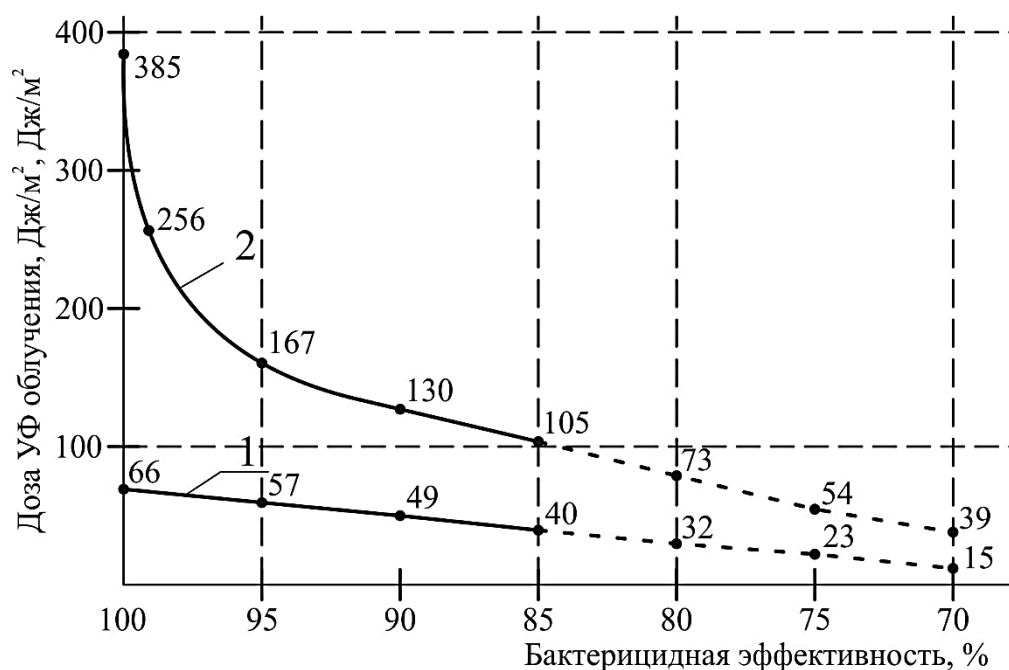


Рис. 3.2. Дозы УФ облучения для обеспечения различных уровней бактерицидной эффективности в жилых помещениях: 1) Дозы на поверхностях помещения, Дж/м²; 2) Дозы в объеме воздуха помещения, Дж/м³

Из таблицы 3.3 следует, что дозы облучения у золотистого стафилококка выше, чем у кишечной палочки, поэтому его дозы облучения, которые обеспечивают 99,9-, 95- и 90%-й уровень бактерицидной эффективности, послужили основой для расчета такой дозы облучения, которая обеспечит 70%-й уровень бактерицидной эффективности в жилых помещениях (рис. 3.2).

Из рисунка 3.2 видно, что 70%-й уровень бактерицидной эффективности в воздухе жилых помещений будет обеспечен дозой 39 Дж/м³, а на поверхности помещений – 15 Дж/м². Результаты будут считаться положительными, если уровень бактерицидной эффективности обеспечивается одновременно и в воздухе помещений, и на поверхностях.

3.2.3. Исходные данные и последовательность расчета

В разделе рассмотрен новый метод расчета и оценки санитарно-гигиенического благополучия жилых помещений при инсоляции. Метод заключается в расчете доз УФ радиации, приходящей в жилые помещения за период облучения, с учетом всех факторов, влияющих на этот приход. Расчет доз УФ облучения выполняется для воздуха помещений и его поверхностей и сопоставляется с величинами доз облучения, которые обеспечивают 70%-й уровень бактерицидной эффективности облучения (это 39 Дж/м³ для воздуха и 15 Дж/м² – для поверхностей (рис. 3.2).

Расчету предшествует сбор и анализ исходных данных, которые подразделяются на климатические и конструктивные факторы.

Климатические факторы определяют режим солнечного облучения. Это:

1. Солнечная карта для заданной широты местности с траекторией движения солнца по небосводу в нормируемый календарный период инсоляции.

2. База данных по интенсивности УФ солнечной радиации с длиной волны менее 315 нм. Суточный ход прямой УФ радиации на нормальную к лучам поверхность $S_{\perp}$ и суточный ход рассеянной УФ радиации на горизонтальную поверхность D_r в нормируемый календарный период инсоляции для заданной широты местности.

3. Ориентация светопроема по сторонам горизонта (азимут нормали к плоскости окна A_n).

Конструктивные факторы определяют особенности конструктивных решений светопроемов и фасадных систем. Это:

4. Размеры инсолируемого помещения (глубина L , ширина B и высота H , м).

5. Площадь светопрозрачной части окна $f_{\text{окн}}$, м^2 (площадь светопроема $b \cdot h$, м^2 за вычетом площади переплетов и импостов).

6. Вертикальный и горизонтальный разрезы ограждающей конструкции по светопроему инсолируемого помещения с фасадными элементами (балконы, лоджии и т.п.). Определение вертикальных и горизонтальных инсоляционных углов и построение картограммы затенения светопроема.

7. Типы используемых стекол и стеклопакетов и их коэффициенты пропускания УФ солнечной радиации.

Последовательность расчета

1. Совмещается картограмма светопроема с солнечной картой, ориентируя ось картограммы по азимуту нормали к плоскости окна. По траектории солнца на солнечной карте, оказавшейся внутри картограммы, определяется продолжительность инсоляции (τ) и часы суток, в которые это облучение происходит.

2. Для каждого часа суток, в которые происходит облучение, определяется интенсивность суммарной УФ радиации ($S_{\text{сум}}$) по формуле:

$$S_{\text{сум}} = S_{\perp} \cdot \cos\theta + k \cdot D_r, \text{ мВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2, \quad (3.1)$$

где угол θ – угол между направлением солнечного луча в каждый час облучения и нормалью к плоскости остекления. Схема к определению угла θ приведена на рисунке 1.10, а $\cos\theta$ может быть определен по формулам (1.2) для вертикальных поверхностей и (1.3) – для наклонных поверхностей. Коэффициент k показывает долю рассеянной радиации D_r , приходящей к исследуемой поверхности (формула (1.4) и рис. 1.11).

3. Для каждого часа суток, в котором происходит облучение, определяется интенсивность суммарной УФ радиации, прошедшей через остекление в помещение ($S_{\text{пом}}$):

$$S_{\text{пом}} = S_{\text{сум}} \cdot k_{\text{сп}}, \text{ мВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2, \quad (3.2)$$

где $k_{\text{сп}}$ – коэффициент пропускания УФ радиации стеклопакетами, доли ед.

4. Количество энергии УФ радиации, прошедшей через светопрозрачную площадь окна в каждый час облучения:

$$q = S_{\text{пом}} \cdot f_{\text{окн}}, \text{ мВт} \cdot \text{час}. \quad (3.3)$$

5. Сумма энергии УФ радиации, прошедшей в помещение за период облучения:

$$Q = \sum_{i=1}^{\tau} q_i, \text{ мВт} \cdot \text{час}, \quad (3.4)$$

где τ – продолжительность облучения, часы, определяется по солнечной карте (п. 1).

6. Удельная доза энергии УФ радиации в воздухе помещения – Δ_v :

$$\Delta_v = 3,6 Q/V, \text{ Дж}/\text{м}^3, \quad (3.5)$$

где V – объем помещения, $V = L \cdot B \cdot H$, м^3 .

7. Удельная доза энергии УФ радиации на поверхностях помещения – Δ_n :

$$\Delta_n = 3,6 Q/F, \text{ Дж}/\text{м}^2, \quad (3.6)$$

где F – площадь всех поверхностей помещения за вычетом светопрозрачной площади окна $[(2NB + 2 LH + 2 LB) - f_{\text{окн}}]$, м^2 ;

3,6 – коэффициент перевода размерности $\text{мВт} \cdot \text{час}$ в размерность Дж.

3.3. Пример расчета заданного уровня бактерицидной эффективности инсоляции энергетическим методом

Пример. Определить дозы энергии УФ радиации, поступившей в воздух и к поверхностям условного помещения за период инсоляции, и, сопоставив их с нормативными значениями доз для жилых помещений, оценить уровень бактерицидной эффективности облучения.

Исходные данные

Расчет выполнить для климатических условий Казани – 56° с. ш., для нормируемой календарной даты – 22 апреля. Размеры условного помещения: $B = 3,0$ м; $L = 4,2$ м; $H = 2,8$ м. Окно ориентировано на юго-восток, $A_n = 45^\circ$ от направления на юг, конструкция окна с лоджией принята по рисунку 2.6, светопрозрачная часть окна имеет площадь $f_{\text{окн}} = 2,0$ м² и выполнена из стеклопакета 6-15-6 Stopsol classic clear с коэффициентом пропускания УФ радиации $k_{\text{сп}} = 0,06$ (строка 2 таблицы 3.2). Высота h_0 и азимут A_0 солнца для построения его траектории на солнечной карте приняты по таблице 1.7.

Интенсивность УФ радиации солнца с длиной волны менее 315 нм в каждый час суток на 22 апреля представлена в таблице 3.5 [42].

Решение

Картограмма светопроема по рисунку 2.7 совмещается с солнечной картой по рисунку 1.8, и определяется продолжительность инсоляции и часы облучения (рис. 3.3). Получено, что солнечные лучи попадают в створ окна с 5³⁰ до 11³⁰, продолжительность инсоляции – 6 часов. Для часов суток 6, 7, 8, 9, 10 и 11 выполнен расчет энергии УФ радиации: $S_{\text{сум}}$ по формуле (3.1); $S_{\text{пом}}$ по формуле (3.2); q по формуле (3.3); Q по формуле (3.4) и дозы облучения для воздуха помещения Δ_v по формуле (3.5) и для поверхностей по формуле (3.6). Данные расчета сведены в таблицу 3.6.

Из рис. 3.3 следует, что продолжительность инсоляции заданного помещения составляет 6,0 часов, что намного превышает требуемые по СанПиН 2 часа облучения. Однако санитарно-гигиеническое благополучие помещения не будет достигнуто, потому что энергетическая доза УФ облучения в воздухе помещения и на его поверхностях не обеспечивает 70%-й уровень бактерицидной эффективности облучения: $\Delta_v = 14,4 < 39$ Дж/м³ и $\Delta_{\text{п}} = 8,0 < 15$ Дж/м².

Одной из причин этого является слишком низкий коэффициент пропускания УФ радиации выбранного стеклопакета $k_{\text{сп}} = 0,06$ или 6%. Если заменить данный стеклопакет на Stopsol supersilver clear (строка 10

таблицы 3.2) с $k_{\text{сп}} = 0,14$, то указанное жилое помещение будет получать необходимую дозу УФ облучения только для поверхностей помещения: $\Delta_{\text{п}} = 18,8 > 15 \text{ Дж/м}^2$, но в воздухе помещения бактерицидная эффективность облучения не будет обеспечена $\Delta_{\text{в}} = 33,6 < 39 \text{ Дж/м}^3$.

Если сместить тренд в проектировании жилых зданий от экономии энергии на отопление в сторону защиты здоровья человека через обеспечение санитарно-гигиенического благополучия помещений при облучении, то станет возможным за 2–3 часа инсоляции (в зависимости от ориентации и конструкции светопроема) получить требуемую бактерицидную эффективность облучения с использованием стеклопакетов с обычными стеклами, например, Stopsol supersilver clear со светопропусканием УФ радиации 22–28% [40]. Так, для рассмотренного примера, если использовать стеклопакеты 6-15-6 Stopsol supersilver clear с $k_{\text{сп}} = 0,28$, бактерицидная эффективность инсоляции помещения будет обеспечена за 2 часа облучения с 7^{30} до 9^{30} как при юго-восточной, так и при восточной ориентации светопроема: $\Delta_{\text{в}} = 40,8 > 39 \text{ Дж/м}^3$ и $\Delta_{\text{п}} = 21,6 > 15 \text{ Дж/м}^2$.

Таким образом, разработанный энергетический метод расчета инсоляции позволяет вариациями стеклопакетов, размерами помещений и светопроемов, их ориентацией, обеспечить заданный уровень бактерицидной эффективности инсоляции в проектируемых жилых помещениях при незначительном увеличении продолжительности инсоляции.

Таблица 3.5

Интенсивность УФ радиации солнца на 22 апреля и 22 августа
для 56° с. ш. ($<315 \text{ нм}$)

Часы суток	Интенсивность радиации, мВт/м ²			
	Прямой, на нормальную к лучам поверхность, $S_{\perp}$		Рассеянной, на горизонтальную поверхность, $D_{\text{гор}}$	
	апрель	август	апрель	август
12	310	380	550	900
11/13	290	360	530	870
10/14	220	280	430	760
9/15	140	170	320	580
8/16	40	70	190	380
7/17	–	10	70	180
6/18	–	–	–	50

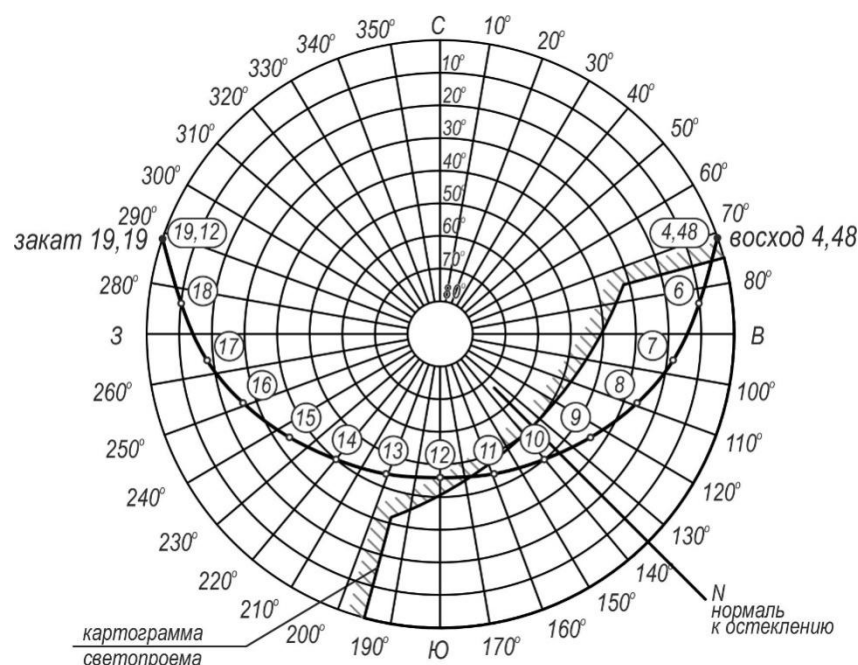


Рис. 3.3. Совмещение солнечной карты 56° с. ш. с траекторией движения солнца в апреле-августе с картограммой заданного светопроема

Таблица 3.6

Энергетический расчет инсоляции жилого помещения

№ п/п	Расчетные параметры	Часы суток (истинное солнечное время)					
		6	7	8	9	10	11
1	A_o , град. (от напр. на юг)	97	84	71	56	40	21
2	h_o , град.	10	18	26	34	40	44
3	$S_{\perp}$, МВт/м^2	—	—	40	140	220	290
4	$D_{\text{гор},2}$, МВт/м^2	—	70	190	320	430	530
5	разность $(A_o - A_n)$ или $(A_n - A_o)$	52	39	26	11	5	24
6	$\cos\theta$	0,6063	0,7391	0,8078	0,8137	0,7631	0,6571
7	$S_{\text{пр}} = S_{\perp} \cdot \cos\theta$, МВт/м^2	0	0	35,5	113,9	167,9	190,5
8	$D_b = 0,5 D_{\text{гор}}$, МВт/м^2	0	35	95	160	215	265,0
9	$S_{\text{сум}} = S_{\text{пр}} + D_b$, МВт/м^2	0	35	130	274	283	455,5
10	$S_{\text{пом}} = S_{\text{сум}} \cdot k_{\text{сп}}$, МВт/м^2	0	2,1	7,8	16,4	17,0	27,3
11	$q = S_{\text{пом}} \cdot f_{\text{окн}}$, МВт	0	4,2	15,6	32,8	34,0	54,6
12	$Q = \sum_{i=6}^{11} q_i = 0 + 4,2 + 15,6 + 32,8 + 34,0 + 54,6 = 141,2 \text{ МВт}$						
13	$\Delta_g = 3,6Q/V = 3,6 \cdot 141,3/35,3 = 14,4 \text{ Дж/м}^3$						
14	$\Delta_n = 3,6Q/F = 3,6 \cdot 141,3/63,6 = 8,0 \text{ Дж/м}^2$						

3.4. Использование пакетов прикладных программ для энергетического метода расчета инсоляции

Энергетический метод расчета инсоляции, несомненно, более сложный, чем методы СанПиН или ГОСТ, но он является более объективным, потому что учитывает множество факторов, влияющих на уровень санации, и требует развития и широкого использования.

Применение компьютерных программ расчета значительно облегчит оценку инсоляции помещений. В настоящее время известна только одна опубликованная программа РаИн 2013 [27, 45]. Интерфейс программы приведен на рисунке 3.4.

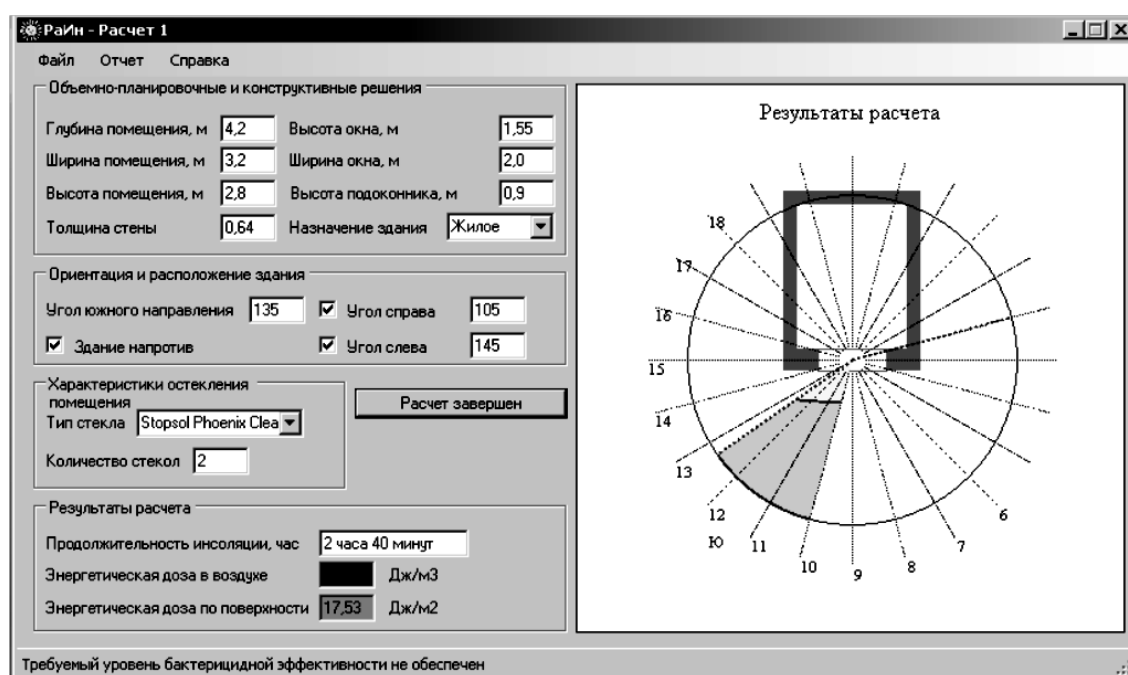


Рис. 3.4. Интерфейс программного комплекса «РаИн 2013»

Программа «РаИн 2013» предусматривает варьирование конструктивными параметрами здания и светопроема, типом стеклопакетов, ориентацией светопроема, интенсивностью УФ радиации по часам суток и продолжительностью облучения. Итогом расчета является доза УФ радиации в воздухе помещения и на его поверхностях.

Если рассчитанные дозы УФ облучения появляются в окнах интерфейса на зеленом фоне, то он соответствует требуемому уровню бактерицидной эффективности облучения. Если эти дозы облучения появляются в окнах интерфейса на красном фоне, то эти дозы не соответствуют требуемому уровню бактерицидной эффективности, то есть рассчитанная доза УФ облучения для воздуха помещений ниже 39 МДж/м^3 , а для поверхностей помещений – 15 МДж/м^2 .

В настоящее время программный комплекс РаИн 2013 требует доработки в связи с изменениями в СанПиН 2017 года [48] (перенос календарной даты для центральной зоны с 22 марта на 22 апреля). РаИн 2013 «загружена» климатическими и энергетическими параметрами УФ солнечной радиации только для условий Казани (56° с. ш.). Для того чтобы программный комплекс стал универсальным и применимым для всей территории страны, его следует «загрузить» климатическими и энергетическими параметрами УФ солнечной радиации (h_o , A_o , $S_{\perp}$, D_r) для каждого климатического района и интервала широт от 20° до 68° с. ш. В программе РаИн 2013 продолжительность инсоляции задается проектировщиком вручную, ориентируясь на нормативную продолжительность $1,5 \div 3,0$ часа, а для оценки реального количества (дозы) УФ энергии, приходящей в помещение, требуется учет проектной продолжительности облучения с фиксацией часов суток, при которых происходит приток энергии через светопроем, и интенсивности суммарной УФ радиации в эти часы, как это показано на числовом примере в разделе 3.3.

Таким образом, после доработки программного комплекса он может стать универсальным инструментом для оценки бактерицидной эффективности инсоляции.

Заключение

С древнейших времен человек понимал ценные качества и умело использовал солнечную энергию на уровне тех технологий, которые были для него доступны. Современные технологии привнесли в процесс использования солнечной энергии новые пути и новое качество, однако до последнего времени использование солнечной энергии не носит массового и системного характера.

В архитектурно-строительном проектировании использование солнечного облучения (инсоляции) для обеспечения санитарно-гигиенического благополучия жилых зданий и ряда функциональных помещений общественных зданий стало обязательным, что закреплено нормативными документами. Однако в проектной практике контроль инсоляции помещений превратился в формальность, которая не гарантирует санитарно-гигиенического благополучия помещений при использовании действующих нормативных документов СанПиН и ГОСТ, потому что одинаковая продолжительность облучения в разные часы суток приводит к разной степени обеззараживания. В действующих нормах не определен требуемый уровень обеззараживания помещений при их облучении солнечной радиацией (уровень бактерицидной эффективности облучения). Не прописано, как обеспечить требуемый уровень обеззараживания помещений, а геометрические построения инсоляционных углов и подсчет продолжительности облучения в часах не решают этой проблемы.

В настоящем пособии рассмотрен так называемый «энергетический метод проектирования и расчета инсоляции», в котором предложен требуемый уровень бактерицидной эффективности облучения жилых помещений и обоснован метод расчета доз энергии УФ радиации, которые обеспечивают требуемый уровень бактерицидной эффективности облучения как в воздухе жилых помещений, так и на поверхностях.

Расчеты эффективности инсоляции по энергетическому методу позволили выявить противоречия между энергоэффективностью остекления и обеспечением санитарно-гигиенического благополучия помещений при их облучении. Энергоэффективные стеклопакеты значительно снижают поступление в помещение УФ солнечной радиации за счет металлических и оксидно-металлических покрытий, что также значительно снижает уровень обеззараживания помещений. При использовании для стеклопакетов обычных стекол теплопотери, безусловно, возрастают, но возрастает поступление в помещение энергии УФ радиации и, как следствие, возрастает уровень санитарно-гигиенического благополучия инсоляции.

Проблема требует признания и решения, и пока на нормативном уровне не будет сделан выбор в пользу здоровой среды жизнедеятельности человека, действующий нормативный метод оценки инсоляции помещений будет пустой формальностью.

Список литературы

А. Учебная и справочная литература

1. Архитектурная физика: Учебник для вузов /В.К. Лицкевич, Л.И. Макриненко, И.В. Мигалина и др.; под ред. Н.В. Оболенского. – М.: Стройиздат, 2001. – 448 с.
2. Бахарев Д.В., Орлова Л.Н. О нормировании и расчете инсоляции // Светотехника, 2006, № 1, с. 18–27.
3. Бахарев Д.В., О некоторых недостатках СН 427-63 и современных требованиях к гигиеническому нормированию естественного облучения // Светотехника, 1974, № 7, с. 17–19.
4. Блаттер П., Текищева Л., Зак П., Даниленко К. Световая среда для человека: наука, промышленность и закон. // Светотехника, 2016, № 1, с. 45–49.
5. Беликова В.К. Бактерицидное значение излучения солнца, проникающего в помещение // Гигиена и санитария. –1957. – № 11. – с. 8–15.
6. Беликова В.К. Гигиеническая оценка опытных образцов оконного стекла // Ультрафиолетовое излучение. – 1964, Вып. 1. – с. 21–27.
7. Бойс П. Свет и здоровье. // Светотехника, 2006, № 2, с. 43–48.
8. Вейч Д. Свет, освещение и здоровье – вопросы для рассмотрения. // Светотехника, 2005, № 6, с. 28–33.
9. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Витрувий М.: Всесоюзн. Акад. архит., 1936. – Т.1. – 331 с.
10. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А., Пастушков П.П. Исследование влияния низкоэмиссионного покрытия стекла на спектральное пропускание света // Строительство и реконструкция, 2015, № 2(58), с. 90–95.
11. Галанин Н.Ф. Лучистая энергия и ее гигиеническое значение. – Л.: Изд-во «Медицина» –1969. –182 с.
12. Гамбург П.Ю. Расчет солнечной радиации в строительстве. – М.: Стройиздат, 1966. –140 с.
13. Данциг Н.М. Биологическое действие и гигиеническое значение света. Вестник АМН. 1972, № 1, с. 25–29.
14. Данциг Н.М. Инсоляция зданий и территорий застройки городов как гигиеническая проблема / Н.М. Данциг // Ультрафиолетовое излучение. – М., 1971.
15. Дарула С., Киттлер Р. Новые предложения по нормированию естественного освещения. // Светотехника, 2012, № 6, с. 26–31.
16. Б.А. Дунаев. Инсоляция жилища. – М.: Стройиздат, 1979. – 104 с.
17. Земцов В.А., Гагарин В.Г. Инсоляция жилых и общественных зданий. Перспективы развития // Academia. Архитектура и строительство, 2009, № 5, с. 147–151.
18. Круглова А.И. Климат и ограждающие конструкции. – М.: Стройиздат. 1970. – 166 с.

19. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Пропускание ультрафиолетовой радиации оконными стеклами при различных углах падения луча // Жилищное строительство. 2012. № 7. с. 64–65.
20. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. К исследованию инсоляции жилых помещений // АCADEMIA архитектура и строительство. 2010. № 3, с. 477–482.
21. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. Обоснование и развитие энергетического метода расчета инсоляции жилых помещений // Жилищное строительство. – 2015. № 5, с. 83–87.
22. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Новые предложения по нормированию и расчету инсоляции жилых помещений // Жилищное строительство. – 2013. № 6, с. 50–53.
23. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Натурные исследования энергетических параметров инсоляции жилых помещений // Известия КазГАСУ, 2012, № 4(32), с. 139–147.
24. Куприянов В.Н., Вендина Д.А. Использование солнечной энергетики при проектировании формы зданий // Вестник ВТО РААСН, Н. Новгород, 2016, № 19, с. 138–148.
25. Куприянов В.Н. К оценке теплового комфорта помещений, облучаемых солнечной радиацией через световые проемы. Ч. 1. Расчет энергии солнечной радиации, приходящей к наружной поверхности светового проема. // Вестник ПТО РААСН, Н. Новгород, 2019, вып. 22, с. 191–196.
26. Куприянов В.Н. К оценке теплового комфорта помещений, облучаемых солнечной радиацией через световые проемы. Ч. 2. Расчет приращений температуры воздуха в помещении за счет солнечной радиации, прошедшей через остекление. // Сб. научных трудов РААСН. – М.: Изд-во АСВ, 2019, том 2, с. 316–325.
27. Куприянов В.Н. Климатология и физика архитектурной среды: Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 194 с.
28. Лукомская К.А. Микробиология с основами вирусологии. – М.: Просвещение, 1987. – 288 с.
29. Оншина А.С., Чикота С.И. О нормировании естественного освещения торговых помещений. // Светотехника, 2006, № 2, с. 62–63.
30. Пивкин В.М. Нормирование инсоляции и освещенности. // Новосибирский НИИ гигиены МЗ и СР РФ, 2005.
31. Ронки Л. Зрительные и биологические воздействия света в новом тысячелетии: предложения для сферы образования. // Светотехника, 2005, № 6, с. 24–27.
32. Русин Н.П. Прикладная актинометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 32 с.
33. Тваровский М. Солнце в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
34. Федосихин В.С., Егорченков В.А., Поповский Ю.Б. Дискуссия о нормах и методах расчета естественного освещения и инсоляции в зданиях. // Светотехника, 2006, № 2, с. 54–57.
35. Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н. Экспериментальные исследования проникновения УФ радиации через оконные стекла // Научно-технический журнал. Вестник МГСУ, 2011. № 3. Т. 2. с. 30–35.

36. Харкнес Е.Л., Мехта М.Л. Регулирование солнечной радиации в зданиях. пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1984. – 176 с.
37. Шмаров И.А., Земцов В.А., Коркина Е.В. Инсоляция: практика нормирования и расчета // Жилищное строительство, 2016, № 7, с. 48–53.

Б. Нормативная и справочная литература

38. ГОСТ Р 57795-2017 Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции.
39. Изменение № 1 ГОСТ Р 57795-2017. Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции. 2019.
40. Каталоги технической информации фирмы AGC по стеклам, стеклопакетам и их применению в архитектуре. Электронный ресурс. Режим доступа www.agc-glass.eu; www.yourglass.com.
41. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Ч. 1–6, вып 12. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
42. Руководство по строительной климатологии (пособие по проектированию). – М.: Стройиздат, 1977. – 327 с.
43. Руководство Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко от 04.04.2004 (дата введения 04.04.2004).
44. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Ю.Б. Айзенберга, изд-е 3-е, дополненное. – М.: Изд-во «Знак», 2005. – 1000 с.
45. Свидетельство о регистрации программного комплекса для ЭВМ № 2013660878 «РаИн 2013», дата госрегистрации 21.11.2013. (авторы В.Н. Куприянов, Ф.Р. Халикова, А.Н. Седов).
46. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99* / Под ред. В.К. Савина. – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006. – 258 с.
47. СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий.
48. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076-01 (с изменениями на 10 апреля 2017 года).
49. СН 427-63 Санитарные нормы обеспечения инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных: приняты и введены Минздравом СССР 21.03.63.
50. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
51. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
52. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). 2000. The Lighting handbook: Reference & application. 9th ed. Rea MS, Ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America.
53. CEN Technical committees: Daylighting of Buildings Working Docum. // CEN / TC 169. – STD version 2.2, pr EN, 2011 -09.

Приложение 1

Таблицы координат солнца H_0 и A_0
для каждого месяца года
для северного полушария ($20 - 60^\circ$ с. ш.)
(Таблицы Тваровского)

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 января

Географическая широта		17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А	±66,8	±61,4	±53,5	±41,8	±23,8	0,0
	Н	8,8	22,0	34,2	45,1	53,0	56,1
16 ⁰	А	±66,5	±60,7	±52,5	±40,4	±22,8	0,0
	Н	8,0	21,0	33,0	43,5	51,1	54,1
18 ⁰	А	±66,2	±60,0	±51,5	±39,3	±21,9	0,0
	Н	7,3	20,0	31,8	42,0	49,4	52,1
20 ⁰	А	±65,9	±59,4	±50,6	±38,2	±21,1	0,0
	Н	6,5	19,0	30,6	40,6	47,6	50,1
22 ⁰	А	±65,9	±58,9	±49,6	±37,1	±20,3	0,0
	Н	5,6	18,0	29,2	38,8	45,5	48,1
24 ⁰	А	±65,8	±58,3	±48,8	±36,2	±19,7	0,0
	Н	4,8	17,0	28,0	37,3	43,8	46,1
26 ⁰	А		±57,8	±48,0	±35,3	±19,0	0,0
	Н		15,8	26,6	35,6	41,8	44,1
28 ⁰	А		±57,3	±47,4	±34,6	±18,5	0,0
	Н		14,8	25,4	34,0	40,0	42,1
30 ⁰	А		±56,9	±46,7	±33,8	±18,0	0,0
	Н		13,7	23,9	32,4	38,0	40,1
32 ⁰	А		±56,5	±46,0	±33,1	±17,5	0,0
	Н		12,6	22,5	30,6	36,2	38,1
34 ⁰	А		±56,2	±45,6	±32,5	±17,1	0,0
	Н		11,6	21,2	29,0	34,2	36,1
36 ⁰	А		±55,9	±44,9	±31,9	±16,7	0,0
	Н		10,4	19,7	27,2	32,2	34,1
38 ⁰	А		±55,6	±44,5	±31,4	±16,4	0,0
	Н		9,2	18,4	25,6	30,4	32,1
40 ⁰	А		±55,3	±44,0	±30,9	±16,1	0,0
	Н		8,1	16,8	23,9	28,5	30,1
42 ⁰	А		±55,2	±43,6	±30,5	±15,8	0,0
	Н		7,0	15,4	22,2	26,5	28,1
44 ⁰	А		±54,9	±43,3	±30,0	±15,6	0,0
	Н		5,8	14,0	20,4	24,7	26,1
46 ⁰	А		±54,7	±43,0	±29,8	±15,3	0,0
	Н		4,7	12,6	18,7	22,8	24,1
48 ⁰	А			±42,7	±29,5	±15,0	0,0
	Н			11,0	17,0	20,8	22,1
50 ⁰	А			±42,4	±29,2	±14,9	0,0
	Н			9,6	15,2	18,8	20,1
52 ⁰	А			±42,2	±28,9	±14,7	0,0
	Н			8,1	13,5	16,9	18,1
52,2 ⁰	А			±42,2	±28,9	±14,7	0,0
	Н			8,0	13,3	16,7	17,9
54 ⁰	А			±42,1	±28,7	±14,6	0,0
	Н			6,6	11,8	15,0	16,1
56 ⁰	А			±41,9	±28,5	±14,4	0,0
	Н			5,1	10,0	13,0	14,1
58 ⁰	А				±28,4	±14,4	0,0
	Н				8,2	11,1	12,1
60 ⁰	А				±28,2	±14,2	0,0
	Н				6,5	9,2	10,1

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 21 февраля

Географическая широта		17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А	±76,0	±70,0	±63,4	±52,1	±32,1	0,0
	Н	11,6	25,6	39,0	51,4	61,3	65,4
16 ⁰	А	±75,5	±69,8	±62,0	±50,1	±30,1	0,0
	Н	11,2	24,9	38,1	50,1	59,5	63,4
18 ⁰	А	±75,0	±68,9	±60,7	±48,3	±28,6	0,0
	Н	10,6	24,2	37,2	48,8	57,8	61,4
20 ⁰	А	±74,8	±68,2	±59,4	±46,7	±27,2	0,0
	Н	10,2	23,5	36,2	47,5	56,1	59,4
22 ⁰	А	±74,6	±67,4	±58,1	±45,1	±25,8	0,0
	Н	9,6	22,8	35,1	46,0	54,2	57,4
24 ⁰	А	±74,2	±66,6	±56,9	±43,8	±24,7	0,0
	Н	9,1	22,0	34,0	44,7	52,4	55,4
26 ⁰	А	±73,8	±65,8	±55,9	±42,4	±23,7	0,0
	Н	8,5	21,2	33,0	43,2	50,6	53,4
28 ⁰	А	±73,6	±65,2	±55,0	±41,3	±22,8	0,0
	Н	8,0	20,4	31,9	41,8	48,8	51,4
30 ⁰	А	±73,5	±64,6	±53,9	±40,1	±21,9	0,0
	Н	7,4	19,5	30,6	40,2	46,9	49,4
32 ⁰	А	±73,2	±63,9	±53,0	±39,0	±21,2	0,0
	Н	6,8	18,6	29,5	38,6	45,1	47,4
34 ⁰	А	±73,0	±63,4	±52,1	±38,1	±20,5	0,0
	Н	6,2	17,8	28,2	37,1	43,2	45,4
36 ⁰	А	±72,7	±62,8	±51,3	±37,2	±19,8	0,0
	Н	5,6	16,8	27,0	35,4	41,3	43,4
38 ⁰	А	±72,6	±62,3	±50,5	±36,4	±19,2	0,0
	Н	5,0	16,0	25,8	33,9	39,5	41,4
40 ⁰	А		±61,8	±49,7	±35,6	±18,7	0,0
	Н		15,0	24,4	32,3	37,5	39,4
42 ⁰	А		±61,3	±49,1	±34,9	±18,3	0,0
	Н		14,0	23,2	30,6	35,6	37,4
44 ⁰	А		±60,8	±48,5	±34,2	±17,9	0,0
	Н		13,0	21,8	29,0	33,7	35,4
46 ⁰	А		±60,4	±47,9	±33,6	±17,4	0,0
	Н		12,1	20,6	27,3	31,9	33,4
48 ⁰	А		±60,1	±47,4	±33,1	±17,2	0,0
	Н		11,0	19,2	25,6	30,0	31,4
50 ⁰	А		±59,9	±46,9	±32,6	±16,8	0,0
	Н		10,1	17,8	24,0	28,0	29,4
52 ⁰	А		±59,5	±46,4	±32,2	±16,5	0,0
	Н		9,1	16,4	22,4	26,1	27,4
54 ⁰	А		±59,3	±46,0	±31,7	±16,2	0,0
	Н		8,0	15,0	20,6	24,2	25,4
56 ⁰	А		±59,1	±45,6	±31,3	±16,0	0,0
	Н		7,0	13,6	18,8	22,0	23,4
58 ⁰	А		±58,9	±45,3	±31,0	±15,8	0,0
	Н		6,0	12,2	17,2	20,3	21,4
60 ⁰	А		±58,6	±45,1	±30,7	±15,6	0,0
	Н		5,0	10,9	15,5	18,4	19,4

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 21 марта и 21 сентября

Географическая широта		18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А	±90,0	±86,3	±81,8	±76,3	±67,0	±48,0	0,0
	Н	0,0	14,5	29,0	43,3	57,1	69,6	76,0
16 ⁰	А	±90,0	±86,3	±80,8	±74,5	±64,3	±44,2	0,0
	Н	0,0	14,4	28,7	42,8	56,3	68,1	74,0
18 ⁰	А	±90,0	±85,5	±79,9	±72,6	±61,9	±40,9	0,0
	Н	0,0	14,2	28,4	42,2	55,5	66,7	72,0
20 ⁰	А	±90,0	±84,8	±78,7	±71,0	±59,4	±38,3	0,0
	Н	0,0	14,1	28,0	41,6	54,5	65,3	70,0
22 ⁰	А	±90,0	±84,2	±77,6	±69,3	±57,2	±35,6	0,0
	Н	0,0	13,9	27,6	40,9	53,5	63,6	68,0
24 ⁰	А	±90,0	±83,7	±76,7	±67,7	±54,8	±33,5	0,0
	Н	0,0	13,7	27,2	40,2	52,3	62,0	66,0
26 ⁰	А	±90,0	±83,2	±75,7	±66,2	±52,8	±31,5	0,0
	Н	0,0	13,5	26,7	39,5	51,1	60,3	64,0
28 ⁰	А	±90,0	±82,2	±74,8	±64,7	±51,0	±29,7	0,0
	Н	0,0	13,2	26,2	38,6	49,9	58,5	62,0
30 ⁰	А	±90,0	±82,4	±74,0	±63,3	±49,3	±28,2	0,0
	Н	0,0	13,0	25,7	37,7	48,6	56,8	60,0
32 ⁰	А	±90,0	±81,9	±73,0	±62,1	±47,5	±26,8	0,0
	Н	0,0	12,7	25,1	36,9	47,3	55,0	58,0
34 ⁰	А	±90,0	±81,5	±72,1	±60,8	±45,9	±25,6	0,0
	Н	0,0	12,4	24,5	35,9	45,9	53,2	56,0
36 ⁰	А	±90,0	±81,2	±71,3	±59,5	±44,5	±24,5	0,0
	Н	0,0	12,1	23,9	34,9	44,5	51,4	54,0
38 ⁰	А	±90,0	±80,8	±70,5	±58,4	±43,1	±23,6	0,0
	Н	0,0	11,8	23,2	33,9	43,0	49,6	52,0
40 ⁰	А	±90,0	±80,3	±69,6	±57,3	±42,0	±22,6	0,0
	Н	0,0	11,4	22,5	32,8	41,6	47,7	50,0
42 ⁰	А	±90,0	±79,8	±68,8	±56,2	±40,8	±21,8	0,0
	Н	0,0	11,1	21,8	31,7	40,1	45,9	48,0
44 ⁰	А	±90,0	±79,4	±68,2	±55,1	±39,8	±21,1	0,0
	Н	0,0	10,7	21,1	30,5	38,5	44,0	46,0
46 ⁰	А	±90,0	±79,2	±67,4	±54,1	±38,8	±20,5	0,0
	Н	0,0	10,4	20,3	29,4	37,0	42,2	44,0
48 ⁰	А	±90,0	±78,7	±66,7	±53,3	±37,8	±19,8	0,0
	Н	0,0	10,0	19,5	28,2	35,4	40,3	42,0
50 ⁰	А	±90,0	±78,4	±66,1	±52,5	±37,0	±19,3	0,0
	Н	0,0	9,6	18,8	27,0	33,8	38,4	40,0
52 ⁰	А	±90,0	±78,1	±65,5	±51,8	±36,2	±18,8	0,0
	Н	0,0	9,2	17,9	25,8	32,2	36,5	38,0
54 ⁰	А	±90,0	±77,8	±64,9	±50,9	±35,5	±18,3	0,0
	Н	0,0	8,8	17,1	24,6	30,6	34,6	36,0
56 ⁰	А	±90,0	±77,6	±64,4	±50,3	±34,8	±17,9	0,0
	Н	0,0	8,3	16,2	23,3	28,9	32,7	34,0
58 ⁰	А	±90,0	±77,3	±63,9	±49,7	±34,2	±17,5	0,0
	Н	0,0	7,9	15,4	22,0	27,3	30,8	32,0
60 ⁰	А	±90,0	±76,9	±63,5	±49,1	±33,7	±17,2	0,0
	Н	0,0	7,4	14,5	20,7	25,7	28,9	30,0

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 апреля

Географическая широта		18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А		±98,3	±95,4	±92,4	±89,2	±83,0	0,0
	Н		17,2	31,6	46,1	60,7	75,2	87,8
16 ⁰	А		±97,6	±94,1	±90,4	±85,6	±75,6	0,0
	Н		17,4	31,8	46,1	60,6	74,8	85,8
18 ⁰	А		±97,0	±92,8	±88,4	±82,1	±68,7	0,0
	Н		17,7	32,0	46,1	60,4	74,2	83,8
20 ⁰	А		±96,4	±91,6	±86,3	±78,7	±62,5	0,0
	Н		18,0	32,0	46,0	60,1	73,5	81,8
22 ⁰	А		±95,6	±90,4	±84,3	±75,2	±56,8	0,0
	Н		18,4	32,0	45,9	59,5	72,4	79,8
24 ⁰	А	±100,8	±95,0	±89,2	±82,2	±72,0	±52,0	0,0
	Н	4,8	18,4	32,1	45,7	59,1	71,5	77,8
26 ⁰	А	±100,6	±94,4	±88,0	±80,2	±68,9	±47,7	0,0
	Н	5,1	18,5	32,0	45,3	58,3	69,9	75,8
28 ⁰	А	±100,4	±93,6	±88,6	±78,2	±66,1	±44,0	0,0
	Н	5,5	18,6	31,9	45,0	57,6	68,6	73,6
30 ⁰	А	±100,2	±93,0	±85,4	±76,3	±63,2	±40,8	0,0
	Н	5,8	18,8	31,8	44,6	56,7	67,0	71,8
32 ⁰	А	±100,0	±92,4	±84,1	±74,4	±60,6	±37,7	0,0
	Н	6,2	18,8	31,6	44,0	55,8	65,5	69,8
34 ⁰	А	±99,8	±91,7	±83,0	±72,5	±58,1	±35,3	0,0
	Н	6,6	18,9	31,3	43,5	54,8	63,9	67,8
36 ⁰	А	±99,6	±91,0	±81,8	±70,7	±55,8	±33,0	0,0
	Н	6,9	19,0	31,0	42,8	53,7	62,3	65,8
38 ⁰	А	±99,3	±90,3	±80,6	±69,0	±53,6	±31,1	0,0
	Н	7,2	19,0	30,8	42,2	52,7	60,7	63,8
40 ⁰	А	±99,0	±89,6	±79,3	±67,3	±51,6	±29,3	0,0
	Н	7,5	19,0	30,4	41,4	51,4	58,8	61,8
42 ⁰	А	±98,8	±88,9	±78,3	±65,8	±49,7	±27,8	0,0
	Н	7,8	18,8	30,0	40,6	50,0	56,9	59,8
44 ⁰	А	±98,6	±88,2	±77,2'	±64,2	±48,0	±26,5	0,0
	Н	8,2	18,8	29,6	39,8	49,8	55,3	57,8
46 ⁰	А	±98,3	±87,6	±76,0	±62,8	±46,3	±25,3	0,0
	Н	8,4	18,8	29,2	38,9	47,4	53,5	55,8
48 ⁰	А	±97,9	±86,8	±75,0	±61,3	±44,8	±24,2	0,0
	Н	8,8	18,8	28,7	38,0	46,0	51,7	53,8
50 ⁰	А	±97,6	±86,2	±74,0	±60,0	±43,4	±23,2	0,0
	Н	9,0	18,6	28,1	37,0	44,5	49,8	51,8
52 ⁰	А	±97,4	±85,5	±73,0	±58,8	±42,1	±22,3	0,0
	Н	9,2	18,5	27,6	36,0	43,1	49,8	49,8
54 ⁰	А	±97,0	±84,8	±72,0	±57,6	±40,9	±21,5	0,0
	Н	9,5	18,6	27,0	34,9	41,6	46,1	47,8
56 ⁰	А	±96,6	±84,2	±71,0	±56,4	±39,8	±20,8	0,0
	Н	9,8	18,1	26,3	33,8	40,0	44,2	45,8
58 ⁰	А	±96,3	±83,6	±70,1	±55,3	±38,7	±20,1	0,0
	Н	10,0	17,9	25,6	32,7	38,4	42,2	43,8
60 ⁰	А	±95,9	±82,9	±69,2	±54,2	±37,8	±19,5	0,0
	Н	10,2	17,7	25,0	31,6	37,0	40,6	41,8

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 мая

Географическая широта		19 и 5 ч	18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А		±109,7	±107,0	±105,4	±104,7	±106,2	±115,5	180,0
	Н		4,8	18,6	32,6	46,6	60,6	74,5	83,8
16 ⁰	А		±109,5	±106,4	±104,0	±102,5	±102,6	±108,3	180,0
	Н		5,4	19,2	33,0	47,0	61,0	74,8	85,8
18 ⁰	А		±109,3	±105,7	±102,8	±100,4	±99,1	±101,0	180,0
	Н		6,2	19,8	33,6	47,6	61,5	75,7	87,8
20 ⁰	А		±109,1	±105,0	±101,6	±98,3	±95,6	±93,3	180,0
	Н		6,8	20,2	34,0	47,9	61,9	76,0	89,8
22 ⁰	А		±108,8	±104,2	±100,1	±96,1	±91,7	±85,2	0,0
	Н		7,4	20,8	34,3	48,1	61,8	75,8	88,2
24 ⁰	А		±108,6	±103,5	±98,9	±93,9	±88,0	±77,6	9,9
	Н		8,0	21,2	34,6	48,2	61,9	75,4	86,2
26 ⁰	А		±108,3	±102,8	±97,6	±91,7	±84,8	±70,5	0,0
	Н		8,7	21,6	35,0	48,3	61,8	74,8	84,2
28 ⁰	А		±108,0	±102,0	±96,1	±89,4	±80,6	±63,7	0,0
	Н		9,3	22,1	35,2	48,3	61,5	74,2	82,2
30 ⁰	А		±107,7	±101,2	±94,6	±87,2	±76,8	±57,6	0,0
	Н		9,9	22,4	35,3	48,2	61,1	73,0	80,2
32 ⁰	А		±107,4	±100,4	±93,3	±84,9	±73,4	±52,2	0,0
	Н		10,6	22,9	35,5	48,2	60,6	72,0	78,2
34 ⁰	А		±107,0	±99,4	±91,8	±82,7	±70,0	±47,9	0,0
	Н		11,1	23,2	35,6	48,0	60,1	70,9	76,2
36 ⁰	А		±106,6	±98,6	±90,3	±80,4	±66,8	±43,7	0,0
	Н		11,7	23,6	35,6	47,7	59,3	69,4	74,2
38 ⁰	А		±106,3	±97,8	±88,9	±78,5	±63,9	±40,5	0,0
	Н		12,3	23,8	35,6	47,3	58,5	68,0	72,2
40 ⁰	А		±105,8	±96,8	±87,3	±76,3	±61,2	±37,4	0,0
	Н		12,8	24,1	35,6	46,9	57,7	66,5	70,2
42 ⁰	А		±105,3	±96,0	±85,9	±74,3	±58,4	±34,7	0,0
	Н		13,4	24,3	35,4	46,3	56,6	64,7	68,2
44 ⁰	А		±104,8	±95,0	±84,5	±72,3	±55,9	±32,4	0,0
	Н		13,9	24,5	35,2	45,8	55,5	63,0	66,2
46 ⁰	А	±114,8	±104,3	±94,1	±83,1	±70,3	±53,5	±30,5	0,0
	Н	4,6	14,4	24,6	35,0	45,2	54,4	61,4	64,2
48 ⁰	А	±114,6	±103,8	±93,2	±81,7	±68,4	±51,4	±28,7	0,0
	Н	5,4	14,8	24,8	34,8	44,4	53,1	59,6	62,2
50 ⁰	А	±114,4	±103,3	±92,2	±80,3	±66,5	±49,4	±27,2	0,0
	Н	6,2	15,3	24,8	34,5	43,6	51,8	57,8	60,2
52 ⁰	А	±114,2	±102,8	±91,4	±79,0	±64,9	±47,6	±25,8	0,0
	Н	7,0	15,8	25,0	34,1	42,9	50,6	56,1	58,2
52,2 ⁰	А	±114,1	±102,8	±91,4	±79,0	±64,5	±47,2	±25,7	0,0
	Н	7,1	15,8	25,0	34,1	42,8	50,4	55,9	58,0
54 ⁰	А	±114,0	±102,2	±90,4	±77,7	±63,2	±45,9	±24,6	0,0
	Н	7,8	16,2	25,0	33,7	42,0	49,2	54,3	56,2
56 ⁰	А	±113,6	±101,6	±89,4	±76,3	±61,7	±44,3	±23,4	0,0
	Н	8,6	16,6	25,0	33,2	41,0	47,7	52,4	54,2

58 ⁰	А	±113,3	±101,0	±88,5	±75,1	±60,1	±42,8	±22,6	0,0
60 ⁰	Н	9,5	17,0	25,0	32,8	40,1	46,3	50,6	52,2
	А	±113,0	±100,4	±87,6	±73,8	±58,8	±41,4	±21,7	0,0
	Н	10,2	17,4	24,8	32,2	39,1	44,8	48,8	50,2

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 21 июня

Географическая широта		22и2ч	21и3ч	20 и 4 ч	19 и 5ч	18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	А Н				5ч35мин 18ч25мин ±114,2 0,0	±112,9 5,5	±110,3 19,1	±109,1 32,8	±109,0 46,5	±113,0 60,1	±126,0 72,9	180,0 80,6
16 ⁰	А Н				5ч32мин 18ч28мин ±114,5 0,0	±112,6 6,3	±109,6 19,8	±107,9 33,4	±107,3 47,2	±109,4 60,9	±119,2 74,2	180,0 82,6
18 ⁰	А Н				5ч28мин 18ч32мин ±114,7 0,0	±112,4 7,1	±109,0 20,4	±106,4 34,1	±105,4 47,7	±106,0 61,5	±113,4 75,0	180,0 84,6
20 ⁰	А Н				5ч24мин 18ч36мин ±115,0 0,0	±112,2 7,8	±108,2 21,1	±105,1 34,6	±103,2 48,2	±102,2 62,0	±102,9 75,9	180,0 86,6
22 ⁰	А Н				5ч20мин 18ч40мин ±115,4 0,0	±111,9 8,8	±107,5 21,7	±103,8 35,1	±100,4 48,7	±98,0 62,4	±95,5 76,2	180,0 88,6
24 ⁰	А Н				5ч16мин 18ч44мин ±115,8 0,0	±111,7 9,3	±106,7 22,3	±102,6 35,5	±99,3 48,9	±90,0 62,8	±90,0 76,4	0,0 89,4
26 ⁰	А Н				5ч11мин 18ч49мин ±116,3 0,0	±111,3 10,0	±106,0 22,8	±101,2 35,9	±96,8 49,2	±85,6 62,6	±84,5 76,2	0,0 87,4
28 ⁰	А Н				5ч07мин 18ч53мин ±116,8 0,0	±111,0 10,8	±105,1 23,4	99,6 36,3	±92,5 49,5	±85,6 62,6	±74,0 75,7	0,0 85,4
30 ⁰	А Н				5ч02мин 18ч58мин ±117,4 0,0	±110,6 11,5	±104,3 23,9	±98,0 36,0	±92,7 49,5	±83,5 62,5	±66,8 75,0	0,0 83,0
32 ⁰	А Н			4ч57мин 19ч03мин ±118,0 0,0	±117,6 0,5	±110,2 12,2	±103,4 24,4	±96,5 36,9	±90,0 49,6	±79,7 62,2	±62,0 74,4	0,0 81,4
34 ⁰	А Н			4ч52мин 19ч08мин ±128,7 0,0	±117,6 1,4	±109,8 12,8	±102,6 24,8	±95,8 37,0	±87,5 49,5	±76,2 61,8	±54,8 73,1	0,0 79,4
36 ⁰	А Н			4ч46мин 19ч14мин ±119,5 0,0	±117,5 2,4	±109,4 13,5	±101,7 25,2	±94,1 37,2	±85,6 49,4	±72,8 61,3	±50,3 72,0	0,0 77,4
38 ⁰	А Н			4ч41мин 19ч19мин ±120,3 0,0	±117,4 3,3	±108,8 14,2	±100,7 25,6	±92,6 37,3	±82,2 49,1	±69,6 60,6	±45,7 70,6	0,0 75,4
40 ⁰	А Н			4ч35мин 19ч25мин ±121,3 0,0	±117,3 4,2	±108,3 14,8	±99,7 26,0	±90,0 37,4	±80,0 48,8	±66,2 59,9	±42,0 69,2	0,0 73,4
42 ⁰	А Н			4ч28мин 19ч32мин ±122,4 0,0	±117,2 5,1	±108,0 15,4	±98,7 26,3	±90,0 37,4	±77,8 48,4	±63,0 59,0	±38,8 67,7	0,0 71,4
44 ⁰	А Н			4ч21мин 19ч39мин ±123,6 0,0	±117,0 6,0	±107,4 16,0	±97,7 26,6	±87,4 37,3	±75,4 47,9	±59,9 58,0	±35,8 66,1	0,0 69,4
46 ⁰	А			4ч13мин 19ч47мин ±125,0	±116,8	±106,9	±96,8	±85,9	±73,4	±57,4	±33,2	0,0

48 ⁰	Н			0,0	7,0	16,6	26,8	37,2	47,4	56,9	64,3	67,4
	А Н			4ч05мин 19ч55мин ±126,5 0,0	±116,5 7,9	±106,2 17,2	±95,5 27,1	±84,9 37,1	71,6 46,9	±54,9 55,9	±31,2 62,7	0,0 65,4
50 ⁰	А Н		3ч56мин 20ч04мин ±128,2 0,0	±127,4 0,6	±116,3 8,7	±105,6 17,8	±94,2 27,3	±83,6 36,9	±69,8 46,2	±52,6 54,7	±29,3 61,0	0,0 63,4
52 ⁰	А Н		3ч45мин 20ч15мин ±130,2 0,0	±127,4 1,8	±116,0 9,7	±105,0 18,3	±93,5 27,4	±82,0 36,6	±67,9 45,5	±50,3 53,4	±27,7 59,3	0,0 61,4
54 ⁰	А Н		3ч33мин 20ч27мин ±132,6 0,0	±127,3 3,0	±115,7 10,5	±104,5 18,8	±92,5 27,5	±80,4 36,3	±65,9 44,7	±48,3 52,1	±26,2 57,5	0,0 59,4
56 ⁰	А Н		3ч33мин 20ч40мин ±135,4 0,0	±127,2 4,1	±115,4 11,3	±103,7 19,3	±92,5 27,5	±78,8 35,9	±64,0 43,8	±46,3 50,6	±24,9 55,6	0,0 57,4
58 ⁰	А Н		3ч04мин 20ч56мин ±138,7 0,0	±127,1 5,4	±115,0 12,2	±103,0 19,7	±77,3 7,9	±77,1 35,4	±62,3 42,9	±44,7 49,3	±23,6 53,7	0,0 55,4
60 ⁰	А Н	2ч45мин 21ч15мин 142,7 0,0	±139,5 1,1	±126,9 6,7	±114,5 13,1	±102,1 20,2	±90,0 27,6	±75,9 35,0	±61,0 42,1	±43,2 47,9	±22,7 52,0	0,0 53,4

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 июля

Географическая широта			18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14°	А		±110,0	±107,2	±105,6	±105,2	±107,0	±116,5	180,0
	Н		4,9	18,6	32,6	46,7	60,7	74,4	83,5
16°	А		±109,8	±106,6	±104,2	±103,0	±103,4	±109,5	180,0
	Н		5,6	19,2	33,2	47,1	61,2	75,0	85,5
18°	А		±109,6	±105,9	±103,0	±100,9	±99,9	±102,3	180,0
	Н		6,2	19,8	33,6	47,6	61,6	75,8	87,5
20°	А		±109,4	±105,2	±101,8	±98,8	±96,4	±94,7	180,0
	Н		6,9	20,4	34,0	48,0	62,0	76,2	89,5
22°	А		±109,1	±104,4	±100,3	±96,6	±92,5	±86,5	0,0
	Н		7,5	20,8	34,4	48,2	62,1	76,0	88,5
24°	А		±108,9	±103,7	±99,1	±94,4	±88,8	±78,8	9,9
	Н		8,2	21,7	34,8	48,3	62,0	75,6	86,5
26°	А		±108,6	±103,0	±97,8	±92,2	±85,2	±71,6	0,0
	Н		8,8	21,8	35,0	48,4	61,9	75,0	84,5
28°	А		±108,3	±102,2	±96,3	±89,9	±81,4	±64,7	0,0
	Н		9,4	22,2	35,3	48,5	61,6	74,4	82,5
30°	А		±107,9	±101,4	±94,8	±87,6	±77,7	±58,5	0,0
	Н		10,1	22,6	35,5	48,4	61,3	73,4	80,5
32°	А		±107,6	±100,6	±93,5	±85,3	±74,2	±53,0	0,0
	Н		10,7	23,1	35,7	48,3	60,9	72,4	78,5
34°	А		±107,2	±99,6	±92,0	±83,1	±70,7	±48,4	0,0
	Н		11,3	23,4	35,8	48,2	60,4	71,2	76,5
36°	А		±106,8	±98,8	±90,5	±88,0	±67,4	±44,3	0,0
	Н		11,9	23,7	35,8	47,9	59,5	69,8	75,5
38°	А		±106,5	±98,0	±89,1	±78,8	±64,4	±40,9	0,0
	Н		12,5	24,0	35,8	47,6	58,8	68,3	72,5
40°	А		±106,0	±97,0	±87,6	±76,6	±61,6	±37,8	0,0
	Н		13,0	24,2	35,7	47,1	57,9	66,8	70,5
42°	А		105,5	±96,2	±86,2	±74,6	±58,8	±35,1	0,0

44 ⁰	H		13,6	24,4	35,6	46,6	56,8	65,0	68,5
	A		±105,0	±95,2	±84,8	±72,6	±56,3	±32,8	0,0
46 ⁰	H		14,0	24,6	35,4	46,0	55,7	63,2	66,5
	A	±114,8	±104,5	±94,3	±83,4	±70,6	±53,9	±30,8	0,0
48 ⁰	H	4,8	14,6	24,9	35,3	45,4	54,7	61,8	64,5
	A	±114,6	±104,0	±93,4	±82,0	±68,7	±51,8	±29,0	0,0
50 ⁰	H	5,6	15,0	25,0	35,0	44,7	53,4	60,0	62,5
	A	±114,4	±103,5	±92,4	±80,6	±66,8	±49,7	±27,6	0,0
52 ⁰	H	6,4	15,6	25,1	34,7	44,0	52,1	58,2	60,5
	A	±114,2	±103,0	±91,6	±79,3	±65,2	±47,9	±26,1	0,0
52,2 ⁰	H	7,3	16,0	25,2	34,3	43,2	50,9	56,4	58,4
	A	±114,2	±103,0	±91,5	±79,1	±64,8	±47,5	±25,9	0,0
54 ⁰	H	7,3	16,0	25,2	34,3	43,0	50,6	56,1	58,3
	A	±114,0	±102,4	±90,6	±78,0	±63,5	±46,1	±24,8	0,0
56 ⁰	H	8,0	16,4	25,2	34,0	42,3	49,5	54,6	56,5
	A	±113,7	±101,8	±89,6	±76,6	±62,0	±44,5	±23,6	0,0
58 ⁰	H	8,9	16,8	25,2	33,5	41,3	48,0	52,8	54,5
	A	±113,4	±101,2	±88,7	±75,4	±60,4	±43,0	±22,7	0,0
60 ⁰	H	9,8	17,3	25,2	33,0	40,4	46,6	50,9	52,5
	A	±113,0	±100,6	±87,8	±74,1	±59,0	±41,5	±21,8	0,0
	H	10,5	17,6	25,1	32,5	39,4	45,1	49,0	50,5

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 августа

Географическая широта		18 и 6 ч	17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	A		±98,7	±95,9	±94,2	±84,8	±81,5	0,0
	H		17,3	31,7	46,1	60,7	75,2	88,2
16 ⁰	A		±98,0	±94,6	±90,4	±83,0	±74,7	0,0
	H		17,5	31,9	46,2	60,6	74,8	86,2
18 ⁰	A		±97,4	±93,3	±88,4	±81,6	±68,3	0,0
	H		17,8	32,0	46,2	60,5	74,2	84,2
20 ⁰	A		±96,8	±92,1	±86,3	±77,5	±62,1	0,0
	H		18,0	32,1	46,1	60,1	73,5	82,2
22 ⁰	A		±96,0	±90,9	±84,9	±75,4	±57,3	0,0
	H		18,3	32,3	46,0	59,8	72,6	80,2
24 ⁰	A	±101,2	±95,4	±89,7	±82,2	±71,8	±52,1	0,0
	H	5,0	18,5	39,2	45,8	59,2	71,6	78,2
26 ⁰	A	±101,0	±94,8	±88,5	±80,9	±68,7	±47,8	0,0
	H	5,3	18,6	32,1	45,5	58,4	70,0	76,2
28 ⁰	A	±100,8	±94,0	±87,1	±78,4	±66,0	±44,3	0,0
	H	5,7	18,8	32,0	45,1	57,7	68,8	74,2
30 ⁰	A	±100,6	±93,4	±85,9	±76,7	±63,7	±41,4	0,0
	H	6,1	19,0	32,0	44,8	57,0	67,4	72,2
32 ⁰	A	±100,4	±92,8	±84,6	±74,8	±60,7	±38,1	0,0
	H	6,4	19,0	31,8	44,2	56,0	65,8	70,2
34 ⁰	A	±100,2	±92,1	±83,5	±72,9	±58,2	±35,6	0,0
	H	6,8	19,2	31,6	43,7	55,0	64,2	68,2
36 ⁰	A	±100,0	±91,4	±82,3	±71,3	±55,8	±33,1	0,0
	H	7,1	19,2	31,2	43,1	53,9	62,5	66,2
38 ⁰	A	±99,7	±90,7	±81,1	±69,4	±53,5	±31,2	0,0

40 ⁰	H	7,4	19,2	31,0	42,4	52,8	60,9	64,2
	A	±99,4	±90,0	±79,8	±67,6	±51,7	±29,5	0,0
42 ⁰	H	7,8	19,2	30,6	41,7	51,6	59,2	62,2
	A	±99,2	±89,2	±78,8	±66,1	±50,1	±28,0	0,0
44 ⁰	H	8,1	19,2	30,2	40,8	50,4	57,3	60,2
	A	±99,0	±88,6	±77,7	±64,4	±48,1	±26,7	0,0
46 ⁰	H	8,4	19,2	30,3	40,1	49,1	55,7	58,2
	A	±98,7	±88,0	±76,5	±63,0	±46,4	±25,4	0,0
48 ⁰	H	8,8	19,2	29,5	39,2	47,7	53,9	56,2
	A	±98,3	±87,2	±75,5	±61,4	±44,8	±24,3	0,0
50 ⁰	H	9,0	19,0	29,0	38,2	46,3	52,1	54,2
	A	±97,9	±86,6	±74,5	±60,4	±43,6	±23,3	0,0
52 ⁰	H	9,3	19,0	28,4	37,3	44,9	50,3	52,2
	A	±97,7	±85,9	±73,5	±59,1	±42,1	±22,4	0,0
52,2 ⁰	H	9,6	18,8	27,8	36,3	43,4	48,4	50,2
	A	±97,7	±85,9	±73,3	±58,9	±42,1	±22,4	0,0
54 ⁰	H	9,6	18,8	27,8	36,2	43,3	48,2	50,0
	A	±97,3	±85,2	±72,5	±57,8	±41,1	±21,7	0,0
56 ⁰	H	9,8	18,6	27,3	35,3	42,0	46,6	48,2
	A	±96,9	±84,6	±71,5	±56,5	±40,0	±20,8	0,0
58 ⁰	H	10,1	18,4	26,6	34,1	40,4	44,6	46,2
	A	±96,6	±84,0	±70,6	±55,5	±38,8	±20,2	0,0
60 ⁰	H	10,3	18,2	26,0	33,0	38,9	42,8	44,2
	A	±96,2	±83,3	±69,8	±54,4	±37,8	±19,4	0,0
	H	10,6	18,0	25,3	31,9	37,3	40,8	42,2

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 октября

Географическая широта		17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14 ⁰	A	±76,0	±70,8	±63,4	±52,1	±32,1	0,0
	H	11,6	25,6	39,0	51,4	61,3	65,3
16 ⁰	A	±75,5	±69,8	±62,0	±50,1	±30,1	0,0
	H	11,2	24,9	38,1	50,1	59,5	63,3
18 ⁰	A	±75,0	±68,9	±60,7	±48,3	±28,6	0,0
	H	10,6	24,2	37,2	48,8	57,8	61,3
20 ⁰	A	±74,8	±68,2	±59,3	±46,6	±27,1	0,0
	H	10,1	23,4	36,1	47,4	56,0	59,3
22 ⁰	A	±74,4	±67,2	±58,1	±45,1	±25,8	0,0
	H	9,6	22,7	35,0	46,0	54,1	57,3
24 ⁰	A	±74,0	±66,5	±56,9	±43,7	±24,6	0,0
	H	9,0	21,9	34,0	44,6	52,3	55,3
26 ⁰	A	±73,8	±65,8	±55,9	±42,4	±23,6	0,0
	H	8,4	21,1	32,9	43,2	50,5	53,3
28 ⁰	A	±73,8	±65,1	±54,9	±41,2	±22,7	0,0
	H	8,0	20,3	31,8	41,7	48,7	51,3
30 ⁰	A	±73,4	±64,4	±53,9	±40,0	±21,9	0,0
	H	7,3	19,0	30,6	40,1	46,8	49,3
32 ⁰	A	±73,2	±63,9	±52,9	±39,0	±21,2	0,0
	H	6,7	18,6	29,4	38,5	45,0	47,3
34 ⁰	A	±73,0	±63,4	±52,1	±38,0	±20,5	0,0

36°	H	6,2	17,7	28,2	37,0	43,1	45,3
	A	±72,7	±62,8	±51,3	±37,2	±19,8	0,0
38°	H	5,6	16,8	27,0	35,4	41,2	43,3
	A	±72,4	±62,1	±50,4	±36,3	±19,2	0,0
40°	H	5,0	15,8	25,6	33,8	39,4	41,3
	A		±61,6	±49,4	±35,6	±18,7	0,0
42°	H		14,8	24,3	32,2	37,4	39,3
	A		±61,3	±49,0	±34,8	±18,3	0,0
44°	H		14,0	23,1	30,5	35,5	37,3
	A		±60,8	±48,5	±34,2	±17,9	0,0
46°	H		13,0	21,8	28,9	33,6	35,3
	A		±60,5	±47,9	±33,6	±17,4	0,0
48°	H		12,0	20,5	27,2	31,8	33,3
	A		±60,1	±47,3	±33,1	±17,1	0,0
50°	H		11,0	19,1	25,6	29,9	31,3
	A		±59,8	±46,9	±32,6	±16,8	0,0
52°	H		10,0	17,8	23,9	28,0	29,3
	A		±59,4	±46,4	±32,2	±16,5	0,0
52,2°	H		9,0	16,4	22,3	26,0	27,3
	A		±59,4	±46,3	±32,1	±16,4	0,0
54°	H		9,0	16,2	22,1	25,8	27,1
	A		±59,3	±46,0	±31,7	±16,2	0,0
56°	H		8,0	15,0	20,6	24,1	25,3
	A		±59,0	±45,6	±31,3	±16,0	0,0
58°	H		6,9	13,6	18,7	22,1	23,3
	A		±58,0	±45,3	±31,0	±15,8	0,0
60°	H		5,8	12,1	17,0	20,2	21,3
	A		±58,6	±45,1	±30,6	±15,6	0,0
	H		4,9	10,8	15,4	18,3	19,3

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 20 ноября

Географическая широта		17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14°	A	±66,8	±61,4	±53,5	±41,8	±23,8	0,0
	H	8,8	22,0	34,2	45,1	53,0	56,1
16°	A	±66,5	±60,7	±52,5	±40,4	±22,8	0,0
	H	8,0	21,0	33,0	43,5	51,1	54,1
18°	A	±66,2	±60,0	±51,5	±39,3	±21,9	0,0
	H	7,3	20,0	31,8	42,0	49,4	52,1
20°	A	±65,9	±59,4	±50,6	±38,2	±21,1	0,0
	H	6,5	19,0	30,6	40,6	47,6	50,1
22°	A	±65,9	±58,9	±49,6	±37,1	±20,3	0,0
	H	5,6	18,0	29,2	38,8	45,5	48,1
24°	A	±65,8	±58,3	±48,8	±36,2	±19,7	0,0
	H	4,8	17,0	28,0	37,3	43,8	46,1
26°	A		±57,8	±48,0	±35,3	±19,0	0,0
	H		15,8	26,6	35,6	41,8	44,1
28°	A		±57,3	±47,4	±34,6	±18,5	0,0
	H		14,8	25,4	34,0	40,0	42,1
30°	A		±56,9	±46,7	±33,8	±18,0	0,0

32°	Н		13,7	23,9	32,4	38,0	40,1
	А		±56,5	±46,0	±33,1	±17,5	0,0
34°	Н		12,6	22,5	30,6	36,2	38,1
	А		±56,2	±45,6	±32,5	±17,1	0,0
36°	Н		11,6	21,2	29,0	34,2	36,1
	А		±55,9	±44,9	±31,9	±16,7	0,0
38°	Н		10,4	19,7	27,2	32,3	34,1
	А		±55,6	±44,5	±31,4	±16,4	0,0
40°	Н		9,2	18,4	25,6	30,4	32,1
	А		±55,3	±44,0	±30,9	±16,1	0,0
42°	Н		8,1	16,8	23,9	28,5	30,1
	А		±55,2	±43,6	±30,5	±15,8	0,0
44°	Н		7,0	15,4	22,2	26,5	28,1
	А		±54,9	±43,3	±30,0	±15,6	0,0
46°	Н		5,8	14,0	20,4	24,7	26,1
	А		±54,7	±43,0	±29,8	±15,3	0,0
48°	Н		4,7	12,6	18,7	22,8	24,1
	А			±42,7	±29,5	±15,0	0,0
50°	Н			11,0	17,0	20,8	22,1
	А			±42,4	±29,2	±14,9	0,0
52°	Н			9,6	15,2	18,8	20,1
	А			±42,2	±28,9	±14,7	0,0
52,2°	Н			8,1	13,5	16,9	18,1
	А			±42,2	±28,9	±14,7	0,0
54°	Н			8,0	13,3	16,7	17,9
	А			±42,1	±28,7	±14,6	0,0
56°	Н			6,6	11,8	15,0	16,1
	А			±41,9	±28,5	±14,4	0,0
58°	Н			5,1	10,0	13,0	14,1
	А				±28,4	±14,4	0,0
60°	Н				8,2	11,1	12,1
	А				±28,2	±14,2	0,0
	Н				6,5	9,2	10,1

Азимуты (А) солнца и высота (Н) солнца 21 декабря

Географическая широта			17 и 7 ч	16 и 8 ч	15 и 9 ч	14 и 10 ч	13 и 11 ч	12 ч
14°	А	6ч25мин 17ч35мин	±63,4 7,7	±58,0 20,4	±50,0 32,2	±38,4 42,4	±21,6 49,8	0,0 52,6
	Н	±65,8 0,0						
16°	А	6ч28мин 17ч32мин	±63,2 6,8	±57,4 19,3	±49,1 30,9	±37,3 40,8	±20,8 47,9	0,0 50,6
	Н	±65,5 0,0						
18°	А	6ч32мин 17ч28мин	±63,0 5,9	±56,8 18,3	±48,2 29,6	±36,3 39,3	±20,1 46,1	0,0 48,6
	Н	±65,3 0,0 6ч36мин						

20 ⁰	А Н	17ч24мин ±65,0 0,0 6ч40мин 17ч20мин	±62,8 5,0	±56,3 17,2	±47,4 28,3	±35,4 37,7	±19,4 44,2	0,0 46,6
22 ⁰	А Н	±64,6 0,0 6ч44мин 17ч16мин	±62,7 4,1	±55,8 16,1	±46,6 26,9	±34,5 36,0	±18,7 42,3	0,0 44,6
24 ⁰	А Н	±64,2 0,0 6ч49мин 17ч11мин	±62,6 3,2	±55,3 14,9	±45,9 25,5	±33,7 34,3	±18,2 40,4	0,0 42,6
26 ⁰	А Н	±63,7 0,0 6ч53мин 17ч07мин	±62,5 2,3	±54,9 13,8	±45,3 24,2	±33,0 32,7	±17,7 38,5	0,0 40,6
28 ⁰	А Н	±63,3 0,0 6ч58мин 17ч02мин	±62,4 1,3	±54,5 12,6	±44,7 22,7	±32,3 31,0	±17,2 36,6	0,0 38,6
30 ⁰	А Н	±62,6 0,0	±62,4 0,4	±54,1 11,4	±44,1 21,2	±31,7 29,3	±16,7 34,6	0,0 36,6
32 ⁰	А Н	7ч03мин 16ч57мин	±62,0 0,0	±53,8 10,3	±43,6 19,8	±31,2 27,6	±16,4 32,7	0,0 34,6
34 ⁰	А Н	7ч08мин 16ч52мин	±62,3 0,0	±53,6 9,1	±43,1 18,4	±30,7 25,9	±16,1 30,9	0,0 32,6
36 ⁰	А Н	7ч14мин 16ч46мин	±60,5 0,0	±53,3 7,9	±42,7 16,9	±30,2 24,1	±15,5 28,8	0,0 30,6
38 ⁰	А Н	7ч19мин 16ч41мин	±59,7 0,0	±53,1 6,7	±42,3 15,4	±29,8 22,4	±15,7 27,0	0,0 28,6
40 ⁰	А Н	7ч25мин 16ч35мин	±58,7 0,0	±53,0 5,5	±41,9 13,9	±29,4 20,7	±15,2 25,0	0,0 26,6
42 ⁰	А Н	7ч32мин 16ч28мин	±57,6 0,0	±52,8 4,3	±41,6 12,5	±29,0 18,9	±15,0 23,1	0,0 24,6
44 ⁰	А Н	7ч39мин 16ч21мин	±56,6 0,0	±52,7 3,1	±41,4 11,0	±28,7 17,2	±14,8 21,2	0,0 22,6

46 ⁰	А Н		7ч47мин 16ч13мин ±55,0 0,0	±52,6 1,9	±41,1 9,5	±28,4 15,4	±14,6 19,2	0,0 20,6
48 ⁰	А Н		7ч55мин 16ч05мин ±53,5 0,0	±52,6 0,6	±40,9 7,9	±28,2 13,6	±14,4 17,3	0,0 18,6
50 ⁰	А Н			8ч04мин 15ч56мин ±51,8 0,0	±40,7 6,4	±28,0 11,9	±14,3 15,4	0,0 16,6
52 ⁰	А Н			8ч15мин 15ч45мин ±49,8 0,0	±40,6 4,9	±27,8 10,1	±14,1 13,4	0,0 14,6
54 ⁰	А Н			8ч27мин 15ч33мин ±47,4 0,0	±40,5 3,4	±27,6 8,3	±14,0 11,5	0,0 12,6
56 ⁰	А Н			8ч40мин 15ч20мин ±44,6 0,0	±40,5 1,9	±27,5 6,6	±13,9 9,6	0,0 10,6
58 ⁰	А Н			8ч56мин 15ч04мин ±41,3 0,0	±40,4 0,4	±27,4 4,8	±13,9 7,6	0,0 8,6
60 ⁰	А Н			9ч15мин 15ч45мин	±37,3 0,0	±27,3 3,0	±13,8 5,6	0,0 6,6

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. Солнечная радиация и ее параметры.....	4
1.1. Влияние солнечной радиации на человека и среду его жизнедеятельности.....	4
1.2. Солнечный свет и здоровье человека.....	5
1.3. Спектральный состав и энергия солнечной радиации.....	9
1.3.1. Тепловая энергия солнечной радиации.....	10
1.3.2. Световая энергия солнечной радиации.....	13
1.3.3. Энергия ультрафиолетового диапазона солнечного спектра.....	17
1.4. Координаты солнца при его движении по небосводу.....	18
1.5. Расчет солнечной радиации, приходящей к ограждениям зданий.....	23
Глава 2. Нормативные методы проектирования и расчета инсоляции.....	32
2.1. Общие требования и нормирование инсоляции.....	32
2.1.1. Требования к инсоляции жилых зданий.....	33
2.1.2. Требования к инсоляции общественных зданий.....	33
2.1.3. Требования к инсоляции территорий.....	34
2.1.4. Обеспечение нормативной продолжительности инсоляции.....	34
2.2. Инструменты по оценке продолжительности инсоляции.....	35
2.2.1. Солнечная карта.....	35
2.2.2. Инсографик.....	35
2.2.3. Картограмма затеняющих объектов.....	39
2.2.4. Картограмма светопроемов.....	40
2.3. Инсоляция территорий застройки.....	42
2.3.1. Определение продолжительности инсоляции точки на территории застройки с использованием инсографика.....	43
2.3.1.1. Построение и анализ конверта теней от здания.....	43
2.3.1.2. Инсоляция расчетной точки, расположенной вблизи одиночного здания.....	44
2.3.1.3. Инсоляция расчетной точки, расположенной внутри группы зданий.....	45
2.3.1.4. Определение гарантийно-инсоляционных зон.....	47
2.3.2. Определение продолжительности инсоляции точки на территории застройки с использованием солнечных карт и картограмм объектов затенения.....	49
2.4. Инсоляция помещений зданий.....	54
2.4.1. Определение продолжительности инсоляции помещений по инсографику.....	54

2.4.2. Определение продолжительности инсоляции помещений по солнечной карте.....	59
Глава 3. Энергетический метод проектирования и расчета инсоляции.....	65
3.1. Неточности и неоднородности метода СанПиН по расчету инсоляции.....	65
3.2. Разработка нового метода расчета инсоляции жилых помещений.....	69
3.2.1. Установление требуемого уровня бактерицидной эффективности облучения жилых помещений.....	69
3.2.2. Установление дозы УФ радиации для обеспечения заданного уровня бактерицидной эффективности.....	71
3.2.3. Исходные данные и последовательность расчета.....	72
3.3. Пример расчета заданного уровня бактерицидной эффективности инсоляции энергетическим методом.....	75
3.4. Использование пакетов прикладных программ для энергетического метода расчета инсоляции.....	78
Заключение.....	80
Список литературы.....	81
Приложение 1. Таблицы координат солнца (h_0 и A_0) на 21-е число каждого месяца года, для северного полушария (20-60° с. ш.). Таблицы Тваровского.....	84

Куприянов В.Н.

ИНСОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ

Учебное пособие