



**В.А. КАРАТАЕВ
Е.В. АДОНКИНА
М.Г. ТЕН
С.А. НЕФЕДОВА**

ИНСОЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ ЗАСТРОЙКИ



НОВОСИБИРСК 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

В.А. Каратаев, Е.В. Адонкина, М.Г. Ген, С.А. Нефедова

ИНСОЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ ЗАСТРОЙКИ

*Рекомендовано Новосибирским региональным отделением УМО
вузов Российской Федерации по образованию
в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся
по направлению 270800.62 «Строительство»*

НОВОСИБИРСК 2013

УДК 628.92
ББК 31.252
И 697

Инсоляция помещений и территорий застройки: учеб. пособие / В. А. Каратаев [и др.] ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2013. – 64 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-5-7795-0645-8

Учебное пособие предназначено для студентов направлений подготовки 270800.62 «Строительство», 270100.62 «Архитектура», 271101.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений» всех форм обучения. Пособие выполнено в соответствии с Государственным образовательным стандартом.

Прилагаемый к пособию компакт-диск содержит материал для визуального сопровождения лекций.

Печатается по решению издательско-библиотечного совета НГАСУ (Сибстрин)

Рецензенты:

- С.В. Литвинов, канд. архитектуры, декан архитектурно-градостроительного факультета НГАСУ (Сибстрин);
- В.А. Каменева, канд. архитектуры, доцент, завкафедрой архитектуры и реконструкции городской среды НГАСУ (Сибстрин);
- Г.М. Скуратовский, канд. архитектуры, доцент кафедры «Здания, строительные конструкции и материалы» СГУПС

ISBN 978-5-7795-0645-8

- © Каратаев В.А., Адонкина Е.В., Тен М.Г., Нефедова С.А., 2013
- © Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНСОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ ЗАСТРОЙКИ | 5 |
| 2. НОРМИРОВАНИЕ ИНСОЛЯЦИИ | 11 |
| 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОРМИРОВАНИЯ ИНСОЛЯЦИИ И СОЛНЦЕЗАЩИТЫ | 12 |
| 4. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ ИНСОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ | 20 |
| 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ В РАСЧЕТНОЙ ТОЧКЕ (В) НА ПЛАНЕ СВЕТОПРОЕМА | 21 |
| 6. ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ИНСОЛЯЦИИ И СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРИМЕНЕНИИ ИНСОЛЯМЕТРА | 23 |
| 6.1. Устройство инсоляметра | 23 |
| 6.2. Построение схемы затенения территории от здания с использованием инсоляметра | 27 |
| 6.3. Определение площади инсолируемых поверхностей в помещении и техника построения реальных теней на фасаде здания | 28 |
| 7. ИНСОЛЯЦИОННЫЙ ГРАФИК (ИНСОГРАФИК) | 29 |
| 7.1. Видимое движение солнца по небосводу | 29 |
| 7.2. Солнечное и декретное время | 29 |
| 7.3. Построение инсографика. Примеры расчетов | 32 |
| 8. РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИНСОГРАФИКОВ | 39 |
| 9. СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ | 42 |
| ТЕСТОВЫЕ ПРОРАБОТКИ | 48 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 53 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) | 54 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Пример оформления учебного задания «Построение конверта теней и хода теней на фасаде здания» | 61 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. Инсоляционный график (летний период) | 62 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Инсоляционный график для 55-й широты | 63 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Основные понятия и термины | 64 |

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для оценки инсоляционного режима территорий застройки и помещений. Приведены методика определения продолжительности инсоляции, примеры решения задач, нормативные сведения по инсоляции и солнцезащите.

Цели

1. Ознакомиться с теоретическими основами инсоляции помещений и территории застройки.
2. Изучить способы определения продолжительности инсоляции помещений и территории застройки.
3. Изучить нормативные документы, определяющие параметры продолжительности инсоляции помещений и территории застройки (СНиП, СанПиН).
4. Научиться определять продолжительность инсоляции для заданного участка, зданий, помещений.

План выполнения задания

1. Ознакомиться с теоретической частью данного пособия.
2. Выбрать самостоятельно или с помощью преподавателя вариант задания и выполнить его в полном объеме.
3. Оформить индивидуальный отчет (прил. Б).

Примечание

Контрольная проверка усвоения студентами материала данного пособия осуществляется путем выполнения одного или нескольких заданий. По каждому из них при необходимости может быть оформлен индивидуальный отчет по установленной форме.

Проверка усвоения материала дополнительно может сопровождаться тестированием на усвоение и закрепление материала с использованием тестовых проработок.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНСОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ ЗАСТРОЙКИ

В области архитектурно-строительного проектирования *инсоляция* означает облучение помещений и территорий застройки солнечными лучами, падающими на Землю при ее вращательном движении вокруг Солнца. Под облучением необходимо понимать совокупность светового, биофизического и теплового воздействий Солнца.

В зависимости от интенсивности и продолжительности действия Солнца инсоляция может оказывать положительное или отрицательное влияние на организм человека и микроклимат помещений. Отражение солнечных лучей от гладких поверхностей создает явление слепящей блескости, утомляющее зрение, избыток солнечной радиации приводит к перегреву помещений, действие прямого солнечного света разрушительно воздействует на некоторые материалы.

Термин «*инсоляция*» используют в основном в гигиене, архитектуре и строительной светотехнике. Различают астрономическую, вероятную и фактическую инсоляции.

Астрономическая инсоляция определяется вращениями Земли вокруг Солнца и собственной оси, наклоненной под углом $66,55^\circ$ к эклиптике.

Вероятная инсоляция зависит от состояния атмосферы и облачного покрова. Продолжительность вероятной инсоляции на территории Российской Федерации составляет около 50 % продолжительности астрономической инсоляции и определяется в основном высотой стояния солнца.

Фактическая инсоляция всегда отличается от вероятной и может быть определена лишь натурными наблюдениями. Фактическая инсоляция зависит от ориентации и конфигурации застройки, оконных проемов, положения расчетного помещения, балконов и лоджий.

Угол падения солнечного луча в определенный момент в данной точке поверхности земли характеризуется двумя угловыми величинами:

A_o – *азимут солнца* – угол, образуемый горизонтальной проекцией солнечного луча, достигшего заданной точки, и направлением на север от этой точки; измеряется в горизонтальной плоскости от северного направления по часовой стрелке, выражается в градусах;

h_o – *высота солнца* – угол, образованный солнечным лучом и его горизонтальной проекцией (измеряется в вертикальной плоскости) (рис. 1).

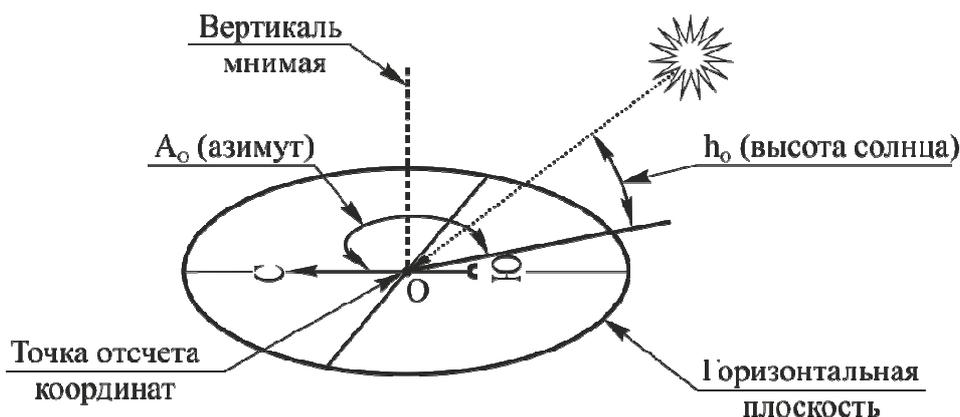


Рис. 1. Высота (h_o) и азимут (A_o) солнечных лучей

Угол падения солнечного луча на землю, найденный таким образом для исследуемой точки, определяется тремя другими показателями: *географической широтой* исследуемой точки; *склонением солнца* в день исследования; *временным моментом исследования*, выраженным в солнечном времени (рис. 2).

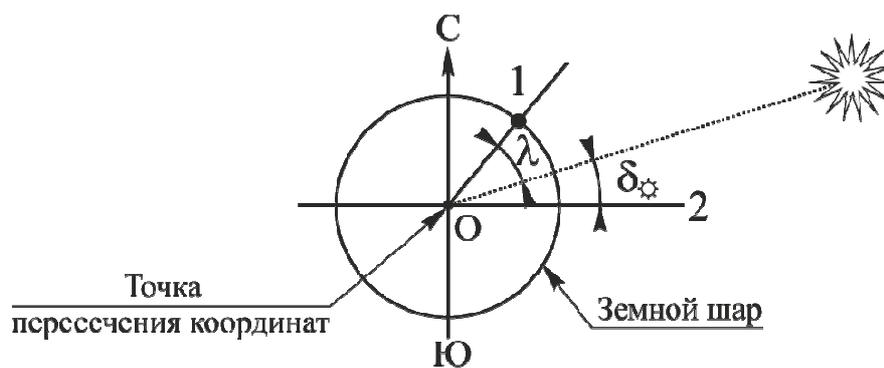


Рис. 2. Географическая широта λ населенного пункта и склонение солнца δ_{\odot} :
 1 – населенный пункт (исследуемая точка): г. Новосибирск (55° с. ш.);
 2 – экватор

Исходя из этих данных, можно рассчитать азимуты и высоты на основе астрономических формул. Чтобы избежать трудоемких расчетов, были разработаны и опубликованы числовые таблицы (Жонголович И. Д. Таблицы для определения координат Солнца // Труды I Всесоюзной конференции по естественному освещению. – М. ; Л., 1933) для некоторых интересных нас широт, взятых через каждые 2° для 24 дней года с углами, измеренными через каждый час (прил. А, табл. 4).

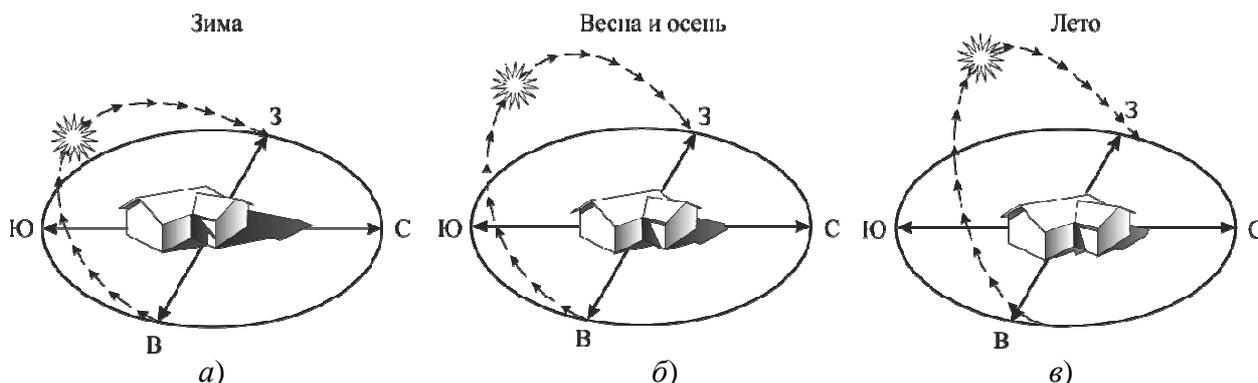


Рис. 3. Воображаемые эклиптики (траектория движения солнца) на небосклоне:
 а) 22 декабря; б) 22 сентября и 22 марта (в дни равноденствия);
 в) 22 июня (в день солнцестояния)

Продолжительность и сила солнечного излучения, достигающего Земли на протяжении всего года, зависят от географической широты, погодных условий и облачности. Совершенно разными будут излучения в ясную погоду и при сильной облачности.

Для анализа инсоляции строений, т. е. для составления архитектурного проекта, необходимо знать, какова продолжительность солнечной фазы на Земле, в том числе в местности предполагаемой застройки, а также учитывать прочие факторы:

а) продолжительность года – 8760 часов;

б) общую продолжительность дневного времени 4380 часов, что составляет приблизительно 4300 часов «светлого времени»;

в) продолжительность солнечного сияния (в среднем) в год.

Таким образом, большую часть года – $2/3$ часов светлого дневного времени, в зависимости от местных погодных условий, – на поверхность Земли падает более-менее рассеянный свет.

Поступающее прямо или косвенно на поверхность Земли солнечное излучение (глобальное излучение) формирует климат (рис. 4, 5). Продолжительность солнечного излучения на различных территориях Земли неодинакова. Она зависит от удаленности данной террито-

рии от экватора (т. е. географической широты), ее удаленности от гринвичского меридиана, а также от условий рельефа, который определяет погоду на данной территории, высоты над уровнем моря и т. д. Так, например, в Европе средняя продолжительность солнечного сияния составляет 1800–2200 часов в год; она, естественно, распределяется неравномерно между различными сезонами, и вследствие видимого движения солнца по небосводу угол падения лучей значительно изменяется в зависимости от дней и сезонов года.

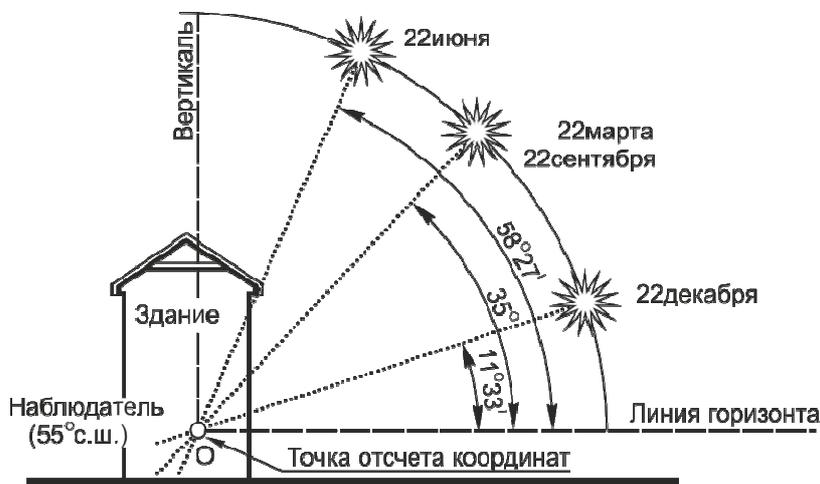


Рис. 4. Угол падения лучей относительно наблюдателя в здании в дни смены сезонов (в 12 часов дня)

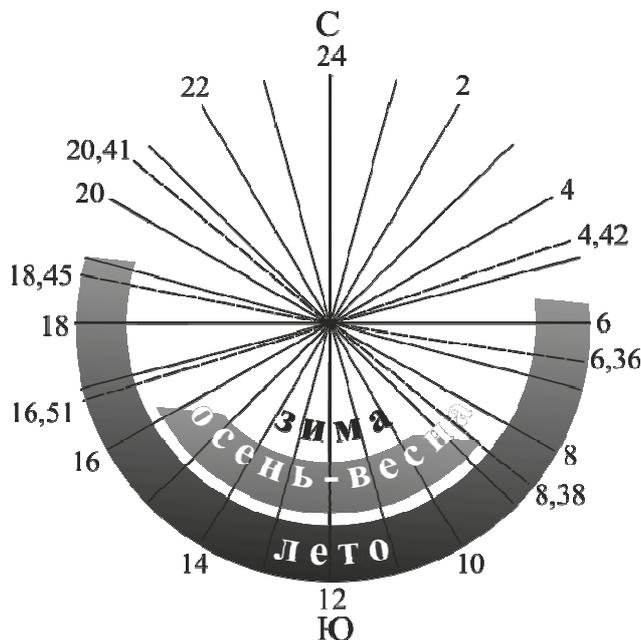


Рис. 5. Продолжительность дня от восхода солнца до захода в дни временных смен сезонов

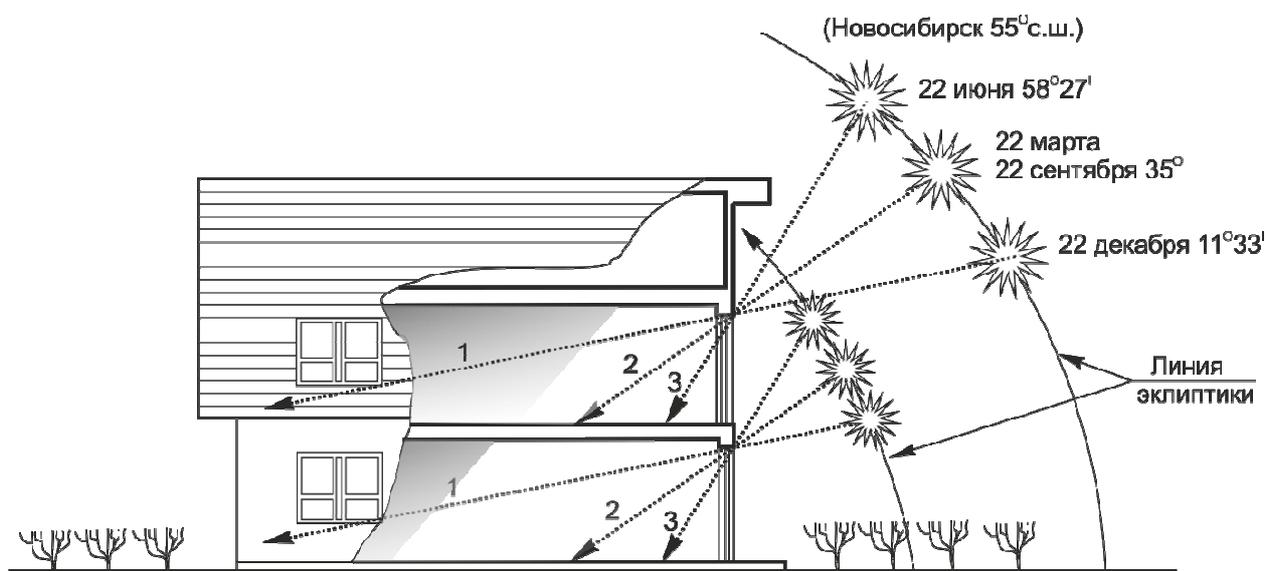


Рис. 6. Анализ инсоляции через проемы в торцевой стене здания:
 1 – зимой; 2 – осенью/весной; 3 – в период летнего солнцестоятия (в полдень)

Углы падения, направление, и прежде всего, интенсивность излучения имеют большое значение с точки зрения ориентации квартиры и помещений, предназначенных для постоянного проживания, а также с точки зрения их распределения (рис. 6). Все это необходимо знать для того, чтобы рассчитать вероятную продолжительность излучения. Энергию лучей, падающих под углом менее 10° , можно не принимать во внимание, потому что их поглощают растения и строения; поступающим под таким углом лучам приходится преодолевать очень толстый слой атмосферной пыли и испарений, что значительно снижает их интенсивность.

Определение продолжительности инсоляции жилых зданий и прочих строений, предназначенных для нахождения в них человека, – постоянная задача проектировщика. Особенно точные расчеты нужны в том случае, если мы не можем свободно выбирать ориентацию строения или если на окружающей здание территории имеются объекты, строения, элементы рельефа таких размеров, что они, пусть и временно, будут значительно затенять проектируемое здание.

Для условий Сибири наиболее благоприятной инсоляция будет при южной ориентации фасада. Инсоляцию, которую определяют путем расчетов и схем, можно изменить по-разному, не прибегая к перепланировке здания, не меняя его ориентации или размеров застекленных поверхностей. Например, можно:

- изменить размеры и форму оконной коробки;
- перекомпоновать эти застекленные поверхности (окна «вразброс»);
- изменить местоположение окна (окон).

При составлении проекта будущего здания необходимость затенения будет зависеть, во-первых, от функционального предназначения дома, во-вторых, от требований архитектуры.

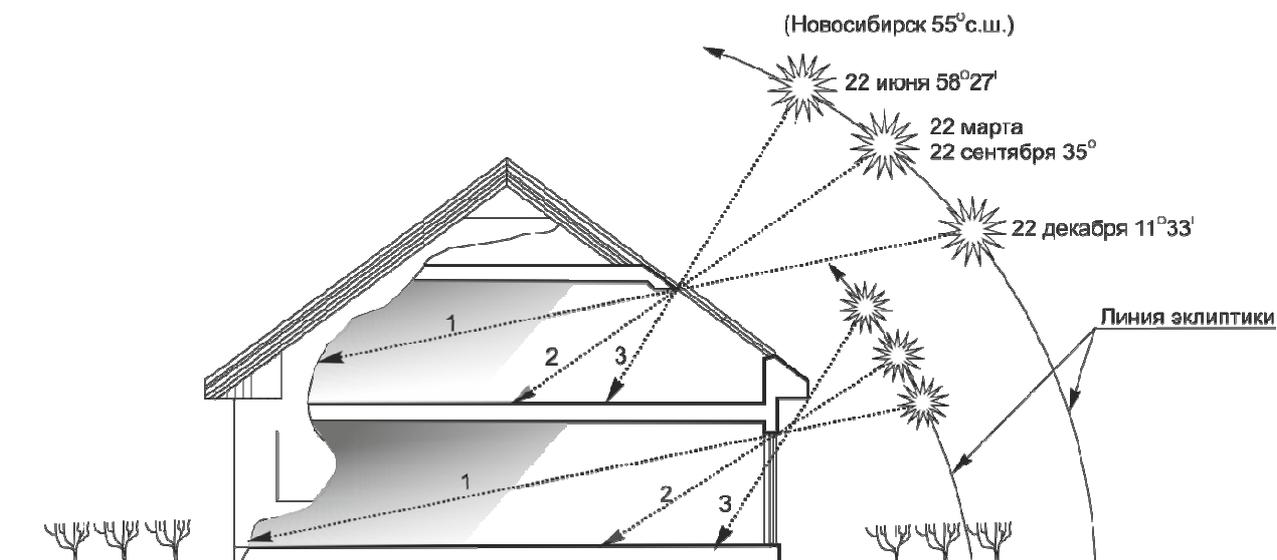


Рис. 7. Южная инсоляция дома, конек кровли которого ориентирован в направлении восток–запад, с окнами, размещенными на стенах и в плоскости крыши.

На схеме видно, что в мансардном пространстве инсоляция имеет большую глубину и более интенсивное «рассеивание», чем на первом этаже: 1 – зимой; 2 – осенью/весной; 3 – в период летнего солнцезворота (в полдень)

Прямые лучи солнца являются для человека жизненно необходимым фактором. Они благотворно влияют на его центральную нервную систему. Гигиенически обоснованной является не менее чем трехчасовая инсоляция помещений, так как именно такое время необходимо для гибели кишечной палочки; кроме того, известно, что при времени облучения помещений до одного часа наблюдаются активация микрофлоры и рост бактерий.

Стремление полнее использовать положительные качества солнечного света как активного источника ультрафиолетовой радиации приводит к регламентации продолжительности инсоляции. Согласно строительным нормам, размещение и ориентация жилых и общественных зданий должны обеспечивать непрерывную продолжительность инсоляции помещений в летний и весенне-осенний периоды года:

- для северной зоны (севернее 58° с. ш.) – не менее 2,5 ч в день с 22 апреля по 22 августа;
- для центральной зоны ($58-48^{\circ}$ с. ш.) – не менее 2 ч в день с 22 марта по 22 сентября;
- для южной зоны (южнее 48° с. ш.) – не менее 1,5 ч в день с 22 февраля по 22 октября.

При определении продолжительности инсоляции расчетной точки или помещения необходимо учитывать, что в течение первого часа после восхода солнца и последнего перед его заходом для районов южнее 58° с. ш. и полутора часов для районов севернее 58° с. ш. инсоляция из-за малой ее эффективности не учитывается.

Продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате для 1–3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах для квартир с четырьмя и более комнатами. В зданиях общежитий должно инсолироваться не менее 60 % жилых комнат. Допускается прерывистость продолжительности инсоляции, при которой один из периодов должен быть не менее 1 ч. При этом суммарная продолжительность нормируемой инсоляции должна увеличиваться на 0,5 ч соответственно для каждой зоны.

Допускается снижение продолжительности инсоляции на 0,5 ч для северной и центральной зон в двух- и трехкомнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат, и в многокомнатных квартирах (четыре и более комнаты), где инсолируется не менее трех комнат, а также при реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной и исторической зонах городов, определенных генеральными планами развития.

При планировке городов и микрорайонов очень важно правильно выбрать ориентацию улиц и зданий по сторонам света. Решение этих вопросов с учетом требований инсоляции позволяет значительно уменьшить ширину разрывов между зданиями и увеличить плотность заселения микрорайона.

Способы ориентации зданий могут быть различными. Выделяют здания меридиональной и широтной ориентаций.

Здания *меридионального* типа (помещения располагаются вдоль продольных сторон) на участке располагают так, чтобы продольная ось здания совпадала с направлением север–юг. В этом случае восточный и западный фасады получают примерно равную продолжительность инсоляции.

Здания *широтного* типа (помещения располагаются по одной его продольной стороне) на участке располагают так, чтобы продольная ось здания имела направление восток–запад. В этом случае окна помещений здания обращены на юг, юго–восток и юго–запад.

По условиям инсоляции, расстояние между продольными сторонами зданий не должно быть меньше расстояния, измеренного от уровня подоконника первого этажа проектируемого здания до уровня карниза затеняющего здания. По этому условию принимается расстояние и между торцами зданий, если в торцовых стенах располагаются окна помещений.

Если в торцовых стенах отсутствуют окна, то расстояние между торцами зданий назначается в соответствии с противопожарными требованиями (от 6 до 15 м) и принимается в зависимости от степени огнестойкости здания.

2. НОРМИРОВАНИЕ ИНСОЛЯЦИИ

Законодательно (см. «Библиографический список» – с. 53) установлено нормирование инсоляции таким образом:

1. Необходимое психологическое и оздоравливающее действие инсоляции должно быть обеспечено в жилых и общественных зданиях и на территориях жилой застройки. Исключение составляют помещения, где по условиям технологии инсоляция не допускается. К таким относятся: операционные, реанимационные залы больниц, выставочные залы музеев, химические лаборатории, книгохранилища, архивы и т. п.

2. Нормируемая продолжительность инсоляции устанавливается для помещений жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки.

3. Нормируемая продолжительность инсоляции для помещений жилых зданий устанавливается дифференцированно для центральной части и исторических зон и остальной территории города.

4. Требования настоящих норм относятся к проектированию и размещению новых, реконструкции существующих зданий и сооружений и их комплексов, а также к оценке существующих зданий.

5. Государственный контроль соблюдения гигиенических норм инсоляции осуществляется только органами государственной санитарно-эпидемиологической службы (система Роспотребнадзора РФ).

6. Требования норм инсоляции достигаются соответствующим размещением и ориентацией зданий по сторонам горизонта, а также их объемно-планировочными решениями.

7. Требования к ограничению слепящего действия инсоляции на человека и перегрева помещений распространяются на жилые комнаты квартир, спальняные комнаты санаториев, игровые, групповые и спальняные помещения детских образовательных учреждений, классные комнаты, учебные кабинеты школ, палаты лечебных учреждений, а также территории жилой застройки, где защита от перегрева должна быть предусмотрена не менее чем для половины игровых площадок, площадок для отдыха, мест размещения игровых устройств и спортивных снарядов.

8. Требования к инсоляции помещений жилых домов, включая комнаты коммунальных квартир, следует принимать по прил. А, табл. 2 для центральной части и исторических зон города на 22 апреля (22 августа), а для остальной части города – на 22 марта (22 сентября).

9. Требования к инсоляции помещений общественных зданий и территорий жилой застройки следует принимать по прил. А, табл. 3 на 22 марта (22 сентября).

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОРМИРОВАНИЯ ИНСОЛЯЦИИ И СОЛНЦЕЗАЩИТЫ

Инсоляция

Среди множества видов воздействий солнечных лучей первостепенное значение имеет бактерицидный эффект. Микробиологические исследования показали, что подавляющее большинство бактерий погибает от воздействия прямых солнечных лучей за довольно короткое время. Простой дневной свет тоже имеет бактерицидные свойства, но примерно в три раза слабее прямого солнечного света.

Обычное оконное стекло, поглощая или отражая определенную часть солнечного излучения, уменьшает бактерицидное действие последнего. Поэтому необходимо чаще открывать окна, а для таких зданий, как санатории, детские учреждения и т. п., необходимо использовать специальное стекло, прозрачное для всего спектра.

Количественный фактор, который стал условием для инсоляции территорий, зданий и помещений, называется продолжительностью инсоляции – время от начала облучения прямыми солнечными лучами до его прекращения. Инсоляция подразделяется на *возможную*, которая могла бы быть, если бы небо было постоянно безоблачным, и *реальную*, которая гораздо меньше возможной из-за облачности. В расчетах и нормировании инсоляции принимается во внимание ее максимально *возможная* продолжительность, но с учетом сокращения времени инсоляции, которое имеет место в действительности.

Инсоляцию изучают и нормируют обычно по четырем характерным дням в году: солнцестояния (летнее – 22 июня, зимнее – 22 декабря) и равноденствия (весеннего – 22 марта, осеннего – 22 сентября).

В нашей практике не принимается во внимание инсоляция, при которой угол падения меньше

– 10–12° при облучении земельного участка; в этом случае солнечные лучи проникли через толстый слой атмосферы и потеряли много энергии; к тому же различные предметы на земле оставляют очень длинные тени;

– 12° при касательном падении на фасад; в этом случае из-за большой толщины стен и наличия переплетов солнечные лучи попадают в помещение в очень незначительном количестве или не попадают совсем.

При определении инсоляции территории принимаются во внимание только препятствия в виде зданий и не учитывается ее ограничение различными природными препятствиями: рельефом, лесом и т. д.

Некоторые нормативные документы ставят условие, чтобы участки жилой застройки получали прямые солнечные лучи во время зимнего солнцестояния не менее 6 часов. Нормативная продолжительность инсоляции 6 ч используется в расчетах в зоне умеренного климата, а в холодных, жарких и жарких влажных зонах расчеты другие.

Нормы гигиены 1969 г. предусматривали выделение территории под жилое строительство таким образом, чтобы обеспечить инсоляцию квартир минимум 1,5–2 ч ежедневно для всех жилых комнат или, по меньшей мере, для одной–двух. Как исключение, объяснимое наличием склона, планировкой и т. д., допускается ориентация некоторых квартир не в соответствии с вышеуказанными нормами; количество таких квартир не должно превышать 5 % от общего количества квартир в данном ансамбле.

Нормативы [3, 6] вообще не ставят условий внутренней инсоляции помещений. Считается, что если обеспечена инсоляция фасада, а окна имеют соответствующие размеры, чтобы обеспечить дневное освещение, то инсоляция удовлетворительная.

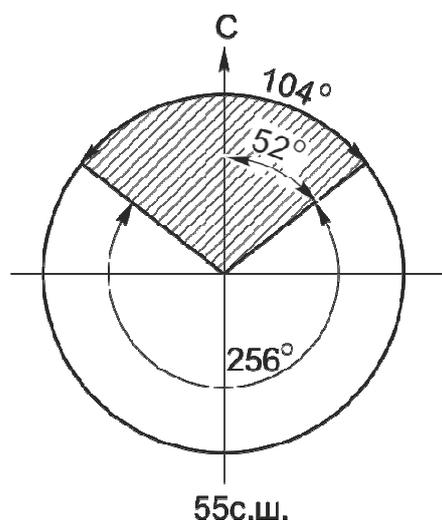


Рис. 8. Нормируемый географический сектор ограничения ориентации жилых зданий

Условия российских и иностранных нормативов в общем похожи. Необходимо отметить, однако, что иногда условия инсоляции разработаны только для определенного периода времени, исключая месяцы, когда эти условия выполнить было бы очень тяжело. Во Франции, например, требуется, чтобы половина поверхности всех окон здания получала инсоляцию не менее 2 ч в течение каждого из 200 дней в году и не менее половины жилых комнат выходило бы на данный фасад. Для других комнат необходимо, чтобы не более половины их было закрыто другими зданиями, чтобы в комнату попадал дневной свет.

Следует отметить, что общие тенденции в нормативных документах разных стран существуют, но полного согласия на основе научных исследований все еще нет.

В зданиях, сооруженных в последнее время, большую площадь фасадов занимают окна. Это и определило во многих случаях чрезмерность инсоляции, что привело к перегреву в летнее время. Действительно, в этом случае мы имеем дело с так называемым тепличным эффектом: тепловые солнечные лучи с длиной волны 0,4–2,5 мк, которая меньше длины волны светового луча, проникая через оконное стекло, нагревают помещение; стены и предметы поглощают это тепло, а затем излучают, но уже на более длинной волне — 5–10 мк, для которой обычные оконные стекла непрозрачны. Таким образом происходит накопление тепла в помещении, которое создает разницу температур по сравнению с внешней средой до 10 °С.

С этим излишком тепла, вызванным прямой инсоляцией, необходимо бороться путем затенения, вентиляции или обоими методами вместе. Можно использовать специальные стекла, поглощающие тепловое излучение и пропускающие только 20–40 % солнечного излучения длительное время.

Перегрев летом возникает также при поглощении солнечного излучения непрозрачными элементами зданий. Стены, обшивка и т. п. элементы фасадов зданий нагреваются и отдают потом накопленное тепло помещениям длительное время.

Температурой, эквивалентной солнечному излучению, или иначе фиктивной температурой, называется температура воздуха, которая может повысить температуру непрозрачных элементов зданий в том случае, когда они не подвергаются инсоляции. Измерения и расчеты, произведенные в Париже в июне 1961 г. в условиях серых матовых стен, подвергнутых инсоляции, в безветренную погоду зарегистрировали повышение температуры практически до 70 °С при температуре воздуха в тени 30 °С.

Для защиты окон от чрезмерной инсоляции (солнцезащиты) до сих пор нормы не разработаны.

В странах Центральной и Южной Америки и даже в южных районах США считается, что окна должны быть затенены, когда температура наружного воздуха достигает +21 °С. Это предложение основывается на общих субъективных ощущениях. Необходимо руководствоваться научными критериями, основанными на целой серии наблюдений и измерений. Исходя из такой метеорологической статистики, можно будет для различных населенных пунктов или районов определить периоды, когда окна должны быть затенены полностью или частично посредством подвижных или неподвижных архитектурных деталей.

По данным Главмосархитектуры и ЦНИИЭП жилища, рациональное применение нормирования инсоляции застройки приводит к повышению ее плотности на 8–10 %, экономии городских территорий и более широкому применению экономичных домов меридионального типа. Общая оценка экономической эффективности нормирования инсоляции застройки производилась по методике профессора В.А. Варежкина путем расчета сравнительного экономического эффекта по единовременным и текущим расходам в сравниваемых вариантах, приведенным к размерности единовременных затрат. В НИИПИ Генплана Москвы было определено, что рациональное применение норм инсоляции позволяет повысить плотность жилищного фонда на 8–12 %. По ряду причин было принято, что половина из разуплотненных районов застройки может быть реконструирована путем дополнительного ввода новых зданий и надстройки уже существующих.

Солнцезащита

Негативное отношение к солнцезащите как фактору, удорожающему строительство, объясняется в основном отсутствием соответствующих знаний и технологической базы.

Экономическую эффективность солнцезащитных средств (СЗС, наиболее распространенные СЗС – конструктивные солнцезащитные устройства (СЗУ)) целесообразно определять по минимуму приведенных затрат и повышению производительности труда в помещениях с солнцезащитой. Методика этих расчетов была разработана в НИИСФ и МарХИ (Руководство по технико-экономической оценке солнцезащитных средств в зданиях различного назначения / В.А. Варежкин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1983).

Применение СЗС увеличивает единовременную стоимость сооружения. Однако, как показали исследования, реальная стоимость борьбы с тепловым и световым дискомфортом в помещениях современных зданий настолько велика, что применение рациональных СЗС окупается за счет снижения эксплуатационных расходов на вентиляцию и искусственное охлаждение воздуха, повышения производительности труда и качества продукции. Установка СЗС в светопроемах способствует снижению зрительного утомления и повышению производительности труда и качества продукции как в южных, так и в центральных светоклиматических районах.

Рекомендации по ориентации зданий

Гражданские здания

Различные экономические и социальные причины привели в прошлом к неправильному использованию земли: появилась улица-коридор, на которой здания расположены по прямой сплошной линии, глухая стена к стене, высота домов зачастую больше ширины пространства между фасадами. Это привело к антисанитарным условиям с точки зрения инсоляции и естественного освещения.

Спустя некоторое время, с появлением новых социально-экономических условий, здания начали строить все дальше друг от друга, вокруг технически оснащенных зданий появились зеленые насаждения, структурные единицы были созданы таким образом, что фасады и помещения получили удовлетворительные условия инсоляции и естественного освещения. Но появилась опасность расточительства по отношению к земле.

В этой ситуации необходимо точно сформулировать и решить проблемы инсоляции и естественного освещения как с точки зрения условий жизни, так и с экономической.

При параллельно расположенных зданиях на улице в форме коридора необходимо определить, каким должно быть отношение между высотой зданий и расстоянием между ними, чтобы была обеспечена желаемая инсоляция фасадов.

Следует отметить, что каждый из фасадов представляет собой препятствие для инсоляции фасада на другой стороне улицы и что фасад, направленный на южную сторону под каким-либо углом, называется благоприятным (ПБФ). Благоприятный фасад при вращении его горизонтальной проекции вокруг оси С–Ю в момент пересечения ее становится неблагоприятным (ПНФ).

Ход лучей солнца, представленный на рис. 9, демонстрирует связь между высотой препятствия и расстоянием от него до противоположного фасада в зависимости от азимута параллельных благоприятного и неблагоприятного фасадов и высоты солнцестояния.

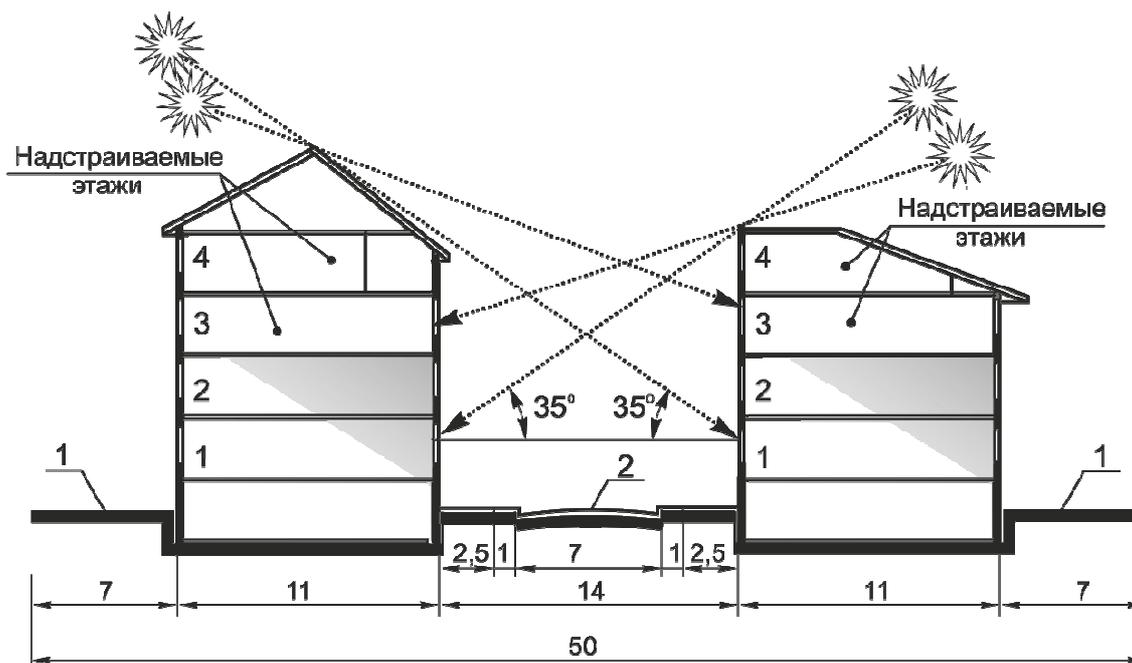


Рис. 9. Пример использования возможной реконструкции зданий в зависимости от азимута и углов солнцестояния:
1 – двор; 2 – улица

Исследовав рис. 9 можно сделать следующие выводы.

Для обеспечения инсоляции на протяжении двух часов в марте и сентябре необходимы условия, которые невозможно удовлетворить при интенсивном использовании земли (сокращенном расстоянии между зданиями): при высоте зданий 9 м расстояние между ними должно быть 15 м. Для застройки городов в будущем это не может быть принято в качестве правила в условиях реконструкции территорий.

При экономном использовании земли возможно строить здания, противостоящие фасады которых были бы разной высоты (см. рис. 9) с учетом их реконструкции. Между зданиями предполагается улица шириной 14 м; при этом самые низкие точки, которые должны подвергаться инсоляции, взяты на уровне подоконников на первом этаже, так как подвал не предназначен для жилья. Получились три полностью и один частично инсолирующиеся этажи, а также терраса на «благоприятной» стороне. Условие двухчасовой инсоляции дает отношения, которые при расчете инсоляции по верхнему краю окна свидетельствуют об обеспечении инсоляцией четвертого, третьего и частично второго этажей в течение двух часов во время зимнего солнцестояния. Можно считать данную ситуацию благоприятной для жилых помещений в условиях реконструкции.

К какой же плотности приводит такое расположение? Предположим, что наша площадка застроена параллельно расположенными зданиями на расстоянии 14 м друг от друга. В таком случае ширина исследуемого участка земли, на котором изучается плотность застройки только двух рядов зданий, представляющих собой повторяемый элемент, равна 50 м (см. рис. 9). Возьмем длину участка 200 м с тем, чтобы иметь площадь в $50 \times 200 = 10000 \text{ м}^2 = 1 \text{ га}$. Предположим, что длина ряда зданий меньше длины участка и составляет только 80 %, или 160 м, т. е. остаются просветы на каждой стороне улицы в общей сложности 40 м для проездов во двор, перекрестков и т. д.

На основании этого можно вычислить некоторые данные. При общей площади участка (брутто) 1 га чистая площадь участка (нетто) равна 0,80 га.

Застроенная площадь участка: два ряда зданий длиной по 160 м и шириной 11 м занимают площадь $2 \times 160 \times 11 = 3520 \text{ м}^2$.

Развернутая поверхность без учета площади подвала и террасы на 4-м этаже (см. рис. 9), которая составляет 58 % площади этого этажа, равна $3,42 \text{ этажа} \times 3520 \text{ м}^2 = 12000 \text{ м}^2$.

Жилая площадь составляет 0,5 развернутой площади, т. е. 6000 м^2 , а остальные 0,5 площади – подсобные помещения и площадь конструкций.

На этих физических данных получаем следующие показатели:

- процент застройки участка (брутто) $3520 / 10000 \times 100 \% = 35,20 \%$;
- процент застройки участка (нетто) $3520 / 8000 \times 100 \% = 44 \%$;
- коэффициент использования земельного участка (брутто) $12000 / 10000 = 1,2$, или 120 %, или 12000 м^2 на 1 га;
- коэффициент использования земельного участка (нетто) $12000 / 8000 = 1,5$, или 150 %, или 15000 м^2 на 1 га;
- плотность жилой площади (брутто) $6000 / 1 = 6000 \text{ м}^2$ жилой площади на 1 га.

В соответствии с советскими нормами периода прошлой застройки (СНиП 11-60-75), плотность общей площади жилого фонда на 1 га составляет 4000 м^2 , что несколько выше предлагаемой:

- плотность жилой площади (нетто) $6000 / 0,8 = 7500 \text{ м}^2$ жилой площади на 1 га.

Если при расчетах для будущего брать нормы сегодняшнего дня (14 м^2 жилой площади на одного человека), то получим 428 человек на 1 га (брутто) и 535 человек на 1 га (нетто). Отсюда вытекает, что мы можем руководствоваться принципом инсоляции на протяжении 2 ч. И все-таки инсоляция в течение 2 ч – не реальная, а возможная, зависящая от облачности. Появляется сомнение, стоит ли руководствоваться данными, соответствующими только одному дню года. Некоторые нормативы рекомендуют обязательную продолжительность ежедневной инсоляции только для определенной части года, исключая зимние месяцы.

Учитывая данные чертежа, можно рекомендовать увеличение плотности при хороших условиях инсоляции путем уменьшения расстояния между зданиями или их надстройке. Конечно, этот пример служит только иллюстрацией при объяснении метода и получаемых результатов без учета широты местности.

Архитектурные ансамбли часто составлены из домов, разных по форме и сгруппированных под различными углами, продиктованными условиями используемого под застройку участка. Чтобы изучить инсоляцию ансамблей с помощью графических методов, необходимо выбрать характерные точки на различных фасадах и определить для них данные. В большинстве случаев мы использовали двойную проекцию, так как она дает результаты на одном и том же графике для всех точек, расположенных на одной вертикальной прямой, а значит, на всех этажах.

Точки выбирают на уровне подоконников на осях характерных жилых комнат. Проверке должны подвергаться особенно точки с неблагоприятными условиями инсоляции – при плохой ориентации или затенении высокими зданиями. Эти точки должны быть исследованы с учетом планировок квартир и действующих норм. Это значит, например, что такая точка не

будет находиться в одной комнате двухкомнатной квартиры, если другая в достаточной степени инсолируется.

Бывает, что согласно графикам некоторые квартиры на нижних этажах недостаточно инсолируются, а находящиеся непосредственно над ними – достаточно. В таких случаях мы стремимся к тому, чтобы не допустить количества малоинсолирующихся квартир выше 5 %.

Такую проверку инсоляции группы зданий нужно проводить на первом этапе проектирования, чтобы была возможность сделать поправку.

Очень удобно проводить исследования на макете с проверкой на гелиодоме. Располагая передвижными деталями ансамбля с магнитным креплением и возможностью уменьшать или увеличивать этажность, менять расположение зданий, можно изучить различные варианты. Фотографирование их расположения и инсоляции в различные часы и дни помогает быстро выбрать оптимальный вариант. Пример используемой для этой цели программы – «СИТИС: солярис» (см. гл. 9).

Какие ориентации самые благоприятные? Это в первую очередь зависит от назначения зданий и помещений, от количества солнечной энергии, принимаемой фасадами, а также продолжительности инсоляции при различной их ориентации. Во время летнего солнцестояния, когда пытаются избежать перегрева, южный фасад – самый неблагоприятный, так как получает больше тепла, чем восточный и западный; северный получает незначительное количество тепла. Во время зимнего солнцестояния, когда следует максимально использовать солнечное тепло, южный фасад самый благоприятный, а западный и восточный менее благоприятны, чем юго-восточный и юго-западный. При равноденствиях, когда необходимо проникновение солнечных лучей в здания, самыми благоприятными фасадами будут юго-восточный и юго-западный; северо-восточный и северо-западный фасады при такой ориентации зданий также находятся в довольно хороших условиях.

Можно сделать следующие выводы, действительные для всей умеренной зоны:

– тенденция ориентации жилых домов протяженными фасадами к востоку и западу с целью создания одинаковых условий инсоляции не оправдана, поскольку эти условия для обоих фасадов одинаково неблагоприятны;

– ориентация длинных фасадов к юго-западу и юго-востоку создает самые благоприятные условия без создания неудобств противоположным – северо-восточным и северо-западным, – где и должны быть расположены помещения, соответствующие пониженной инсоляции. В то же время такое расположение зданий дает возможность правильно использовать земельный участок и повысить плотность застройки без нарушения санитарных норм путем сокращения расстояний между зданиями. Южное направление – самое благоприятное для зданий северной зоны, но требует размещения на противоположном северном фасаде помещений, для которых пониженная инсоляция приемлема.

Существуют помещения, для которых инсоляция необходима (ясли, детские сады, санатории и т. д.) и в которые солнечные лучи не должны проникать (некоторые лаборатории, операционные и т. д.). Значит, при определении количества инсоляции необходимо учитывать назначение здания. Главную роль в определении размера окон играет естественное освещение. Относительно этого следует отметить следующие факторы.

В городских условиях особое значение имеют впереди стоящие препятствия, поэтому рекомендуется изучать элементы, препятствующие проникновению дневного света, с применением указанных геометрических методов.

Ансамбль, состоящий из чередующихся низких и высоких зданий, включая дома-башни, более рационален, чем сплошная застройка одинаковыми зданиями, препятствующими проникновению света. Это касается как инсоляции, так и дневного света.

Препятствия, видимая высота которых уменьшается с увеличением высоты расположения окон на фасаде, приводят к увеличению размеров окон на нижних этажах по сравнению с верхними, что легко осуществимо при современном уровне строительной техники.

Сокращение видимости неба компенсируется увеличением высоты окон. Значит, необходимо прибегать к использованию конструктивных решений, позволяющих достичь нужной высоты окон: свертывающиеся жалюзи на уровне перемычки без железобетонного козырька, перевернутая балка, грибовидные столбы и т. д.

С северной стороны окна должны быть расположены в середине стены с тем, чтобы солнце проникало в помещения в летнее время; окна должны быть как можно шире, что обусловлено небольшим углом падения лучей; верхний край окна может быть ниже, так как солнце находится низко над горизонтом; подоконники должны быть низкими, чтобы и пол подвергался инсоляции, но в такой степени, чтобы это не привело к излишним потерям тепла зимой.

На западных и восточных стенах, если позволяют условия освещения, вентиляции, эстетики и т. д., хорошо бы разместить окна ближе к южному углу, чтобы солнечные лучи пересекали помещение по диагонали; окна должны быть высокими, но могут быть уже, чем с северной стороны.

С южной стороны хорошо бы разместить окна в середине стены, как можно выше и, если возможно, до самого пола; они не должны быть слишком широкими.

Глубина восточных и западных комнат может быть больше, так как солнечные лучи, падая под малым углом, проникают довольно далеко.

Промышленные здания

Если проблема инсоляции квартир, школ, больниц, социально-культурных заведений и административных зданий заключается в том, чтобы обеспечить инсоляцию фасадов на протяжении определенного отрезка времени, то совсем иная задача ставится при проектировании промышленных зданий, в которых должен быть строгий режим освещения, свет должен быть равномерным и без прямых солнечных лучей во всем поле зрения на протяжении почти всего рабочего времени.

Таким образом, эти две группы зданий выдвигают с точки зрения условий инсоляции совершенно противоположные требования.

Влияние оптимального естественного освещения рабочего места на производительность труда и качество промышленной продукции делает ориентацию промышленных зданий и защиту их от инсоляции одной из самых актуальных проблем промышленной архитектуры.

Первые промышленные здания, которые переняли архитектуру гражданских зданий соответствующего периода, не могли обеспечить оптимальные условия труда, так как наружные стены были несущими, построенными из кирпича, и не могли позволить создание достаточно больших световых проемов для соответствующего внутреннего освещения.

Вместе с переменами в строительстве, структуре и архитектуре промышленных зданий с появлением новых материалов изменился и принцип освещения вообще. В свою очередь, новые формы освещения и способы защиты от инсоляции вызвали поиск новых конструктивных и архитектурных решений. Поиск наилучшего решения с учетом формы участка и правильной ориентации здания должен стать важнейшим элементом проектирования.

Оптимальное размещение промышленных зданий в конкретной местности должно быть сделано с учетом климатических условий зоны, дневного движения солнца и направления преобладающих ветров. Известно, что для промышленных зданий с одним остекленным фасадом или шедами рекомендуется северная ориентация фасада или близкая к ней, а для зданий с двумя остекленными фасадами – северная и южная (рис. 10).

Общее правило расположения зданий фасадами на север и на юг вытекает из желания использовать северную ориентацию с самым коротким периодом инсоляции и южную с самым высоким положением солнца, при котором легче сделать солнцезащитные устройства, чем на восточных и западных фасадах. Если северная ориентация в общем соответствует поставленной цели, то южная не создает оптимальных условий, не регулирует инсоляцию в неблагоприятное время дня. Из повседневной практики замечено, что помещения, выходящие на юг, подвержены перегреву.

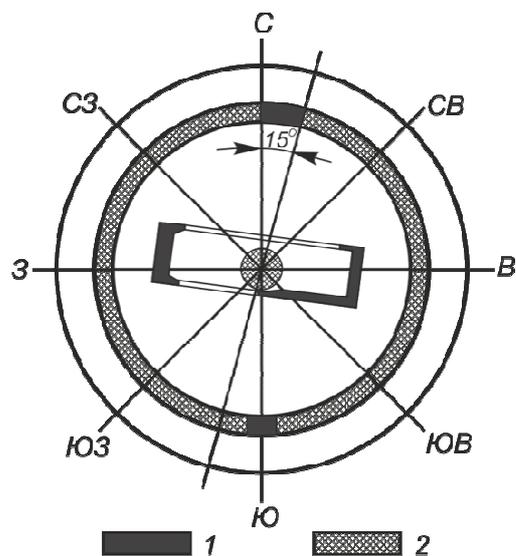


Рис. 10. Общие концепции по ориентации промышленных зданий:
1 – рекомендуемая; 2 – недопустимая

Возникает вопрос: какие факторы могут влиять на инсоляцию и микроклимат в помещениях и в какой степени возможно снизить инсоляцию, не применяя других средств, кроме ориентации зданий?

Чтобы эффективно бороться с инсоляцией промышленных зданий, необходимо изучить климатические условия географической зоны, в которой находится изучаемый объект, в первую очередь – прямое солнечное излучение на вертикальные плоскости, расположенные в разных направлениях, температуру внешней среды данной зоны.

Анализ средних данных полного солнечного излучения для восьми основных направлений (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ) как для самого жаркого месяца августа, так и для июня, июля, августа и сентября вместе взятых позволяет сделать интересные выводы.

Максимальные дневные показатели для направлений В, ЮВ, ЮЗ и З не возрастают в значительной степени по сравнению с соответствующими данными южного направления, взятыми за 100 %. Если средние данные максимальных дневных показателей для восточного и западного направлений на 21 и 19 % больше показателей южного, то сумма средних часов показателей для этих же направлений соответственно на 13 и 15 % меньше показателей южного.

Сделав вывод, что самая благоприятная ориентация в незначительной степени зависит от общего солнечного излучения (практически любое направление В, ЮВ, Ю, ЮЗ или З – будет иметь один и тот же термический эффект на внутренний микроклимат), проанализируем критерии, которые несомненно влияют на ориентацию промышленных зданий.

Исходя из предпосылок, что ориентация определена общим действием внешней температуры воздуха и полного солнечного излучения на внешние поверхности, выдвигается гипотеза, что определяющим фактором для внутреннего микроклимата является распределение внешних температур, точнее положение солнца во время максимальных температур в определенные дни. Считая температуру воздуха 21 °С самой подходящей для работы, предлагается исключить только те направления, при которых имеет место инсоляция фасадов во время внешних температур выше 21 °С.

Из реальных замеров вытекает, что температура поднимается выше 21 °С во второй половине дня, когда солнце склоняется к юго-западу, а зона максимальных температур (среднемесячная максимальная $t = 28$ °С) имеет центр, направленный на З–ЮЗ. Предлагаемые ориентации фасада следующие: С, СВ, В и ЮВ (сектор в 130 °С) при непрозрачном фасаде, направленном на Ю, ЮЗ, З и СЗ, принимающем на себя тепловой эффект внешних максимальных температур и солнечного излучения. Оптимальная ориентация фасадов – не С, а С–СВ с азимутом 27°, при которой инсоляция имеет место только тогда, когда температура окружающей среды равна или ниже 21 °С.

4. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ ИНСОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

1. Расчет продолжительности инсоляции помещений и территорий выполняется по инсоляционным графикам с учетом географической широты территории, утвержденным в установленном порядке.
2. Расчет продолжительности инсоляции выполняется для территорий 55° с. ш.:
 - на 22 апреля (22 августа) для жилых зданий центральной и исторической частей города;
 - на 22 марта (22 сентября) для жилых зданий на основной территории города, а для общественных – на всей территории города.
3. Расчет продолжительности инсоляции помещений выполняется в расчетной точке, которая определяется с учетом расположения и размеров затеняющих элементов здания (рис. 10, 11).

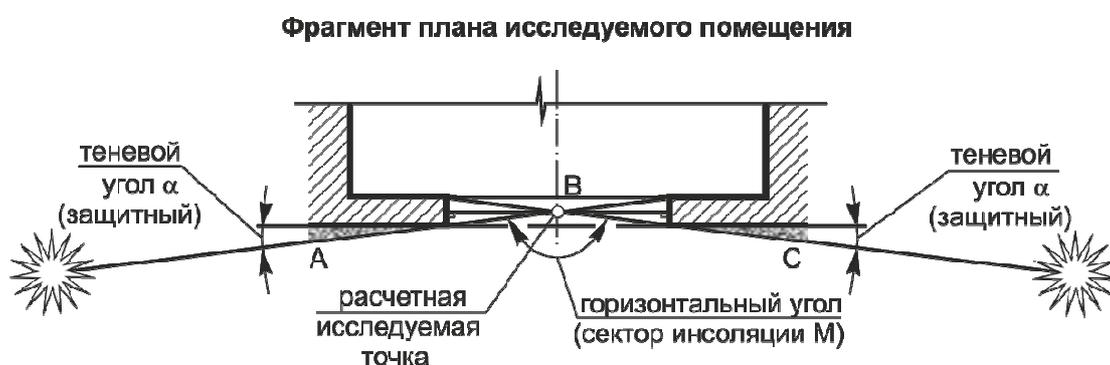


Рис. 11. Определение расчетной точки светового проема помещения (точка B)

4. При расчете продолжительности инсоляции участка территории принимается расчетная точка, которая расположена в центре инсолируемой половины участков территории.
5. В расчетах продолжительности инсоляции не учитывается первый час после восхода и последний час перед заходом солнца для районов южнее 58° с. ш. и соответственно по 1,5 ч для районов севернее 58° с. ш. (время от 6 до 7 ч и от 17 до 18 ч не учитывается ввиду незначительной интенсивности инсоляции. Время восхода и захода солнца указывается в данных службы времени РФ).
6. Допускаемая погрешность метода определения продолжительности инсоляции по инсоляционным графикам составляет не более 10 минут.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ В РАСЧЕТНОЙ ТОЧКЕ (В) НА ПЛАНЕ СВЕТОПРОЕМА

Определение продолжительности инсоляции проводится в следующей последовательности:

- на плане помещения определяют горизонтальный инсоляционный угол ABC светопроема и расчетную точку B помещения в плане (см. рис. 11). В нормативной литературе для характеристики затеняющего эффекта толщины стены применяется термин «инсоляционный угол светопроема» M , который связан с углом постоянного затенения помещения соотношением $M = 180^\circ - 2\alpha$;
- на генплане участка застройки определяют положение расчетной точки помещения (рис. 12);
- центральную точку инсоляционного графика совмещают с расчетной точкой B помещения, схема определения которой приведена на рис. 13, 14;
- инсоляционный график ориентируют по сторонам горизонта;
- отмечают расчетную высоту противоположащего здания по условному масштабу высот зданий на инсоляционном графике;
- по инсоляционному графику определяют продолжительность инсоляции помещения в пределах секторов инсоляционного угла светового проема. При этом продолжительность инсоляции равна сумме часов по графику в пределах углов ABF и EBD (см. рис. 12). Действующими санитарными нормами и правилами установлены достаточные условия инсолируемости помещений в зависимости от достаточной инсолируемости расчетной точки оконного проема. Это положение распространяется на условия, когда затеняющими элементами являются противостоящие здания.

Допускается выполнять расчеты продолжительности инсоляции по компьютерным программам, согласованным с ЦГСЭН в Москве и Новосибирске и отвечающим следующему требованию: результаты расчетов по программе должны совпадать с результатами ручного счета в пределах его погрешности при прочих равных условиях.

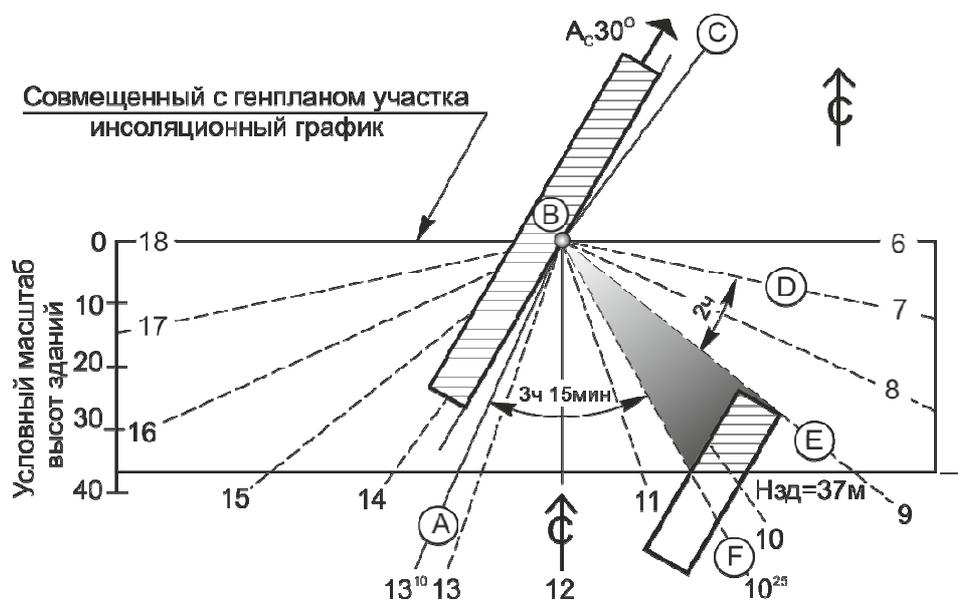


Рис. 12. Продолжительность суммарной инсоляции помещения (в точке B) равна 5 часам 15 минутам

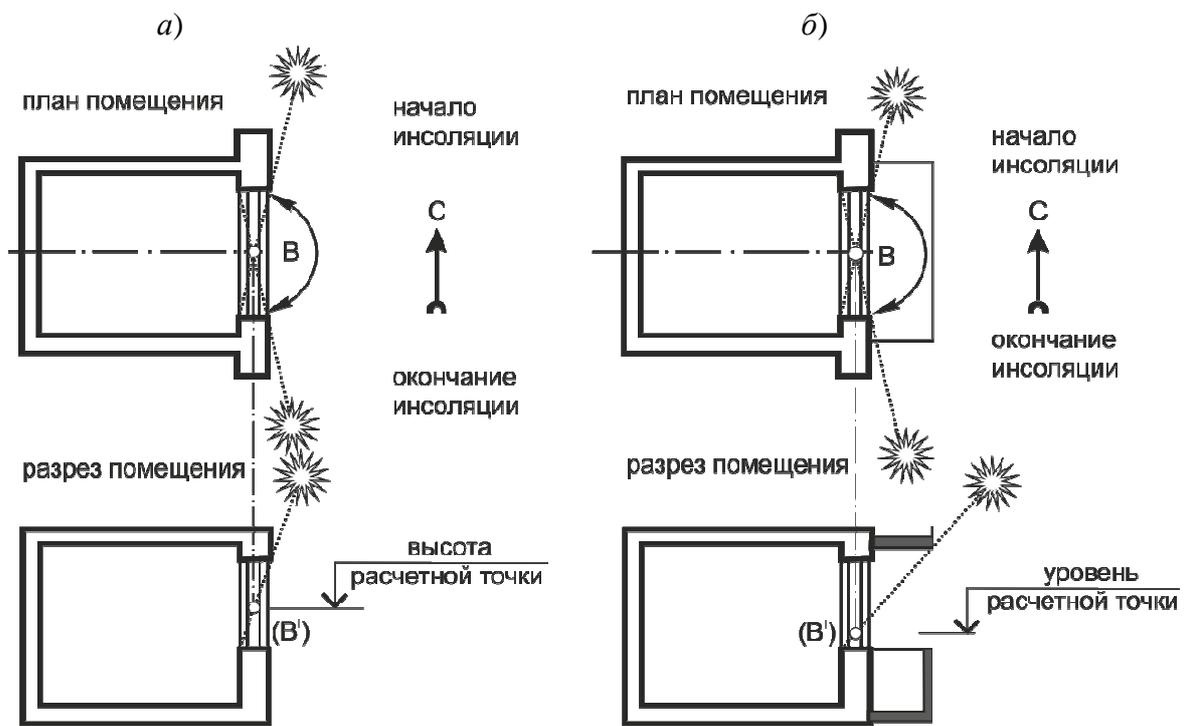


Рис. 13. Схема определения расчетной точки B (B'):
 a – для окна; b – для окна с балконом

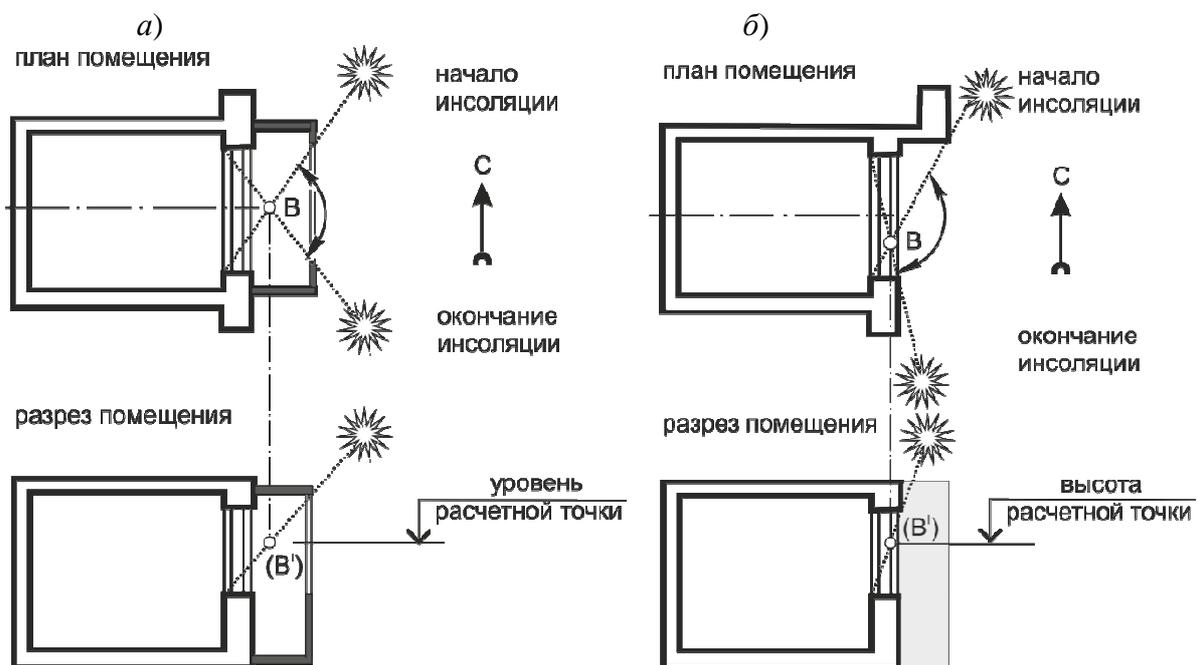


Рис. 14. Схема определения расчетной точки B (B'):
 a – для окна с лоджией; b – для окна с выступающей стеной

Результаты расчетов продолжительности инсоляции должны отвечать требованиям СанПин 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

6. ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ИНСОЛЯЦИИ И СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРИМЕНЕНИИ ИНСОЛЯМЕТРА

6.1. Устройство инсоляметра

Инсоляметр (рис. 15) содержит необходимые и достаточные данные для наглядного определения ориентации здания по отношению к солнцу, положению его на небосводе в любое время суток и года и служит для определения затенения участка или здания, а также вида, размеров, расположения и углов наклона различных солнцезащитных устройств (на чертежах любого масштаба, что важно для творческого метода архитектора).

Инсоляметр состоит из двух основных частей: диска-шкалы (см. рис. 16) и вращающегося на оси прозрачного диска-сетки (рис. 17).

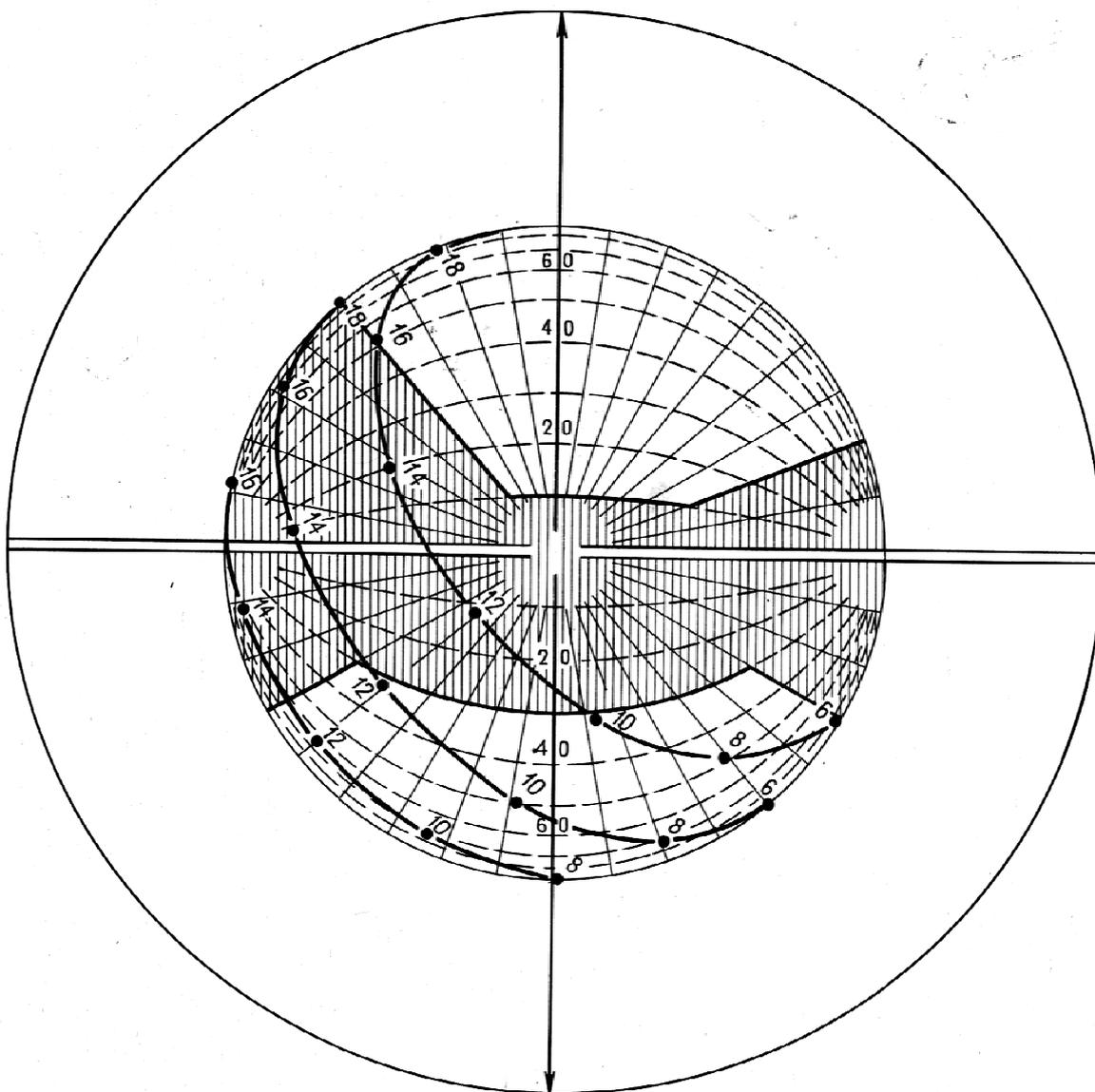


Рис. 15. Инсоляметр
(с диском-сеткой и шкалой)

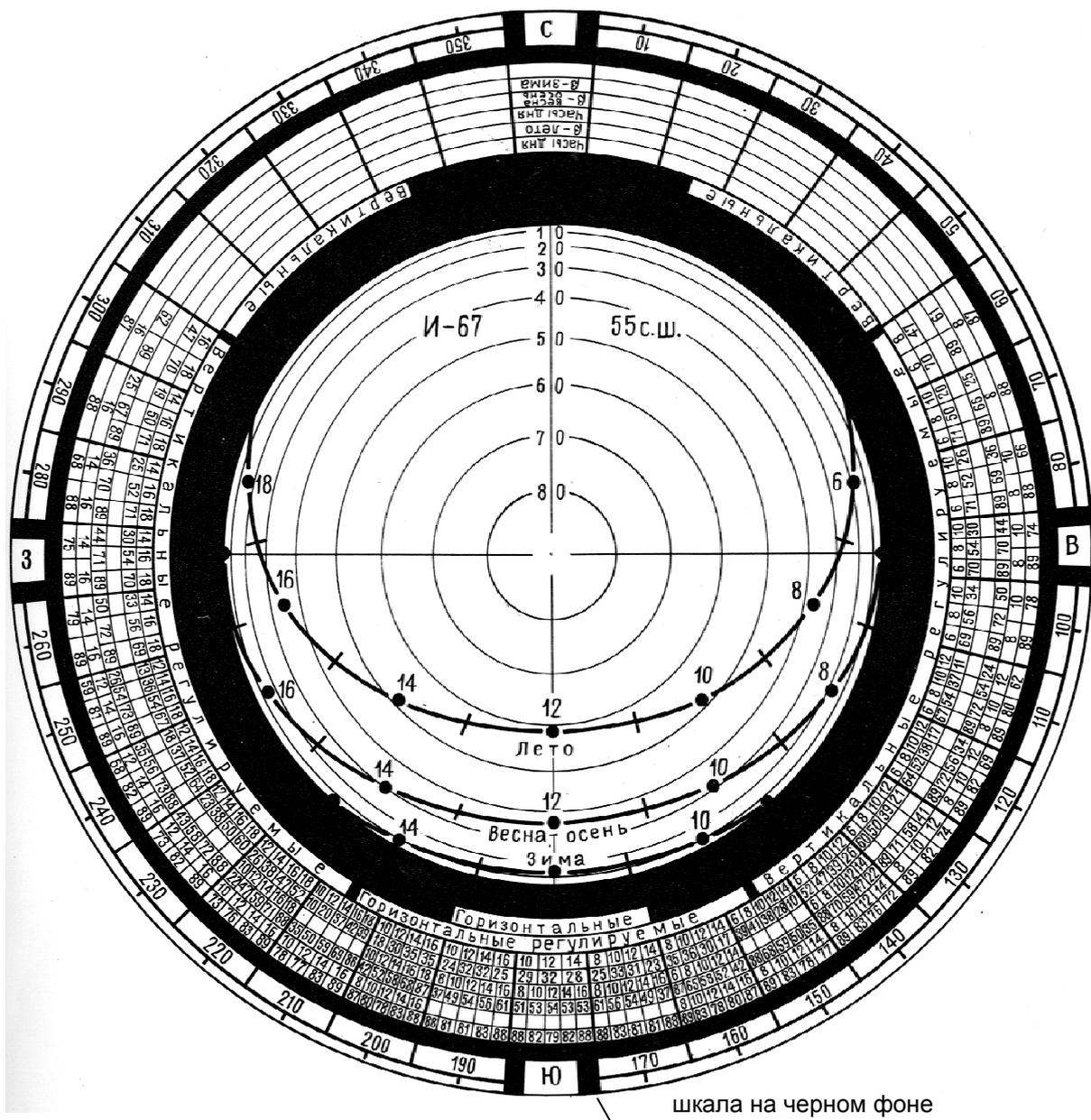


Рис. 16. Диск-шкала инсоляметра (солнечная карта) для широты 55° с. ш. в собранном виде

Содержание представленного диска-шкалы для широты 55° с. ш. соответствует различным географическим широтам с интервалом 5° ($\pm 2,5^\circ$), что обеспечивает достаточную для практики точность результатов. Диск-шкала состоит из следующих графиков и данных для проектирования (последовательно от центра):

- ортогональная проекция небосвода и траектории видимого движения солнца в характерные времена года. Концентрические круги служат для определения высот солнца над горизонтом (h_0) с интервалом 10°. Выделенные точками и засечками позиции на траекториях соответствуют солнечному времени суток. Направление из каждой такой позиции к центральной точке (объекту) означает соответствующий азимут солнца (A_0), отсчитывается по лимбу (последняя шкала);

- шкала (на черном фоне) рациональных пределов применения различных видов солнцезащитных устройств в зависимости от той или иной ориентации объекта по сторонам горизонта;

– шкала значений защитных углов β в зависимости от ориентации фасада с интервалом $\pm 5^\circ$, достаточным для практических целей.

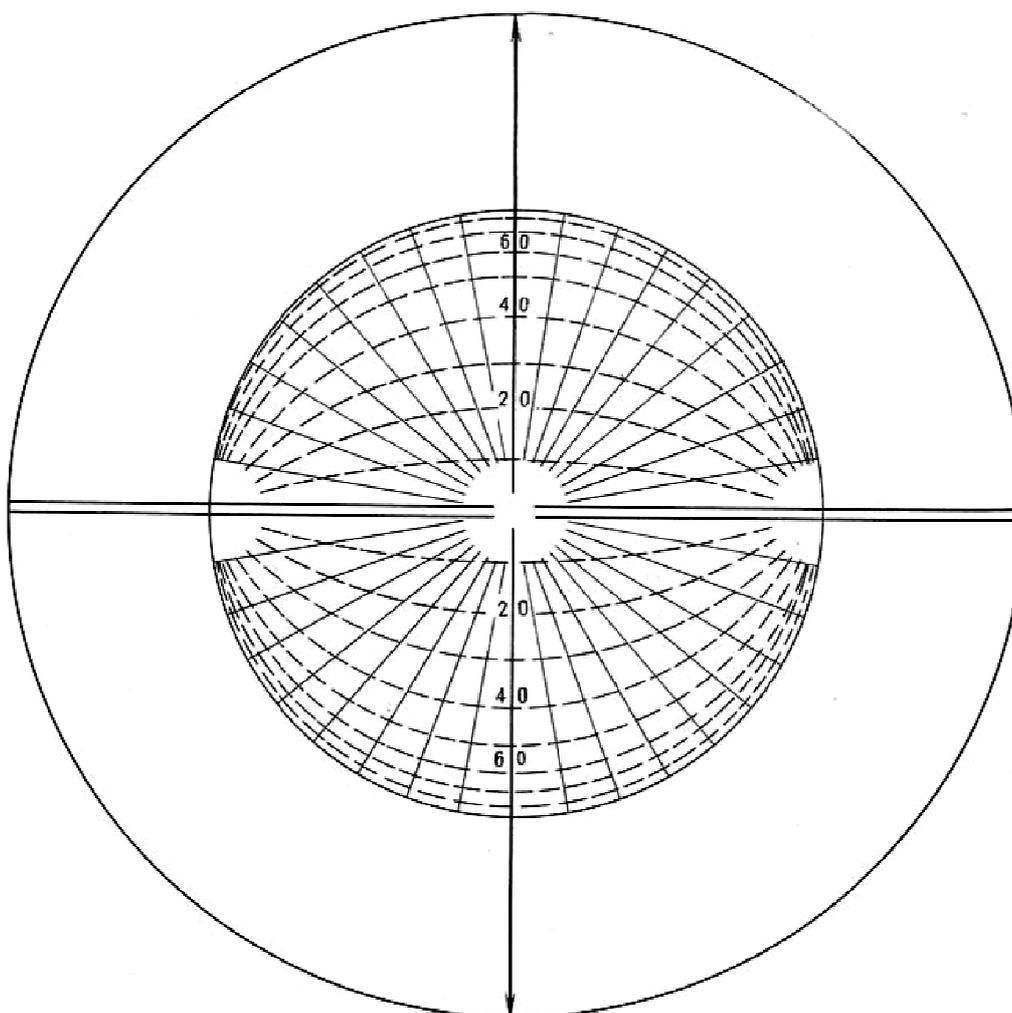


Рис. 17. Диск-сетка инсоляметра

Порядок расположения цифровых данных следующий:

- в ближайшем к центру кольце обозначены часы дня летом, в течение которых при данной ориентации окна солнечные лучи могут проникнуть в помещение;
- во втором кольце соответственно этим часам даны значения защитного угла β ;
- в следующей паре колец – соответствующие данные для весны–осени;
- в третьей паре – для зимы.

Круглогодичные данные приводятся по следующим соображениям:

- а) необходимость защиты от прямой блескости возникает в течение всего года;
- б) в южных широтах максимальное напряжение солнечной радиации приходится на зиму.

В основном при проектировании стационарных СЗУ (солнцезащитная система) следует пользоваться усредненными значениями β .

- Последнее кольцо – лимб с делениями азимутов через 5° .

Прозрачный диск-сетка (см. рис. 17) служит для удобства отсчетов и фиксирования ориентации объекта по сторонам горизонта. На него нанесены две жирные диаметральные линии: двойная подразумевает линии противоположных фасадов, одинарная – их ориента-

цию. Тонкие линии обозначают азимуты через 10° , пунктирные кривые обозначают затеняющее действие горизонтальных СЗУ в зависимости от значений защитного угла β .

Диск-шкала помещается под прозрачный диск-сетку.

Прибор устанавливают на чертеж генерального плана любого масштаба по заданной ориентации планировочной сетки (рис. 18). Прозрачный диск поворачивают до такого положения, чтобы двойная линия фасадов была параллельна заданным фасадам на генеральном плане. По солнечным траекториям архитектор может видеть периоды инсоляции фасадов и соответствующие координаты солнца. Рациональность применения того или иного вида СЗУ определяют по шкале на черном фоне в зависимости от ориентации фасада. Защитные углы β , определяющие размеры, количество и углы наклона СЗУ, считываются непосредственно с соответствующих ориентации шкал.

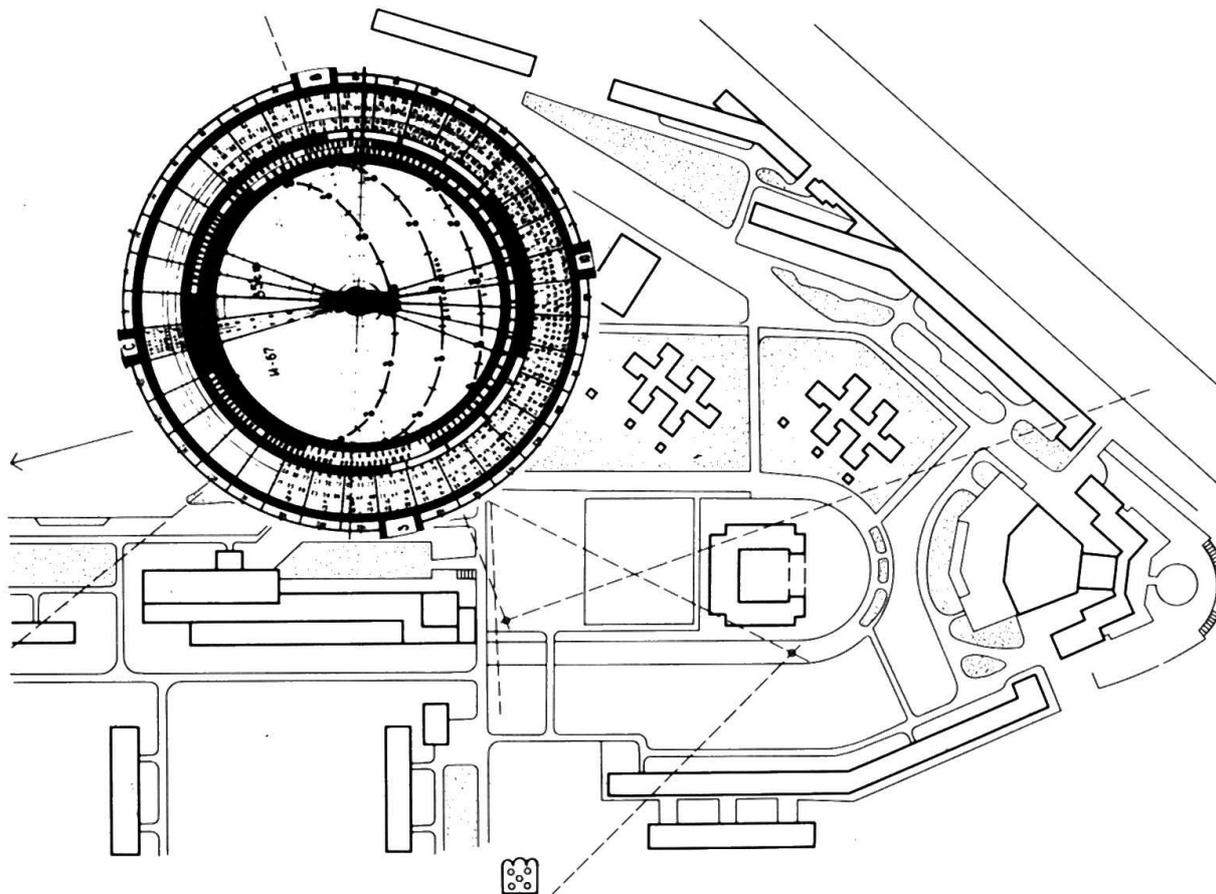


Рис. 18. Пример наложения инсоляметра на фрагмент генплана

Как правило, в расчет принимается среднее значение защитных углов в летне-осенний период года (соответствующий 22 августа), если нет каких-либо особых технологических требований по защите помещений от перегрева или слепящего действия прямых солнечных лучей.

Эффективность затенения выбранного СЗУ можно определить по тонким радиальным и пунктирным кривым линиям на прозрачном диске-сетке (см. рис. 17). Радиальные линии, нанесенные через 10° , обозначают азимуты солнца, определяющие эффективность вертикальных экранов соответственно значениям защитного угла β , а пунктирные – эффективность горизонтальных элементов СЗУ соответственно значениям защитного угла β (нанесены также через 10°).

Если этот диск наложить на солнечную карту по заданной ориентации фасадов, т. е. на ЮВ и СЗ, то затенение светопроемов будет обеспечено: на юго-восточном фасаде – при $\beta = 30^\circ$ и $\gamma = 30^\circ$ летом с 10 ч, весной–осенью с 12 ч; на северо-западном фасаде – при $\beta = 10^\circ$, $\gamma = 50^\circ$ летом до 16 ч, весной–осенью до захода солнца.

Изменяя защитные углы, можно подобрать такие СЗУ, которые будут эффективны в течение периода, соответствующего назначению здания.

6.2. Построение схемы затенения территории от здания с использованием инсоляметра

Пользуясь инсоляметром, можно приближенно, но достаточно при эскизном многовариантном проектировании решать задачи для построения схемы затенения территории от здания. Для этого устанавливают инсоляметр на генеральный план любого масштаба так же, как было показано на рис. 18.

Поворачивая прозрачный диск до совмещения одинарной диаметральной линии с часовыми отметками на проекциях траекторий видимого движения солнца, получаем направление тени в данное время суток и года (рис. 19).

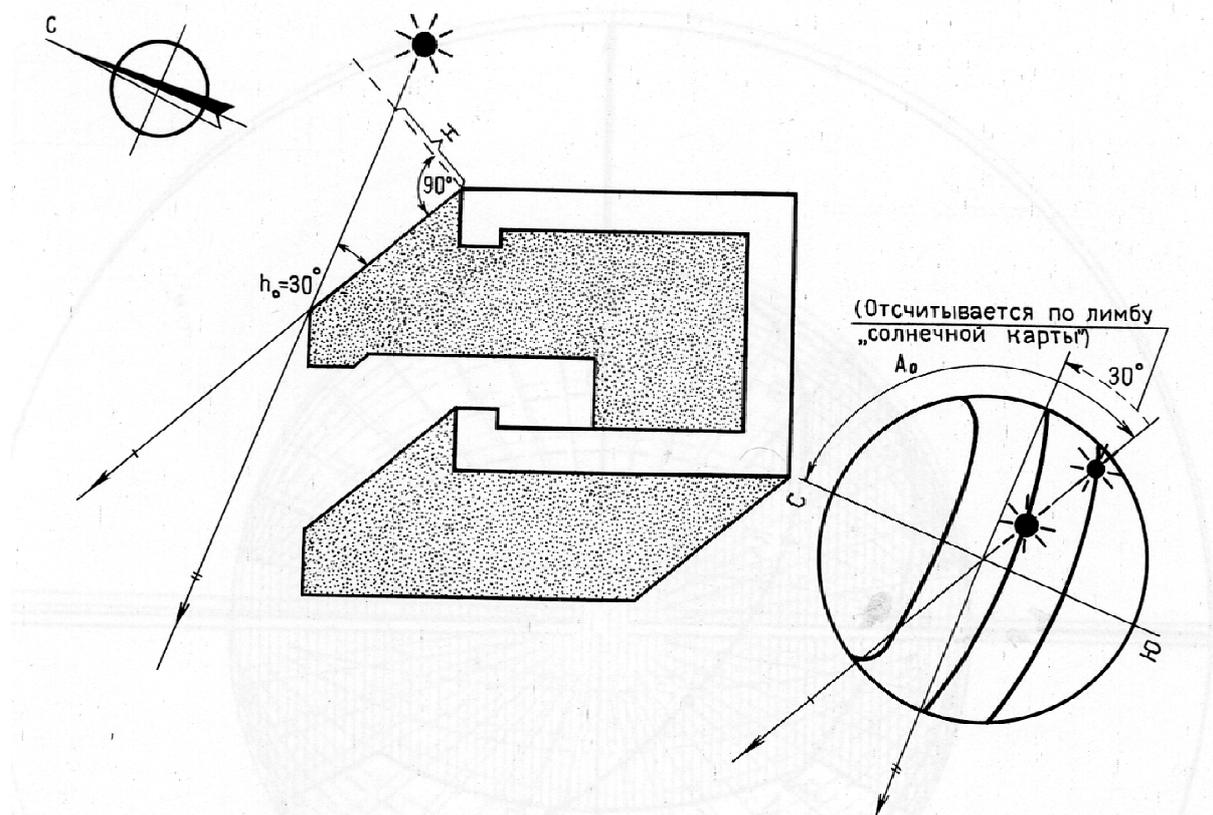


Рис. 19. Пример построения теней от застройки с использованием инсоляметра

Длина тени определится, если повернуть прозрачный диск на число градусов по лимбу, соответствующее высоте солнца в данный момент времени, прочитываемый на концентрических кругах.

Восстановив на чертеже генерального плана перпендикуляр к полученному направлению тени у ее основания, проведем линию через вершину этого перпендикуляра (равного высоте здания), параллельную диаметральной линии на прозрачном диске. Точка пересечения проведенной линии с направлением тени и определит ее границу. Построив таким образом тени для других периодов суток и года, можно получить полную схему затенения от данного объекта.

6.3. Определение площади инсолируемых поверхностей в помещении и техника построения реальных теней на фасаде здания

При преобладающей безоблачной погоде, характерной для многих районов земного шара, особенно важно учитывать различную глубину теней от горизонтальных и вертикальных пластических элементов на фасадах. Тени резко меняются в зависимости от ориентации зданий и географической широты, они могут придать иной характер образу сооружения, его масштабности и пластической выразительности, чем это было задумано в проекте с традиционным построением теней в ортогональных проекциях с углом наклона проекций луча 45° на всех фасадах.

Определение площади инсолируемых поверхностей в помещении (рис. 20а) и построение реальных теней на фасаде здания (рис. 20б) производятся аналогично методу построения затенения от здания с использованием инсоляметра, рассмотренному в разд. 6.2.

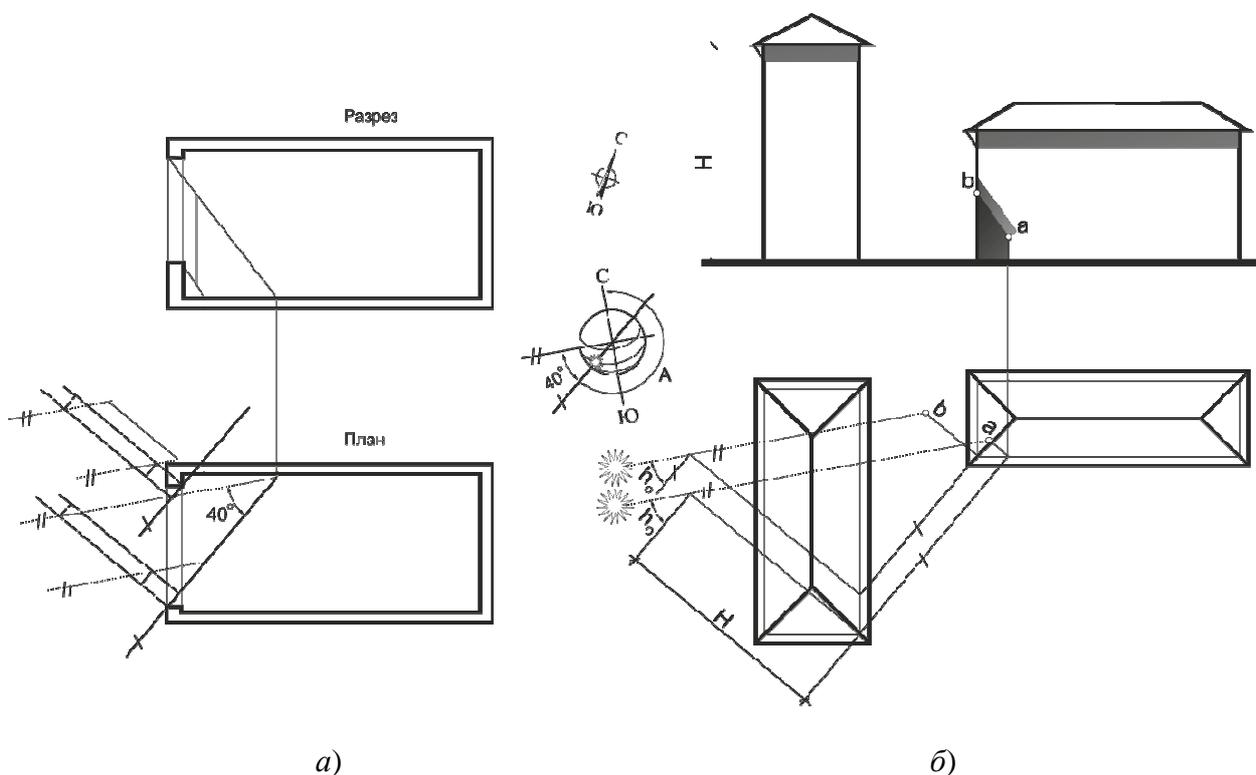


Рис. 20. Определение инсолируемых участков в помещении (а) и затенения одного объекта другим (б)

Опыт практического использования инсоляметра (по отзывам проектных организаций «Моспроект», «Гипровуз», «Туркменгоспроект» и др.) показал, что его применение значительно ускоряет процесс проектирования и предостерегает архитектора от грубых ошибок. Следует отметить, что основное назначение инсоляметра заключается в выборе типов и размеров солнцезащитных устройств, а все другие операции проще и точнее выполнять с помощью инсографиков, приведенных в прил. В и Г, которые каждый студент должен изготовить самостоятельно. Однако важным преимуществом инсоляметра является то, что он не зависит от масштаба чертежа.

7. ИНСОЛЯЦИОННЫЙ ГРАФИК (ИНСОГРАФИК)

7.1. Видимое движение солнца по небосводу

Чтобы представить себе видимое движение солнца по небосводу и определить его координаты (высоту над горизонтом h_o и азимут A_o) на определенной географической широте, следует обратиться к «солнечному стереону», как это сделал в свое время Витрувий.

Траектория солнца в характерные моменты для летнего и зимнего солнцестояний, весенне-осеннего равноденствия для географической широты Москвы ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.) показаны на рис. 21. Важно видеть, что склонение солнца δ весной и осенью равно нулю и определяет высоту солнца h_o в полдень. Летом и зимой склонение солнца в полдень равно соответственно $+23,5^\circ$ и $-23,5^\circ$.

Для определения координат солнца на различных широтах и в требуемое время дня нужны сложные астрономические расчеты. Для архитектурной практики разработаны так называемые солнечные карты, по которым без труда можно получить координаты солнца по проекциям его траекторий на горизонтальную плоскость: по точкам пересечения траекторий с концентрическими окружностями – высоту h_o , по лимбу – азимут A .

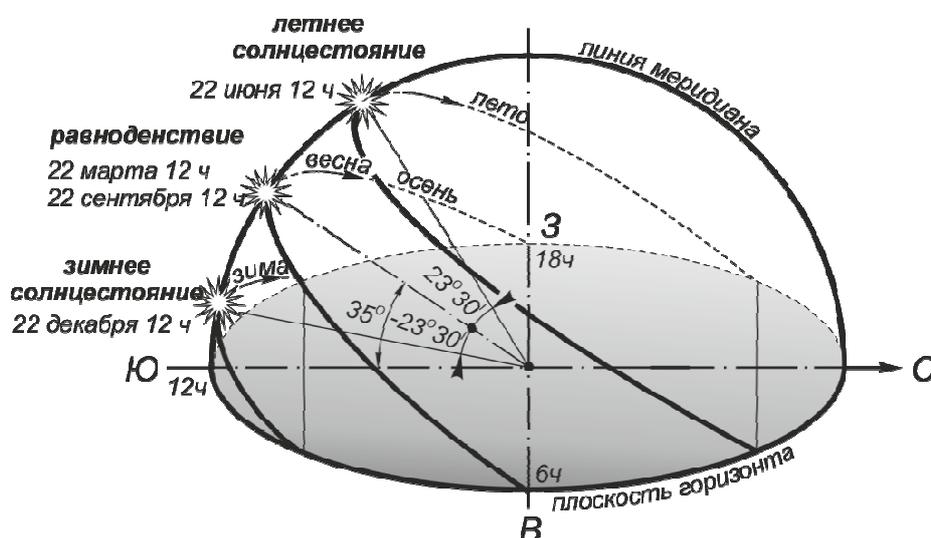


Рис. 21. Траектория солнца в течение года для географической широты Москвы ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.)

7.2. Солнечное и декретное время

Инсографик состоит из двух систем линий: часовых радиальных линий, представляющих горизонтальные проекции солнечного луча, направленного к расчетной точке в различное время дня; горизонтальных линий, показывающих превышение уровня карниза противостоящего (затеняющего) здания над уровнем расчетной точки. Инсографики составляют на отдельные наиболее характерные (расчетные) дни нормируемого периода года для различных зон территории России (широт). В основу построения инсографиков положены закономерности видимого движения солнца по небосводу и движение его луча к расчетной точке (рис. 22). Для каждого расчетного периода и широты местности инсографики видоизменяются:

- на 22 апреля (22 августа);
- на 22 марта (22 сентября);
- на 22 февраля (22 октября).

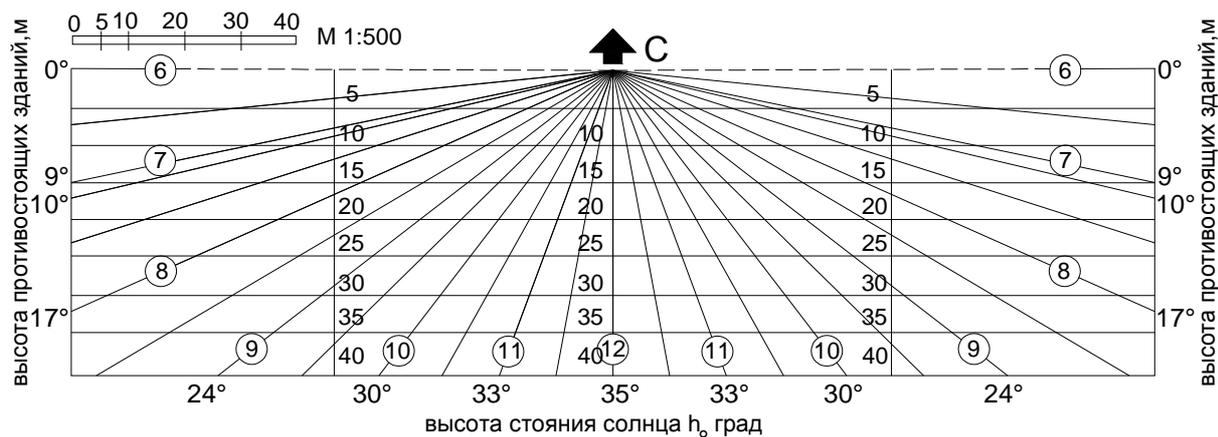


Рис. 22. Инсографик для расчета продолжительности инсоляции и построения контура теней (55° с. ш.)

При построении инсографика необходимо помнить о разнице между солнечным временем (истинным, астрономическим) и декретным на Земле, которая может достигать почти до 1,5 часов. При выборе ориентации зданий по сторонам горизонта архитектору нужно уметь определять эту разницу в любом городе земного шара. Кроме того, существуют понятия поясного и сезонного времени.

Совмещение времени бодрствования со светлым периодом суток позволяет экономить потребление электроэнергии: весной стрелки часов, идущих по поясному времени, переводят на час вперед, а осенью ставят опять **по поясному времени**.

Что такое поясное (**астрономическое, солнечное**) время?

Земля геометрически разделена на 360°, а сутки – на 24 часа. Разделим 360 градусов на 24, получится, что за один час солнце перемещается по поверхности земли на 15 градусов географической долготы. Вертикальная полоса шириной 15° – это и есть один часовой пояс. И если в астрономический полдень (когда солнце стоит максимально высоко в небе) ваши часы показывают 12:00, значит, вы живете по поясному (солнечному) времени. Поясное время было рекомендовано к применению в 1884 г.: тогда начал активно развиваться железнодорожный транспорт, люди все быстрее перемещались по поверхности Земли. За центр нулевого пояса был принят Гринвичский меридиан в Англии (рис. 23), его астрономическое время называют всемирным. В 1917 г. Россия сдвинула стрелки на 1 час вперед – для экономии электроэнергии (как потом выяснилось, неоправданно). После этого стрелки переводили несколько раз, система времяисчисления в стране менялась. В 1930 г. было введено декретное время, и стрелки часов были переведены на час вперед относительно поясного времени. В марте 1991 г. декретное время было отменено, опережение на два часа упразднено. Мы перешли на систему отсчета летнее – зимнее время. С 1992 по 2011 гг. мы опережали поясное время на один час зимой и два часа летом. С октября 2011 г. Россия живет, опережая поясное время на два часа, причем круглый год. Такова вкратце история изменения отсчета времени.

Расчеты инсоляции и солнцезащитных устройств производятся по так называемому расчетному времени суток и года, устанавливаемому в зависимости от географического района строительства.

За расчетное время принимается:

- при необходимости устранения перегрева помещений – средний период жарких месяцев года при среднемесячной температуре наружного воздуха $t_H 22\text{ }^\circ\text{C}$;
- при определении максимальных тепlopоступлений в помещениях с кондиционированием воздуха – наиболее жаркий месяц года (по среднемесячной температуре наружного воздуха);

в) при устранении ослепляющего действия инсоляции – рабочее время суток и года в зависимости от назначения помещения.

Порядок определения разницы между солнечным и декретным временем следующий:

- найти разницу n° между долготами данного пункта и среднего меридиана часового пояса, определяемого по карте часовых поясов;
- найти разницу в минутах между местным солнечным и поясным временем, для чего полученную разницу в долготах n° умножить на 4 (угловая скорость движения солнца по небосводу – 1° за 4 минуты);
- определить поясное время данного пункта, для чего полученную разницу прибавить (отнять) к расчетному солнечному времени, если долгота данного пункта меньше (больше) долготы среднего меридиана часового пояса;
- найти декретное время, прибавив к поясному один час.

ПРИМЕР 1

Требуется перевести местное солнечное время в 12 часов на декретное время для Ташкента.

По карте часовых поясов (рис. 23) находим, что город расположен в пятом часовом поясе на 69° в. д.; средний меридиан пояса имеет долготу 75° .

Разница между долготой Ташкента и средним меридианом часового пояса составляет $75^\circ - 69^\circ = 6^\circ$, между местным солнечным и поясным временем – $4 \times 6 = 24$ мин.

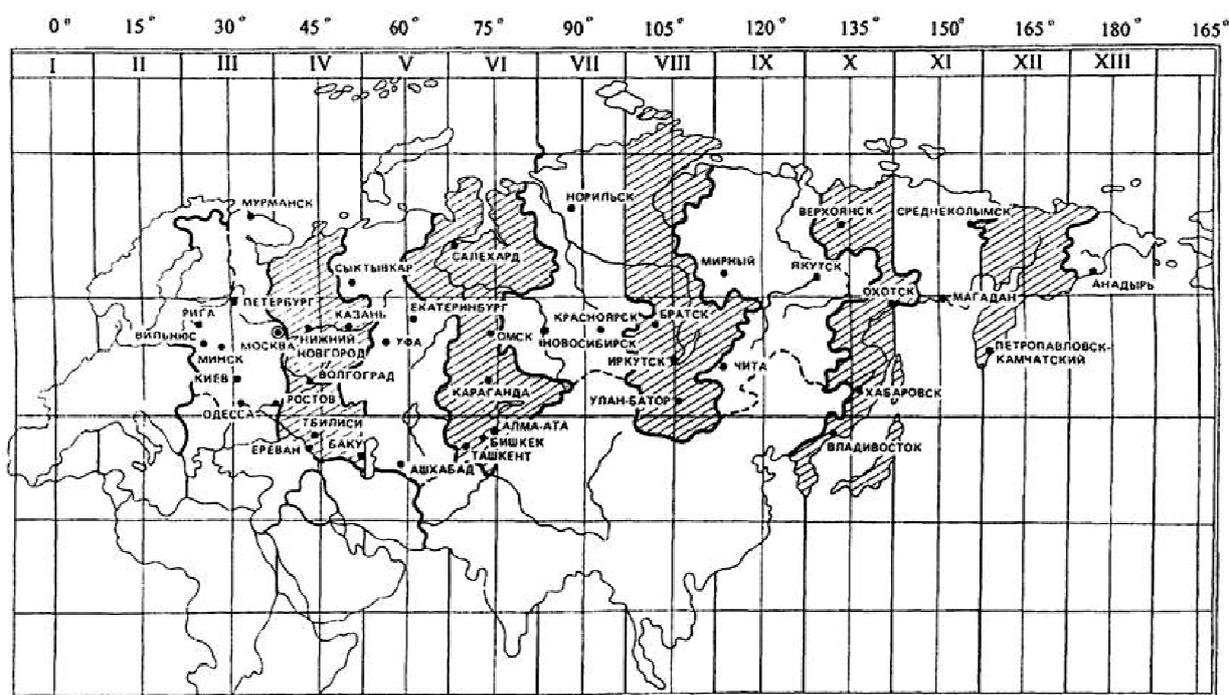


Рис. 23. Карта часовых поясов

Поясное время – 12 ч 00 мин + 0 ч 24 мин = 12 ч 24 мин.

Декретное время – 12 ч 24 мин + 1 ч = 13 ч 24 мин.

В летнее полугодие многие страны пользуются сезонным временем, которое опережает декретное еще на 1 час. Поэтому летом в Ташкенте солнечный полдень по часам приходится на 14 ч 24 мин.

Эту разницу во времени необходимо учитывать при корректировании инсографиков на кальке и затем уже производить графические расчеты (рис. 24).

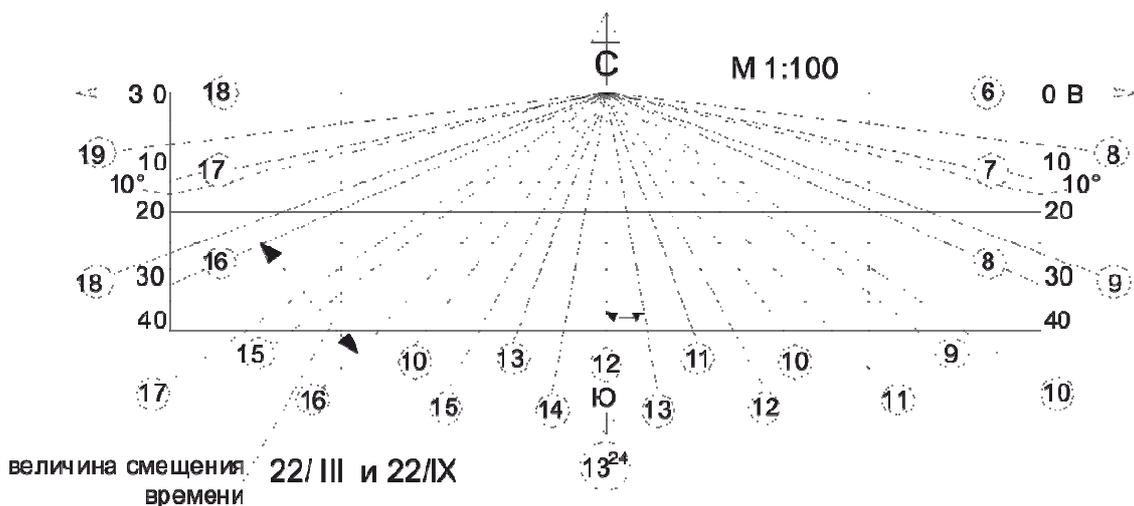


Рис. 24. Графическое изображение смещения декретного времени по отношению к солнечному (на примере Ташкента)

Условия инсоляции определяются методом проекций с числовыми отметками. Расчеты следует производить непосредственно на плане застройки с помощью накладного инсографика, показанного на рис. 22 и в прил. В и Г.

7.3. Построение инсографика. Примеры расчетов

Способ построения инсоляционного графика, основанный на графической модели небосвода, для дней равноденствия и φ с. ш. заключается в следующем:

1. Изобразить разрез небосвода по меридиану С–Ю как полусферу радиусом $R = 1$ (ЛГ – линия горизонта) (рис. 25б).

2. От вертикали, проходящей через центр полусферы O и зенит Z в сторону юга, отложить угол φ , обозначающий географическую широту места. На пересечении проведенной из точки O наклонной линии с полуокружностью находится положение солнца в 12 ч в дни равноденствия. Наклонная линия является вертикальной проекцией полуденного солнечного луча, лежащего в плоскости солнечной траектории, а угол между ней и линией горизонта показывает высоту стояния солнца h_o в этот момент.

3. Изобразить план небосвода как окружность с $R = 1$ с центром O . Указать стороны горизонта – В, Ю, З, С (рис. 23в).

Спроецировать на южный меридиан с разреза на план положение полуденного солнца и через эту точку провести окружность радиусом r .

4. Разделить сектор Ю–В горизонтальной проекции небосвода на 6 равных частей по 15° (угловая скорость движения солнца – 15° в час, время от восхода до полудня – 6 ч) и провести радиальные линии (для крупномасштабного графика сектор можно разделить на 12, 15 или 24 части – соответственно через 30, 20 или 15 мин).

5. Из точек пересечения этими радиусами внешней и внутренней окружностей провести линии, параллельные линиям С–Ю и З–В, построив таким образом небольшие прямоугольные треугольники. Вершины прямых углов являются горизонтальными проекциями солнца через каждый час.

Все эти построения вспомогательные и выполняются тонкими линиями.

6. Через полученные точки проекций солнца и центр O провести жирные линии – горизонтальные почасовые проекции солнечных лучей, необходимые для построения графика. Для упрощения построений разрез и план небосвода можно совместить (рис. 25а).

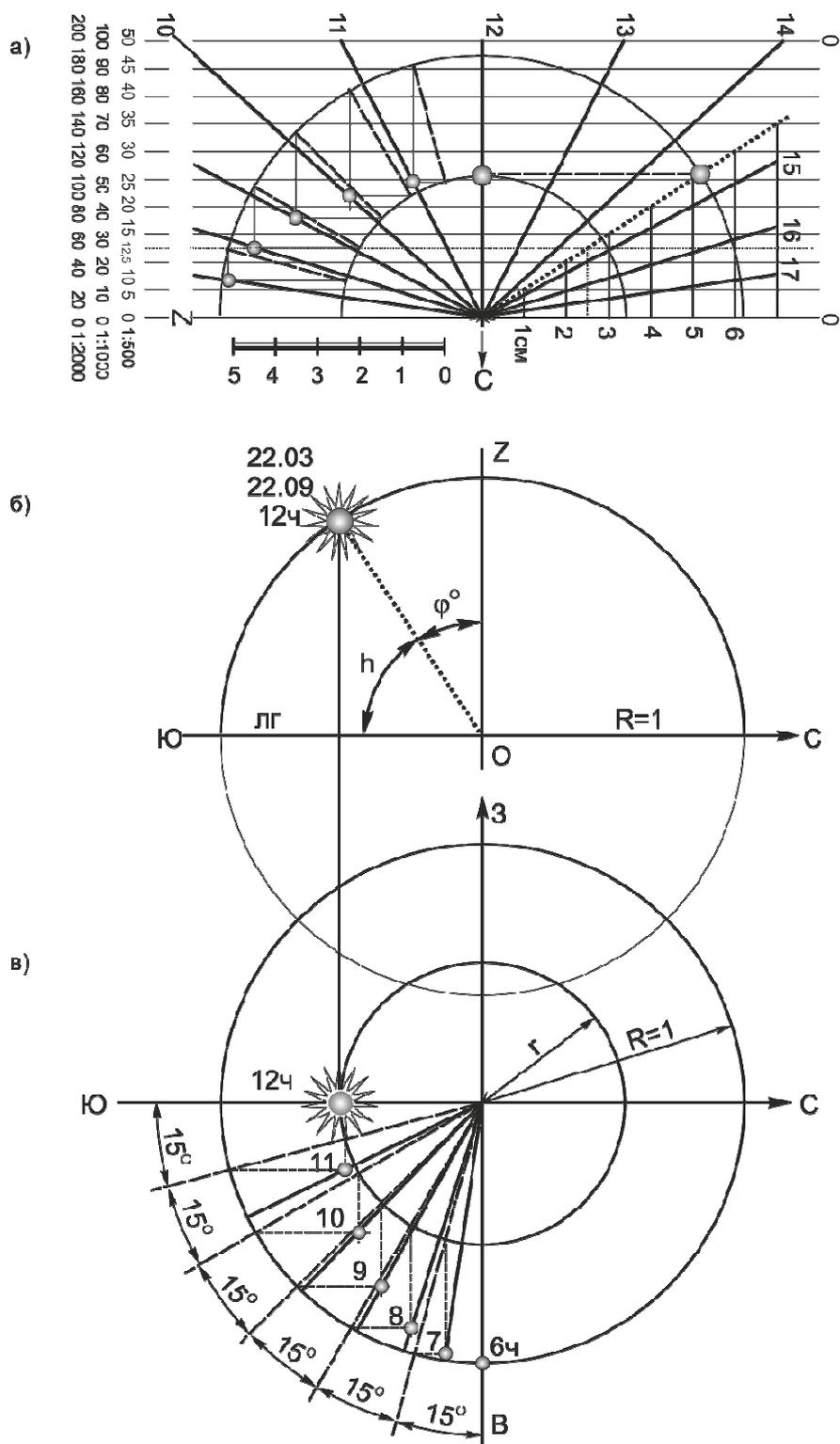


Рис. 25. Построение инсоляционного графика для широты φ :

a – общий вид инсографика; *б* – разрез небосвода; *в* – план небесной сферы на плоскости

7. На линии OZ разметить деления через 1 см (для подробного графика – через 1 или 2 мм) и провести горизонтальные линии до пересечения с проекцией полуденного луча. Через точки пересечения провести линии, параллельные направлению В–З на плане небосвода. Эти параллели являются метрической шкалой превышений вспомогательных горизонталей наклонной плоскости солнечной траектории над исследуемой точкой на данной широте и

служат для определения длины теней. Цена расстояний между параллелями назначается в соответствии с масштабом архитектурного чертежа.

8. Горизонтальные проекции дополуденных солнечных лучей (с 6 до 12 ч) зеркально перенести в послеполуденную область (сектор Ю–З плана небосвода) и обозначить часы дня (с 12 до 18 ч).

График выполняется тушью на кальке или прозрачной пленке, вспомогательные линии построений стираются.

ПРИМЕР 2

Определить продолжительность инсоляции точки на горизонтальной поверхности.

Точка O графика совмещается с заданной точкой, а сам график ориентируется по направлению север – юг. Высота затеняющего здания $H_{зд}$, т. е. превышение его карниза над заданной точкой, составляет 25 м. На графике отмечается горизонталь, соответствующая высоте этого здания, т. е. горизонталь 25 м в выбранном масштабе чертежа и графика.

Затенение заданной точки O всегда происходит только от той части здания, которая находится между горизонталью и этой точкой (на схеме заштрихована). В данном случае точка O будет затенена с 9 до 11 ч 30 мин.

Следовательно, заданная точка в дни равноденствия будет инсолироваться дважды (рис. 26а): с 7 до 9 ч и с 11 ч 30 мин. до 17 ч (по нормам инсоляции первый час после восхода солнца и последний час перед его заходом в расчет не принимаются).

На рис. 26б инсоляция точки O осуществляется трижды в течение дня в пределах углов α_0 , так как дома II и III оказывают на нее затеняющее действие (в пределах углов α_3).

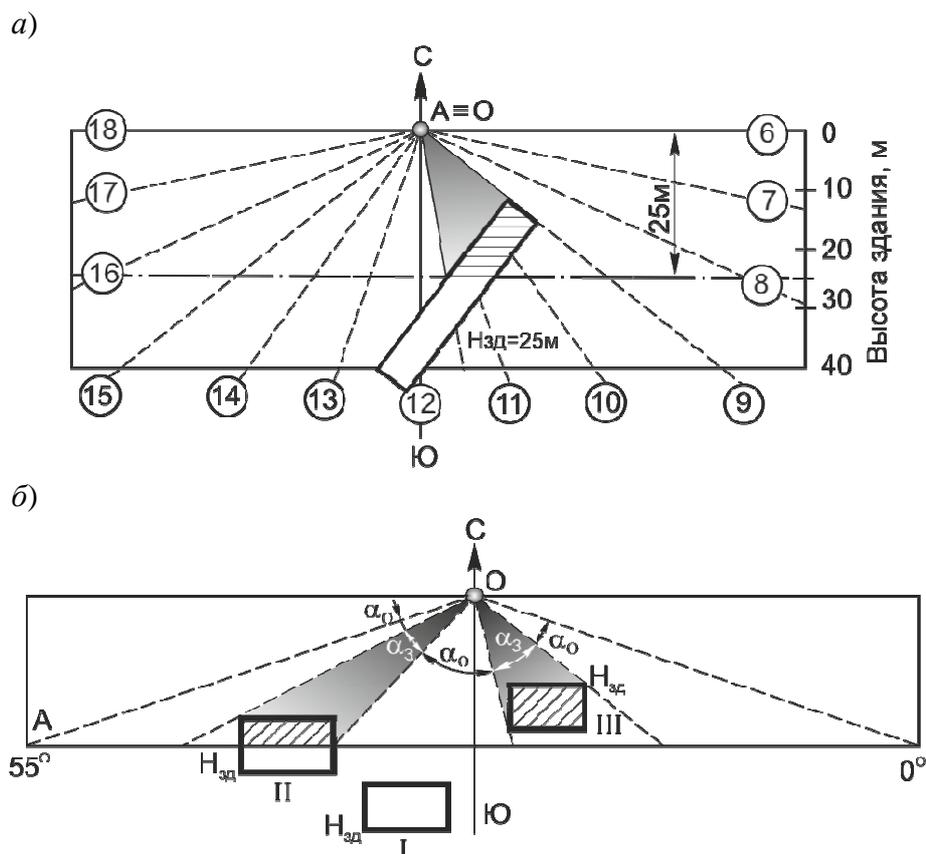


Рис. 26. Основные случаи расположения зданий относительно затененной точки и линии ограничения, соответствующей превышению их над расчетной точкой:

a – одно затеняющее здание; $б$ – два затеняющих здания из трех;

α_3 и α_0 – азимуты (углы) затенения и инсоляции соответственно