

**Министерство строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства  
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение  
«Федеральный центр нормирования, стандартизации  
и технической оценки соответствия в строительстве»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ  
ВЛИЯНИЯ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Москва 2019**

**Содержание**

|   |                                                                                                                                                |    |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Область применения .....                                                                                                                       | 1  |
| 2 | Нормативные ссылки .....                                                                                                                       | 1  |
| 3 | Термины и определения .....                                                                                                                    | 2  |
| 4 | Общие положения.....                                                                                                                           | 7  |
| 5 | Методика построения солнечных карт и комплексных солнечных карт .....                                                                          | 8  |
| 6 | Методика определения градусо-суток периода охлаждения.....                                                                                     | 22 |
| 7 | Оценка влияния солнцезащитных устройств на энергосбережение зданий различного назначения в климатических условиях Российской Федерации.....    | 25 |
| 8 | Требования к рациональным солнцезащитным устройствам в различных климатических регионах Российской Федерации и порядок их проектирования ..... | 30 |
| 9 | Требования к конструктивным решениям солнцезащитных устройств .....                                                                            | 45 |
|   | Приложение А (справочное) Величины градусо-суток периода охлаждения зданий для городов южных регионов Российской Федерации.....                | 47 |
|   | Приложение Б (справочное) Варианты решения солнцезащитных устройств с использованием комплексных солнечных карт .....                          | 51 |
|   | Библиография .....                                                                                                                             | 54 |

## Введение

Настоящие методические рекомендации разработаны в развитие свода правил СП 370.1325800.2017 «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования» для реализации архитекторами и проектировщиками требований, заложенных в строительных нормах и правилах, и выполнения более грамотного и рационального проектирования солнцезащиты зданий в целях повышения их энергетической эффективности.

Настоящие методические рекомендации предназначены для проектировщиков жилых, общественных и промышленных зданий и для конструкторов солнцезащитных устройств.

Настоящие методические рекомендации разработаны авторским коллективом: федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (д-р техн. наук *И.Л. Шубин*, канд. техн. наук *А.В. Спиридонов* – руководитель работы) и федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (д-р техн. наук *А.Т. Дворецкий*, д-р техн. наук *О.В. Сергейчук*, канд. техн. наук *Т.В. Денисова*, канд. техн. наук *С.А. Митрофанова*).



## **1 Область применения**

Настоящие методические рекомендации устанавливают требования к оптимизации геометрических параметров и конструктивных решений солнцезащитных устройств и определению их энергетической и экономической эффективности.

Настоящие методические рекомендации распространяются на проектирование солнцезащитных устройств при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений различного назначения.

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящих методических рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 33125–2014 Устройства солнцезащитные. Технические условия

ГОСТ Р 54863–2011 Жалюзи и ставни. Определение дополнительного термического сопротивления

ГОСТ Р 57795–2017 Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» (с изменением № 1)

СП 52.13330.2016 «СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение»

СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (с изменением № 1)

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»

СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты

# СП 370.1325800.2017 Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования

## СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий

**П р и м е ч а н и е** – При пользовании настоящим методическими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

### **3 Термины и определения**

В настоящих методических рекомендациях приведены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 градусо-сутки периода охлаждения:** Показатель, равный произведению продолжительности периода охлаждения на разницу средней максимальной температуры наружного воздуха для репрезентативного дня каждого из месяцев периода охлаждения и базовой температуры 21°C;

### 3.2

**инсоляционные углы светопроема:** Горизонтальные и вертикальные углы, в пределах которых на плоскости светопроема возможно поступление прямых солнечных лучей в помещение.

**П р и м е ч а н и е** – При расчете инсоляционных углов глубина световых проемов принимается равной расстоянию от наружной плоскости стены до внутренней плоскости переплета.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.1]

### 3.3

**комплексная солнечная карта:** Солнечная карта с нанесенными на нее данными о местных особенностях климата – зонами желательной и нежелательной инсоляции, которые соответствуют отопительному периоду и периоду перегрева (периоду охлаждения зданий) в году.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.2]

### 3.4

**пассивное солнечное отопление:** Комплекс мероприятий по использованию тепловой энергии прямой солнечной радиации для отопления зданий без применения дополнительных инженерных систем в холодный период года.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.3]

### 3.5

**пассивное солнечное охлаждение:** Комплекс мероприятий по уменьшению поступления тепловой энергии прямой солнечной радиации в помещения без применения дополнительных инженерных систем в теплый период года.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.4]

### 3.6

**период охлаждения зданий:** Период года, в течение которого есть потребность в существенном количестве энергии для охлаждения зданий; характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха больше 21 °С.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.5]

### 3.7

**солнечная карта:** Проекция на горизонтальную плоскость дневной небесной полусферы, на которой отображены солнечные траектории, часовые линии и координатная сетка, состоящая из азимутальных линий и альмукантарат.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.6]

### 3.8

**солнечный фактор:** Отношение общей солнечной энергии, поступающей в помещение через светопрозрачную конструкцию, к солнечной энергии, падающей на светопрозрачную конструкцию.

**П р и м е ч а н и е** – Общая солнечная энергия, поступающая в помещение через светопрозрачную конструкцию, представляет собой сумму энергии, непосредственно проходящей через светопрозрачную конструкцию, и той части энергии, которая поглощается светопрозрачной конструкцией (включая солнцезащитные устройства), и, в дальнейшем, передается внутрь помещения.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.7]

### 3.9

**солнцезащита:** Комплекс мероприятий по уменьшению воздействия вредных факторов прямой солнечной радиации на микроклимат помещений, в частности, перегрева.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.8]

### 3.10



**солнцезащитное устройство; СЗУ:** Стационарный или регулируемый элемент конструкции здания, предназначенный для защиты помещений от воздействия прямой солнечной радиации.

П р и м е ч а н и е – СЗУ, состоящие из набора параллельных ламелей, называются ламинарными.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.9]

### 3.11

**солнцезащитный кожух:** Пространственная солнцезащитная конструкция с образующими в виде цилиндров, конусов и пр., в которой оборудованы оптимальные вырезы (с точки зрения защиты от прямых солнечных лучей).

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.10]

### 3.12

**теньевая маска:** Графическое отображение на солнечной карте зоны экранирования небосвода непрозрачным объектом, например, элементами солнцезащитных устройств.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.13]

### 3.13

**угол затенения элемента СЗУ:** Минимальный угол с вершиной на поверхности остекления между поверхностью остекления и лучом, касательным к контуру затеняющего элемента СЗУ в рассматриваемой плоскости.

П р и м е ч а н и е – В ламинарных СЗУ – угол с вершиной на основании соседней ламели между граничной поверхностью солнцезащиты и лучом, касательным к контуру рассматриваемой ламели, определяется в плоскости, перпендикулярной к направляющей ламелей.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.14]

### 3.14

**угол раскрытия элемента СЗУ:** Максимальный угол с вершиной на поверхности остекления между нормалью к остеклению и лучом, касательным к контуру затеняющего элемента.

**П р и м е ч а н и е** – В ламинарных СЗУ – угол с вершиной в основании соседней ламели между нормалью к граничной поверхности солнцезащиты и лучом, касательным к контуру рассматриваемой ламели, определяется в плоскости, перпендикулярной к направляющей ламелей.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.15]

### 3.15

**угловая высота Солнца:** Угол между направлением на Солнце и его проекцией на плоскость горизонта.

[СП 370.1325800.2017, пункт 3.16]

### 3.16

**энергосбережение:** Реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

[1, статья 2, пункт 3]

**3.17 энергетическая эффективность:** Снижение расчетных затрат энергетических и других невозобновляемых ресурсов, потребляемых зданием за годовой эксплуатационный цикл, когда в проект здания стандартного исполнения вводятся специальные решения, минимизирующие потребление ресурсов при обеспечении комфортных параметров микроклимата, соответствующих действующим нормативным документам.

## **4 Общие положения**

4.1 Материалы настоящих методических рекомендаций позволяют при проектировании выбирать рациональный вид СЗУ, прогнозировать качество микроклимата помещений в соответствии с СП 50.13330, СП 52.13330, СП 60.13330, СП 345.1325800, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076 и ГОСТ 30494 и рассчитывать энергетическую и экономическую эффективность солнцезащиты.

4.2 Методика проектирования и расчета, представленная в настоящих методических рекомендациях, ориентирована на проектирование солнцезащитных устройств на территории Российской Федерации и на примерах климатических условий Южного и Северокавказского федеральных округов, где вопрос использования рациональных солнцезащитных устройств наиболее актуален.

4.3 Обеспечение комфортных параметров микроклимата в зданиях является одним из основных требований к современному строительству. Параметры микроклимата в помещениях нормируются в соответствии с ГОСТ 30494.

4.4 Необходимо обеспечивать комфортные условия в помещениях, как в холодный период, так и в период охлаждения зданий.

4.5 Для снижения теплоступлений в помещения в период охлаждения зданий наиболее эффективным способом является использование СЗУ – элементов конструкции здания, предназначенных для защиты помещений от воздействия прямой солнечной радиации. Данные устройства могут быть стационарными и регулируемые. По использованию затеняющих элементов СЗУ могут быть горизонтальными, вертикальными, комбинированными, а также СЗУ общего положения, состоящими из наклоненных к горизонту ламелей. Кроме того, могут быть использованы сотовые СЗУ и солнцезащитные кожухи.

4.6 Основные правила проектирования СЗУ в зданиях приведены в СП 370.1325800, ГОСТ 33125, ГОСТ Р 54863.

4.7 В случае использования нерациональных СЗУ в зданиях их эффективность снижается, а в ряде случаев приводит и к некомфортным условиям в помещениях.

4.8 Использование рациональных СЗУ позволяет обеспечить снижение теплопоступлений в помещения и экономию энергетических ресурсов для их охлаждения.

4.9 Использование рациональных СЗУ позволяет обеспечивать дополнительные теплопоступления в помещения в отопительный период, что снижает энергетические затраты на отопление зданий.

4.10 Для разработки рациональных СЗУ необходимо обеспечить проектировщиков следующими основными методиками:

- построения солнечных карт;
- построения комплексных солнечных карт с выделением зон избыточной инсоляции;
- определения градусо-суток периода охлаждения зданий;
- оценки энергетической эффективности СЗУ.

## **5 Методики построения солнечных карт и комплексных солнечных карт**

5.1 Для проектирования рациональных СЗУ необходимыми исходными данными являются:

- проектные данные исследуемого объекта (ориентация и геометрические параметры светопрозрачных конструкций);
- комплексная солнечная карта [2], [3].

5.2 Для построения комплексной солнечной карты исходными данными являются:

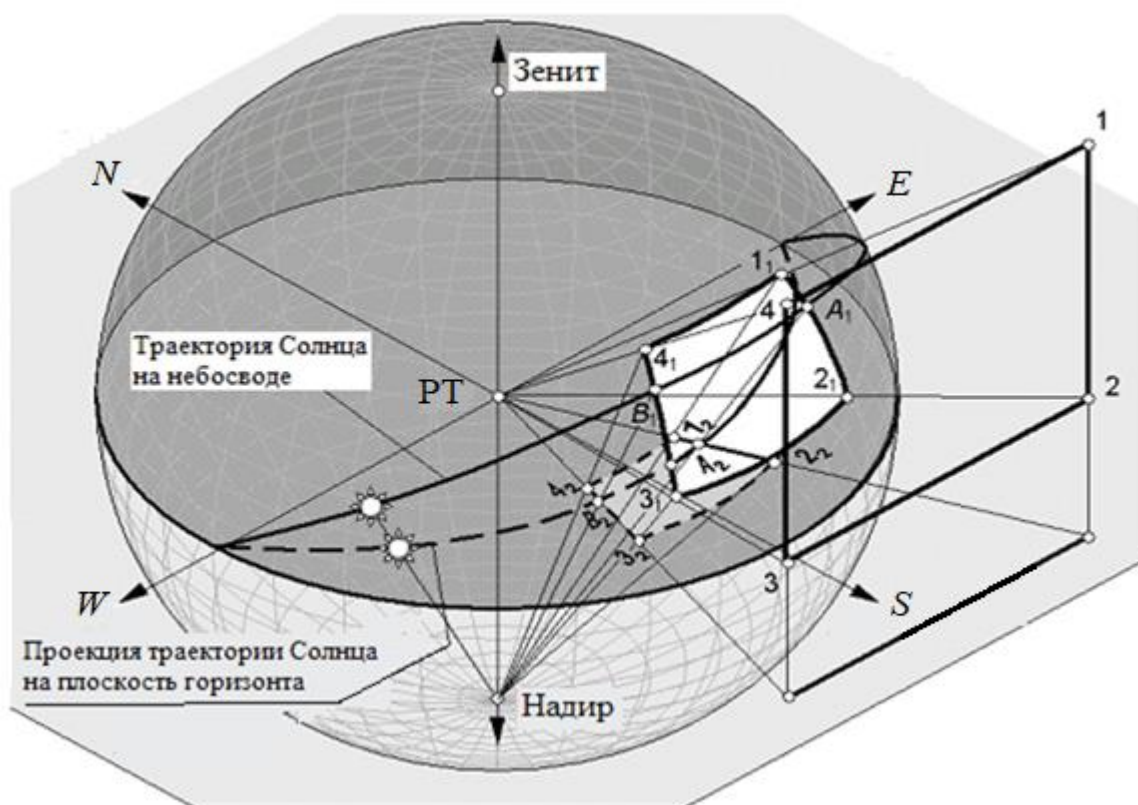
- географическая широта местности;
- климатические данные (средняя температура воздуха и среднесуточная амплитуда температуры воздуха или средние минимум и максимум температуры для каждого месяца).

5.3 Комплексные солнечные карты являются необходимым инструментом для учета местных особенностей климата и разработки рекомендаций для архитектурного проектирования.

#### **5.4 Построение солнечной карты**

5.4.1 Солнечная карта, представляющая собой графический инструмент для инсоляционных расчетов, является результатом проецирования на горизонтальную плоскость видимой небесной полусферы. На ней отражены солнечные траектории, часовые линии и координатная сетка, состоящая из азимутальных линий и альмукантарат. В зависимости от вида проецирования солнечная карта может быть ортогональной, стереографической и др. Солнечные карты строятся для конкретной географической широты. В настоящих методических рекомендациях используется стереографическая проекция, с центром проецирования в надире небесной сферы (рис. 5.1). Такая проекция наиболее удобна при ручном построении, так как может быть выполнена с помощью линейки и циркуля, сохраняет на рабочей плоскости углы между линиями на небесной сфере и отображает окружающее пространство.

5.4.2 Каждая точка солнечной карты соответствует одному направлению из расчетной точки РТ и определяется двумя углами: азимутальным в горизонтальной плоскости и вертикальным между вектором направления и плоскостью горизонта. На небосвод, центр которого находится в расчётной точке, проецируется контур светопроёма 1234 (центр проецирования – расчётная точка). При этом все отрезки прямых проецируются в дуги больших окружностей (рис. 5.1). Проекция  $1_12_13_14_1$  определяет теневую маску светопроёма на небосводе.



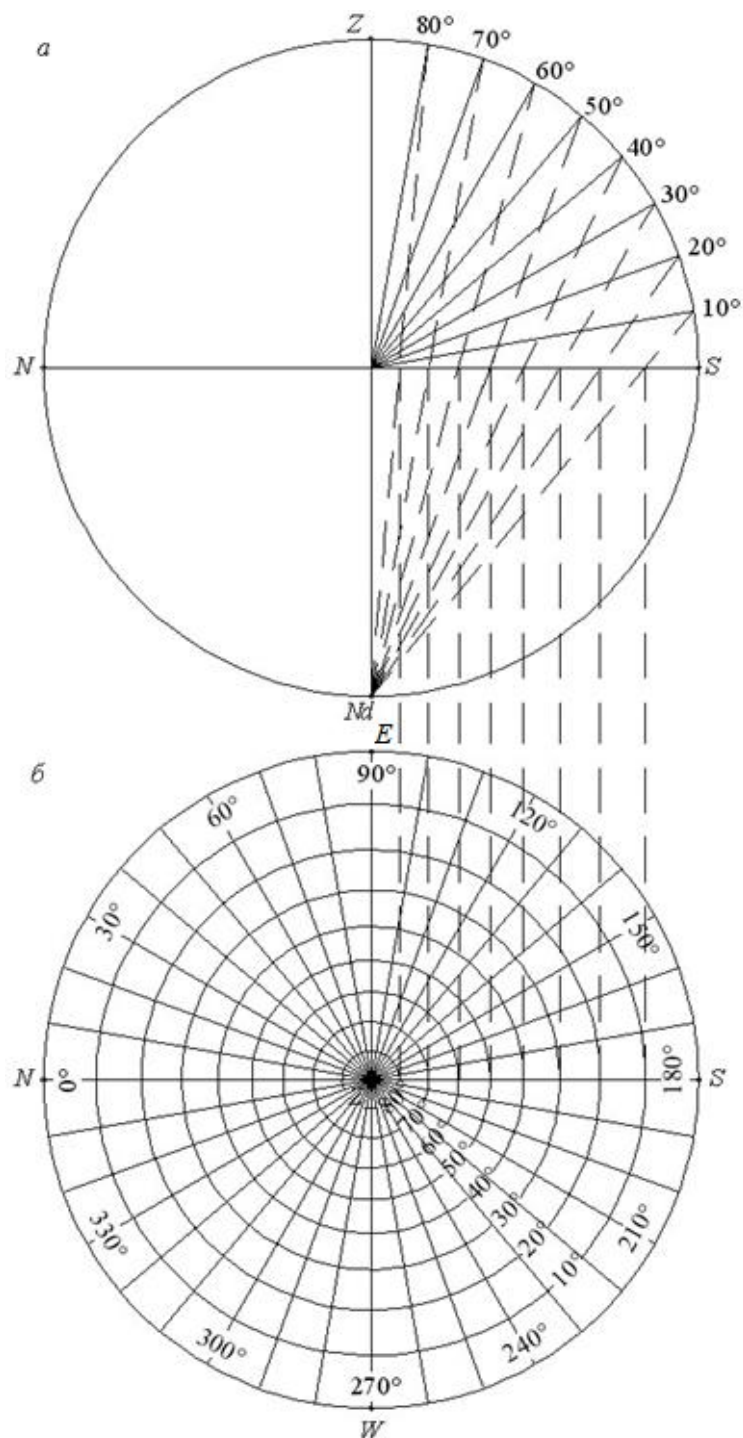
РТ – расчетная точка

**Рисунок 5.1 – Двойное проектирование при подготовке солнечной карты**

5.4.3 Для построения координатной сетки солнечной карты следует изобразить две окружности равного диаметра, соответствующие сечениям небесной сферы плоскостью горизонта  $NOSW$  и меридиана  $NZSNd$  (рис. 5.2).

5.4.4 На эпюре, представляющем собой пересечение небесной сферы плоскостью меридиана, отмечаются углы между горизонтом и зенитом. Полученные отметки соединяются с точкой надира  $Nd$ . Точки пересечения проектирующих лучей с плоскостью горизонта (диаметр  $NS$ ) проектируются на плоскость горизонта на одноименный диаметр. Через полученные точки проводятся вокруг точки зенита  $Z$  concentric окружности. Полученные окружности объединяют все точки небесной сферы, находящиеся на равной высоте над горизонтом и называются альмукантаратами.

Примечание – Альмукантарата  $0^\circ$  совпадает с окружностью горизонта, а альмукантарата  $90^\circ$  вырождается в одну точку – точку зенита  $Z$ .

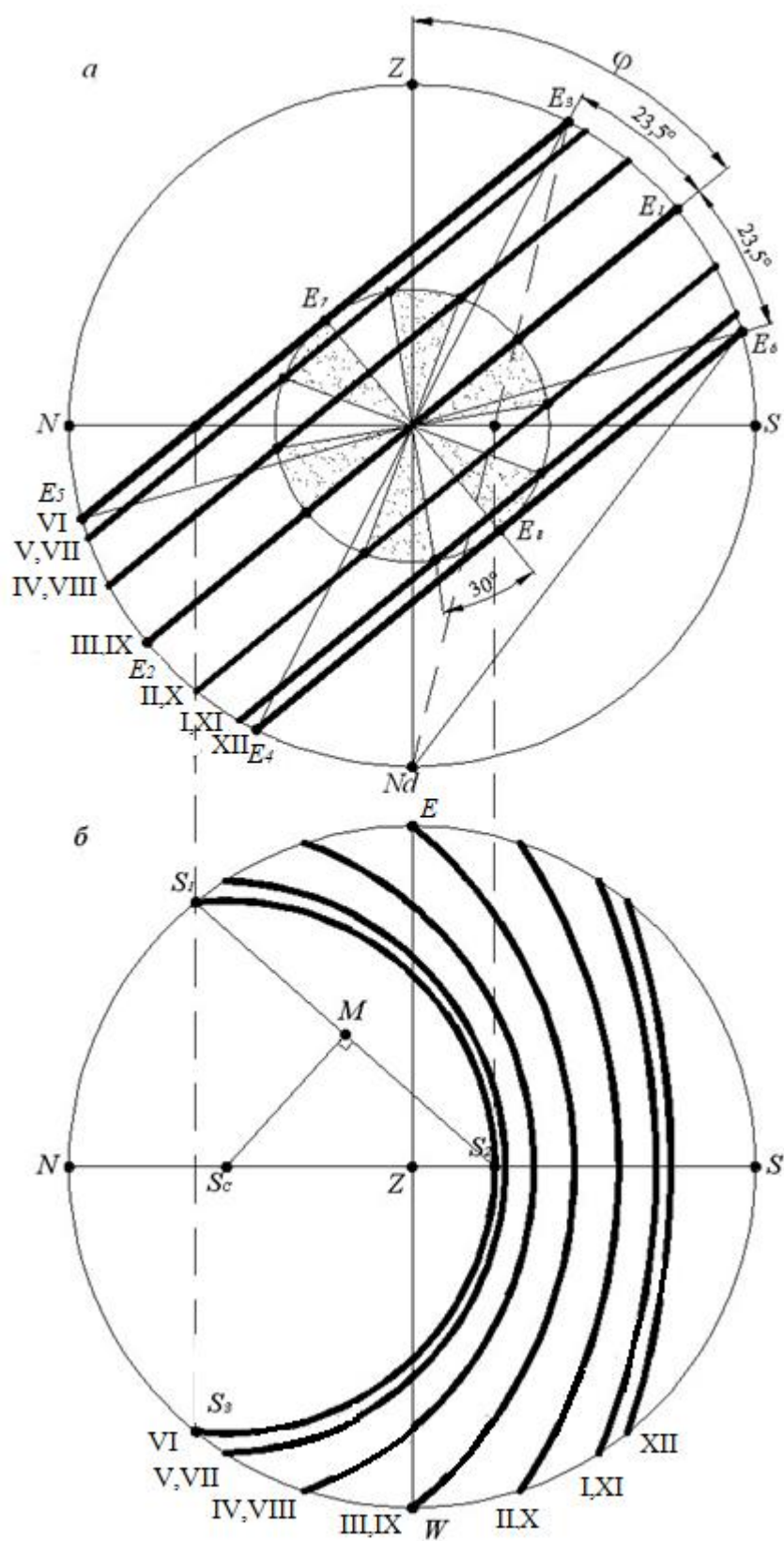


*a* – плоскость меридиана; *б* – плоскость горизонта

### **Рисунок 5.2 – Построение траекторий хода Солнца**

5.4.5 Азимутальные углы наносят на плоскости горизонта в натуральную величину и измеряют, начиная от линии меридиана (точка *N*) по ходу часовой стрелки.

5.4.6 Для построения траекторий хода Солнца откладывают от зенита *Z* угол географической широты  $\varphi$  (рисунок 5.3). Для населенных пунктов Северного полушария угол  $\varphi$  откладывают по ходу часовой стрелки, а для населенных пунктов Южного полушария – против хода.



*a* – плоскость меридиана; *б* – плоскость горизонта

**Рисунок 5.3 – Построение траекторий хода Солнца**



Полученный диаметр  $E_1E_2$  является плоскостью экватора и траекторией хода Солнца в дни равноденствия.

5.4.7 От диаметра  $E_1E_2$  откладывают по ходу и против хода часовой стрелки угол  $23,5^\circ$ . Через концы полученных диаметров  $E_3E_4$  и  $E_5E_6$  проводят хорды  $E_3E_5$  и  $E_4E_6$ , параллельные диаметру  $E_1E_2$ . Хорды  $E_3E_5$  и  $E_4E_6$  являются траекториями хода Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний соответственно.

5.4.8 Вокруг центра проводят окружность, касательную к хордам  $E_3E_5$  и  $E_4E_6$ . Точки касания обозначены как  $E_7$  и  $E_8$ .

5.4.9 Полученную окружность делят радиусами на 12 секторов по  $30^\circ$  каждый, начиная от точек  $E_7$  и  $E_8$ . Через точки пересечения радиусов с окружностями проводят хорды, параллельные диаметру  $E_1E_2$ . Три из них совпадут с имеющимися хордами, а четыре будут новыми.

Полученные хорды являются траекториями хода Солнца по небесной сфере для 22 числа следующих месяцев (в следующем порядке, начиная от траектории, близкой к северу ( $N$ )): VI; V, VII; IV, VIII; III, IX; II, X; I, XI; XII.

5.4.10 Каждая из хорд характеризуется четырьмя точками:

- самая низкая точка, соответствующая положению Солнца в полночь;
- самая высокая точка, соответствующая положению Солнца в полдень;
- точки пересечения траектории хода Солнца с плоскостью горизонта (диаметром  $NS$ ), которые соответствуют восходу и заходу Солнца и на данном эпюре совпадают.

5.4.11 На эпюр, соответствующий плоскости горизонта  $NOSW$ , точки рассвета и захода переносятся на окружность горизонта. Полученная в восточной части горизонта точка будет точкой рассвета  $S_1$ , а в западной – точкой заката  $S_3$ .

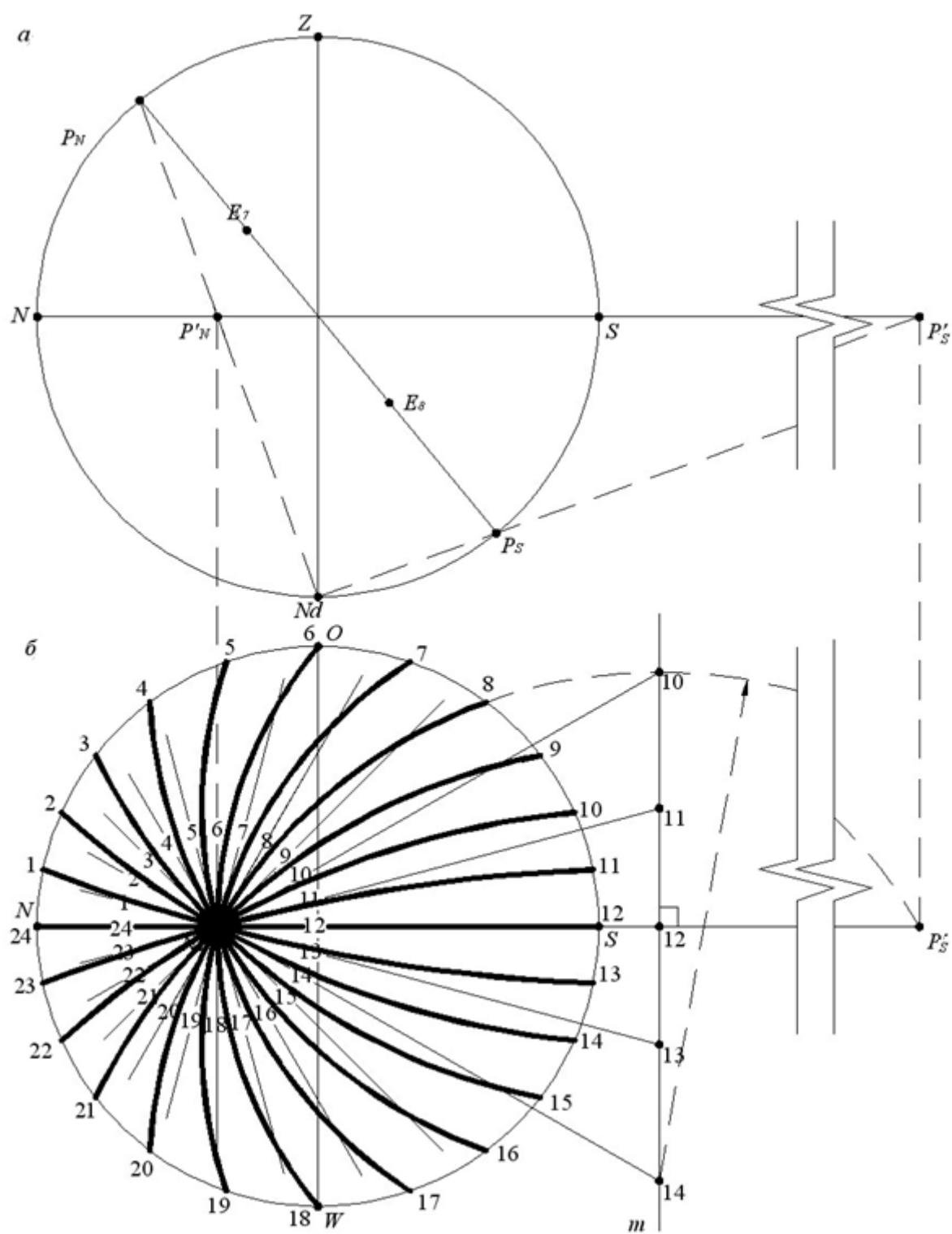
Полуденную точку соединяют отрезком с точкой надира  $Nd$ . Из точки пересечения отрезка с плоскостью горизонта (диаметр  $NS$ ) переносят на эпюр горизонта на линию меридиана (отрезок  $NS$ ). Полученная точка  $S_2$  является положением Солнца в полдень.

5.4.12 Точки  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  соединяют дугой окружности, которая будет представлять собой траекторию хода Солнца в соответствующий день.

Примечание – При выполнении построения с помощью циркуля, точки  $S_1$  и  $S_2$  соединяют отрезком, середина которого обозначается точкой  $M$ . В точке  $M$  проводят перпендикуляр к отрезку  $S_1S_2$ . Пересечение перпендикуляра с осью  $NS$  (точка  $S_C$ ) является центром дуги  $S_1S_2S_3$ .

Операции, описанные в 5.4.11 и настоящем пункте, повторяют для каждой из семи траекторий.

5.4.13 На эюре – плоскости меридиана через точки  $E_7$  и  $E_8$  проводят диаметр  $P_N P_S$ , концы которого являются северным и южным полюсами небесной сферы соответственно (рисунок 5.4). Эти точки одновременно являются полюсами часовых линий на небесной сфере, а любые две соседние часовые линии выделяют на небесной сфере сегмент. Между соседними часовыми линиями угловое расстояние составляет  $15^\circ$  (за 1 ч Солнце проходит по небесной сфере дугу в  $360^\circ/24=15^\circ$ ).



$a$  – плоскость меридиана;  $b$  – плоскость горизонта

Рисунок 5.4 – Построение часовых линий

5.4.14 Через точки  $P_N$  и  $P_S$  проводят прямые в надир ( $Nd$ ). Точки пересечения прямых с плоскостью горизонта обозначаются как  $P'_N$  и  $P'_S$  и переносят на эпюр – плоскость горизонта на линию меридиана  $NS$ .

5.4.15 Из полюса, расположенного внутри окружности горизонта ( $P'_N$  для населенных пунктов северного полушария,  $P'_S$  – для южного), начиная от направления на север ( $N$ ), проводят лучи через каждые  $15^\circ$ .

Луч, который проходит через зенит ( $Z$ ), обозначают номером 12.

Остальные лучи в направлении востока ( $O$ ) нумеруют: 11, 10, 9 и т.д., а в направлении запада ( $W$ ): 13, 14, 15 и т.д. Луч, противоположный лучу 12, будет одновременно лучом 0 и 24. Эти лучи будут касательными к одноименным часовым линиям на солнечной карте.

5.4.16 Часовые линии строят как дуги окружностей по двум точкам – проекциям часовых полюсов  $P'_N$  и  $P'_S$  и одноименной касательной.

#### Примечания

1 При построении часовых линий с помощью циркуля отрезок  $P'_N P'_S$  разделяется посередине прямой  $m$ . Лучи с 7 по 17 продлеваются до пересечения с прямой  $m$ .

Точки пересечения становятся центрами дуг часовых линий.

При этом номер часовой линии отличается от номера точки-центра на 6. Так, точка, образованная лучом 10, является центром для дуг часовых линий 4 и 16.

2 На любой широте дуга 6 должна проходить через точку востока ( $O$ ), а дуга 18 – через точку запада ( $W$ ).

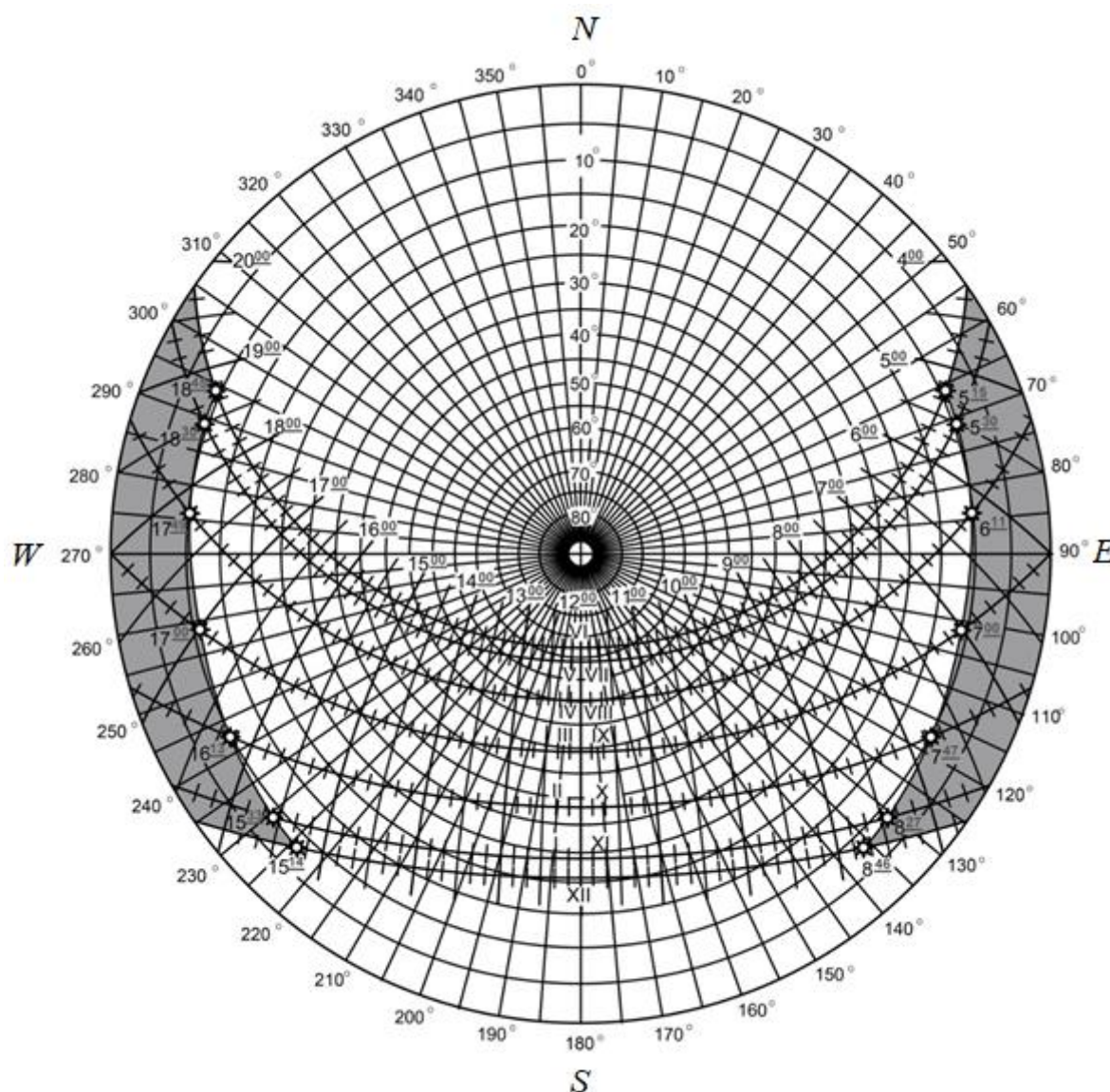
3 Часовые линии указывают солнечное время, а не поясное.

5.4.17 Объединяют координатную сетку (рисунок 5.2), траектории хода солнца (рисунок 5.3) и участки часовых линий (рисунок 5.4), лежащие в пределах траекторий на одной солнечной карте (рисунок 5.5).

При необходимости можно построить траектории хода Солнца для других дат, промежуточные координатные и минутные линии.

5.4.18 На каждой траектории отмечают положение Солнца через 1 ч после восхода и за 1 ч до заката (знак ☀). Кривой соединяют полученные точки. Область первого и последнего часов дня, лежащую между кривыми, и окружность горизонта (на рисунке 5.5 отмечена серым) в дальнейших

расчетах не рассматривают, поскольку в это время Солнце находится слишком близко к горизонту и солнечные лучи проходят слишком большую толщину атмосферы.



**Рисунок 5.5 – Солнечная карта для 46° с. ш.**

## **5.5 Нанесение зон желательной и нежелательной инсоляции на комплексную солнечную карту**

5.5.1 На солнечной карте (рис. 5.5) каждому моменту (дате и времени) светлой части года соответствует определенная точка. Это позволяет с учетом климатических данных по СП 131.13330 использовать солнечные карты для анализа желательной и нежелательной инсоляции в помещениях. Оценку инсоляции производят в соответствии с ГОСТ Р 57795.

5.5.2 Методика построения комплексных солнечных карт приведена ниже.

5.5.3 Имея данные о средней температуре воздуха  $t$  и среднесуточной ее амплитуде  $A$  для каждого месяца (СП 131.13330) можно найти ее минимум ( $t_{min}$ ) и максимум ( $t_{max}$ ) по формулам:

$$t_{min} = t - A/2, \quad (5.1)$$

$$t_{max} = t + A/2. \quad (5.2)$$

5.5.4 Время минимальной температуры  $t_{min}$  принимают на 15 минут позже рассвета. Время рассвета определяется по солнечной карте (рисунок 5.5). Время максимальной температуры  $t_{max}$  принимают 15 ч по солнечному времени.

5.5.5 Для месяцев, когда суточный ход температуры воздуха пересекает отметку 8 °С и (или) 21 °С, вычисляют продолжительности периода повышения температуры ( $t_{incr}$ ) и понижения ( $t_{decr}$ ) по формулам:

$$t_{incr} = t_{max} - t_{min}, \quad (5.3)$$

$$t_{decr} = 24\text{ч} - t_{incr}. \quad (5.4)$$

5.5.6 Изменение температуры от минимума до максимума и наоборот происходит по синусоидальному закону. Для определения текущих значений температуры  $t_{год}$  для каждого месяца, в котором суточный ход температуры воздуха пересекает отметку 8 °С и (или) 21 °С, на основе местных климатических данных (таблица 5.1 приведена для г. Ялты) строят соответствующие графики (рисунки 5.6 и 5.7 а, б).

**Таблица 5.1 – Определение суточного промежутка времени периода охлаждения для каждого месяца (г. Ялта)**

| Месяц            | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t$ , °С         | 3,9  | 4,2  | 6,0  | 10,8 | 15,7 | 20,2 | 23,6 | 23,2 | 19   | 13,6 | 9,5  | 6,1  |
| $A$ , °С         | 6    | 6,1  | 6,7  | 7,3  | 7,6  | 8    | 8,4  | 8,5  | 8,5  | 7,7  | 6,7  | 6,2  |
| $t_{max}$ , °С   | 6,9  | 7,3  | 9,4  | 14,5 | 19,5 | 24,2 | 27,8 | 27,5 | 23,3 | 17,5 | 12,9 | 9,2  |
| $t_{min}$ , °С   | 0,9  | 1,2  | 2,7  | 7,2  | 11,9 | 16,2 | 19,4 | 19   | 14,8 | 9,8  | 6,2  | 3    |
| Время восхода, ч | 7:25 | 6:47 | 6:05 | 5:17 | 4:36 | 4:14 | 4:23 | 4:57 | 5:41 | 6:28 | 7:13 | 7:34 |

|                           |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t_{\min}$ , Ч.МИН        |        | 7:40  | 7:02  | 6:20  | 5:32  | 4:51  | 4:29  | 4:38  | 5:12  | 5:56  | 6:43  | 7:28  | 7:49  |
| $t_{\max}$ , Ч.МИН        |        | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 |
| $t_{\text{incr}}$ , Ч.МИН |        | 7:20  | 7:58  | 8:40  | 9:28  | 10:09 | 10:31 | 10:22 | 9:48  | 9:04  | 8:17  | 7:32  | 7:11  |
| $t_{\text{decr}}$ , Ч.МИН |        | 16:40 | 16:02 | 15:20 | 14:32 | 13:51 | 13:29 | 13:38 | 14:12 | 14:56 | 15:43 | 16:28 | 16:49 |
| пер.<br>охл.              | начало | -     | -     | -     | -     | -     | 10:27 | 7:45  | 8:20  | 11:30 | -     | -     | -     |
|                           | конец  | -     | -     | -     | -     | -     | 20:52 | 00:45 | 00:38 | 20:15 | -     | -     | -     |
| Кол-во дней<br>охлаждения |        | -     | -     | -     | -     | 6     | 30    | 31    | 31    | 27    | -     | -     | -     |
| Продолжит.<br>пер.охл., ч |        | -     | -     | -     | -     | -     | 290   | 413,3 | 382,3 | 62,5  | -     | -     | -     |

5.5.7 Дуга с диаметром, равным амплитуде колебания температуры (А) с угловой мерой  $180^\circ$ , делится на продолжительность периодов повышения и понижения температуры  $t_{\text{incr}}$  и  $t_{\text{decr}}$  соответственно. Градусную меру, соответствующую 1 ч, для периода повышения температуры следует определять по формуле

$$\gamma = 180/t_{\text{incr}}, \quad (5.5)$$

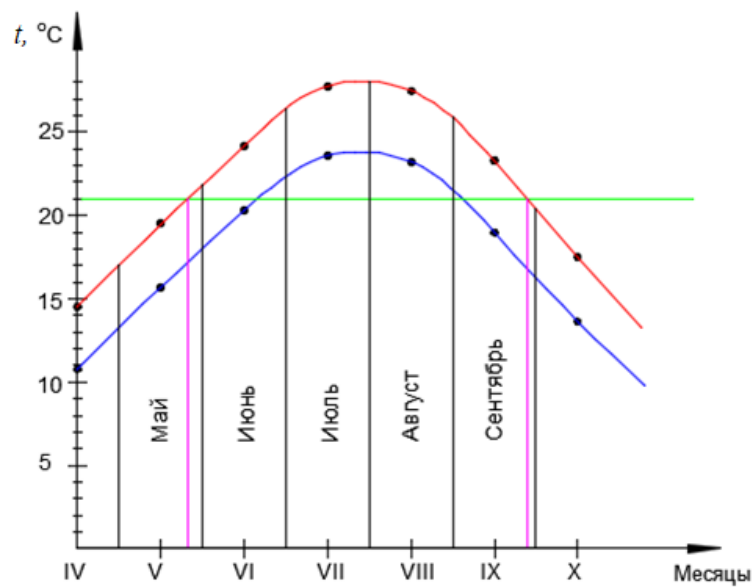
а для периода понижения температуры по формуле 5.6:

$$\gamma = 180/t_{\text{decr}}. \quad (5.6)$$

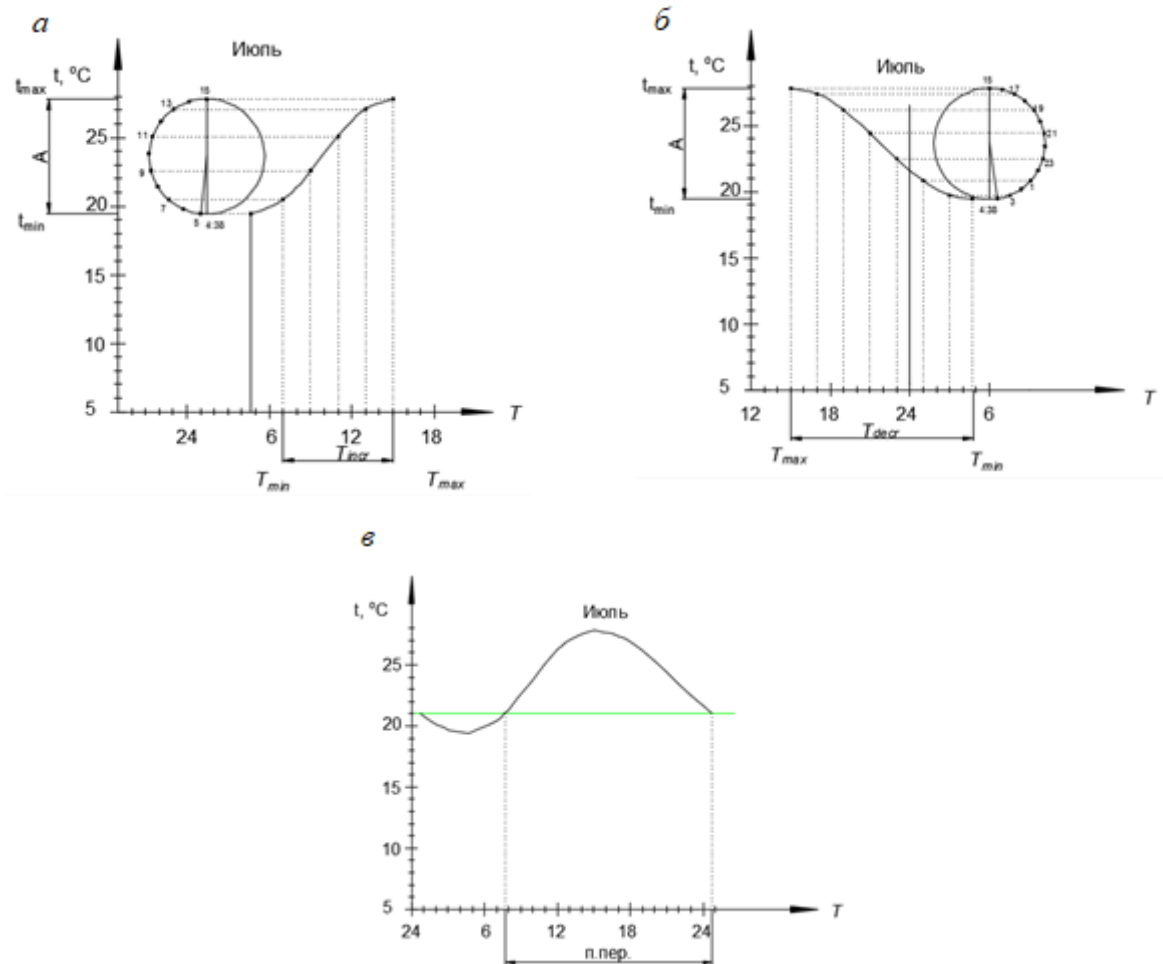
Часовые отметки проецируются с дуги и со шкалы времени, образуя точки графика хода температуры (рисунки 5.6 и 5.7).

5.5.8 Текущие значения температуры сравнивают с отметками  $8^\circ\text{C}$  и  $21^\circ\text{C}$  (рисунки 5.6 и 5.7, в). Время, когда  $t_{\text{zod}} < 8^\circ\text{C}$ , считается **периодом отопления (п. от.)**. Время, когда  $t_{\text{zod}} > 21^\circ\text{C}$ , считается **периодом перегрева (п. пер.)**.

Время начала и конца периодов для каждого месяца фиксируется по форме, представленной в таблице 5.1.



**Рисунок 5.6 – Годовой ход  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  (г. Ялта)**



а – период повышения температуры; б – период понижения температуры;  
в – определение периода перегрева

**Рисунок 5.7 – Анализ суточного хода температуры в июле (г. Ялта)**



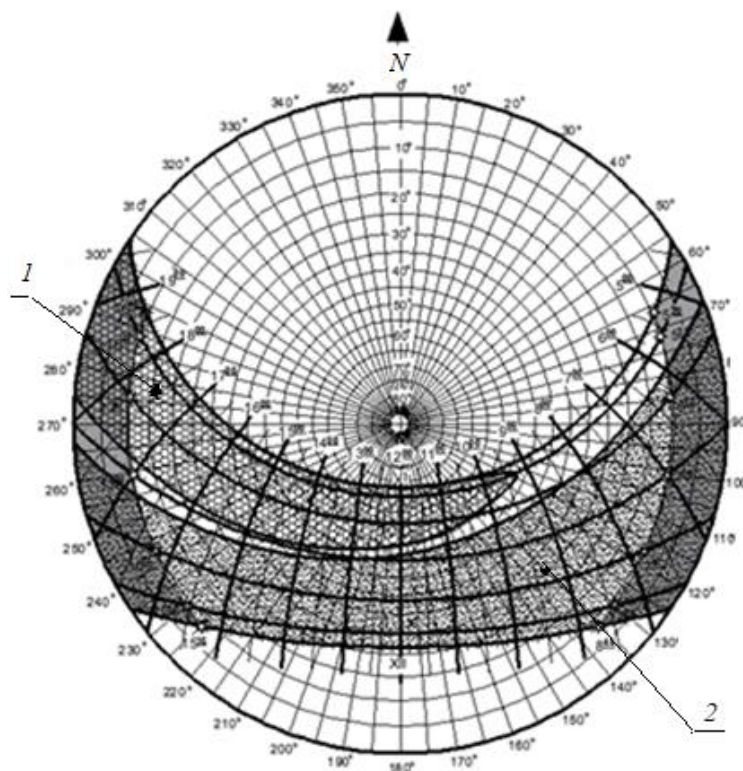
5.5.9 Время начала и конца периодов отопления и перегрева наносятся на траектории хода Солнца для соответствующих месяцев.

Если у одного из двух месяцев, которым отвечает на солнечной карте одна траектория хода Солнца (например, V и VII) продолжительность периода больше, чем в другом (обычно продолжительности периодов отопления длиннее в зимнем полугодии, а перегрева – в летнем), то на солнечную карту наносят границы более длительного периода.

Нанесенные точки соединяются линиями-изоплетами (рисунок 5.8).

5.5.10 Периоды отопления образуют на солнечной карте **зону желательной инсоляции**, а периоды перегрева – **зону нежелательной инсоляции**.

5.5.11 Комплексные солнечные карты (рисунок 5.8) используют для оценки необходимости отопления и кондиционирования воздуха в помещениях в тех или иных климатических районах.



1 – зона нежелательной инсоляции; 2 – зона желательной инсоляции

**Рисунок 5.8 – Комплексная солнечная карта с зонами желательной и нежелательной инсоляции (г. Ялта)**

## **6 Методика определения градусо-суток периода охлаждения**

6.1 Характеристики периода перегрева (периода охлаждения зданий) – продолжительность периода и средняя температура воздуха – позволяют оценить энергозатраты на охлаждение помещения. Показателем, оценивающим энергетические затраты на охлаждение помещения, являются градусо-сутки периода охлаждения. Это условная единица измерения климатических условий, показывающая повышение среднесуточной температуры над базовой (нормируемой) температурой. Климатические параметры позволяют определить продолжительность периода охлаждения для рассматриваемой местности ([4] – [7]).

### **6.2 Алгоритм определения градусо-суток периода охлаждения**

6.2.1 Определяются климатические параметры – среднemesячная температура воздуха и средняя суточная амплитуда наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330.

Значения градусо-суток периода охлаждения рассчитываются по репрезентативным дням каждого месяца, имеющим температуру наружного воздуха выше среднemesячной. Максимальное значение температуры наружного воздуха для репрезентативного дня  $t_{max}$ , °C, рассчитывают по формуле

$$t_{max} = t_n + 1/2 A, \quad (6.1)$$

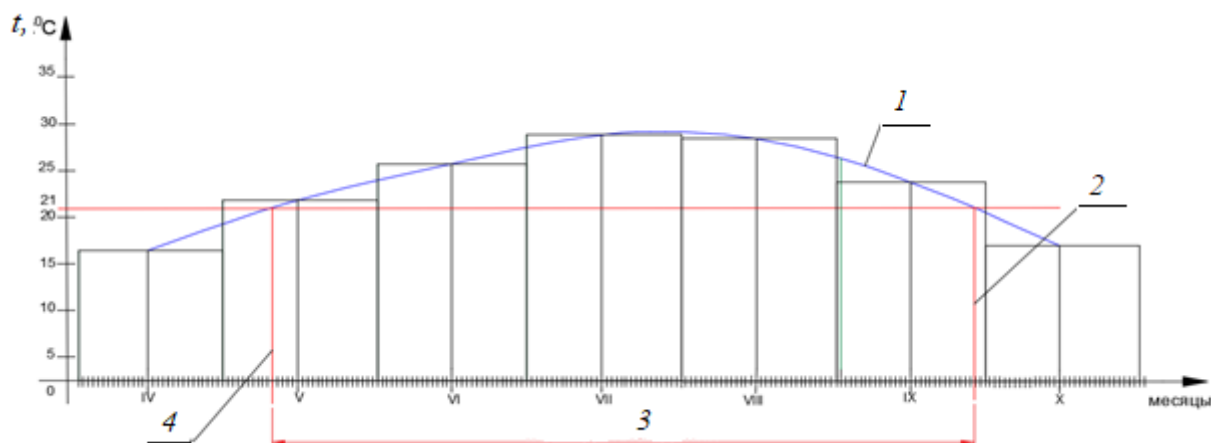
где  $t_n$  – среднemesячная температура воздуха, °C;

$A$  – средняя суточная амплитуда наружного воздуха, °C.

6.2.2 По климатическим данным строят графики годового хода температур для выбранного места строительства.

График годового хода температуры строят методом гистограмм. Средняя максимальная температура наружного воздуха изображается в виде прямоугольника, у которого основание равно числу дней месяца, а высота – средней максимальной температуре воздуха за данный месяц в репрезентативный день. Кривая годового хода температур проводится так,

что отрезок, который она отсекает с одного конца прямоугольника, равен по площади отрезку, который она прибавляет к нему с другой стороны. На рис. 6.1 приведен пример построения графика годового хода температуры для г. Симферополя.



1 – годовой ход средней максимальной температуры наружного воздуха; 2 – конец периода охлаждения; 3 – период охлаждения; 4 – начало периода охлаждения

**Рисунок 6.1 – Годовой ход средней максимальной температуры наружного воздуха для репрезентативного дня (г. Симферополь)**

6.2.3 По графикам годового хода средней максимальной температуры определяют начало и конец периода охлаждения.

С графика снимаются даты перехода температуры воздуха через базовую температуру, равную 21 °С. По разнице между этими датами определяют продолжительность периода охлаждения в сутках. В течение указанного периода средняя максимальная температура воздуха остается выше базового значения (рисунок 6.1).

Средняя температура воздуха неполных месяцев по кривой годового хода температуры воздуха на отрезках от начала периода до конца месяца и от начала месяца до конца периода определялась как средняя за эти промежутки.

6.2.4 Значения градусо-суток периода охлаждения рассчитывают по формуле

$$\text{ГСПО} = (\sum_{i=1}^n t_{\max} - t_6) \cdot z, \quad (6.2)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых месяцев;

$i$  – порядковый номер месяца;

$t_{\max}$  – средняя максимальная температура наружного воздуха для репрезентативного дня каждого из рассматриваемых месяцев;

$t_6$  – базовая температура,  $t_6 = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$z$  – продолжительность периода охлаждения, сут.

6.2.5 Пример расчета градусо-суток периода охлаждения здания для г. Сочи:

- рассчитывают сумму температур,  $^{\circ}\text{C}$ , за полные месяцы. Она равна соответственно:

$$(24,2\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 30 + 27,8\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 31 + 27,5\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 31) = 726 + 861,8 + 852,5 = 2440,3\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- сумма температур,  $^{\circ}\text{C}$ , за неполные месяцы равна соответственно:

$$(19,5\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 6 + 23,3\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 26) = 117 + 605,8 = 722,8\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- средняя температура,  $^{\circ}\text{C}$ , периодов со средней суточной температурой воздуха выше  $21^{\circ}\text{C}$  составляет:

$$(2440,3\text{ }^{\circ}\text{C} + 722,8\text{ }^{\circ}\text{C}) / 125 = 25,3^{\circ}\text{C};$$

- соответственно величина ГСПО для г. Сочи равняется  $(25,3\text{ }^{\circ}\text{C} - 21\text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot 125 = 537,5$ .

6.2.6 В приложении А приведены значения градусо-суток периода охлаждения зданий для ряда крупных городов южных регионов Российской Федерации.

6.2.7 Применение предложенной методики расчета градусо-суток периода охлаждения для южных регионов Российской Федерации при базовой температуре  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  даст возможность более корректно определять класс энергоэффективности при подтверждении соответствия здания требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов

правил или условиям договоров, осуществляемом органом по оценке соответствия. В дальнейшем эти данные можно использовать для районирования территории Российской Федерации по периоду охлаждения.

## **7 Оценка влияния солнцезащитных устройств на энергосбережение зданий различного назначения в климатических условиях Российской Федерации**

7.1 Оценку влияния СЗУ на энергосбережение зданий и определение экономической эффективности солнцезащитных мероприятий проводят в соответствии с СП 370.1325800 по количеству солнечной энергии, поступающей в помещения в перегревный период года с и без СЗУ.

7.2 Понижающий коэффициент наружного затенения  $F_{sh,0}$ , значение которого находится в пределах от 0 до 1, показывает снижение количества падающего солнечного излучения фасада из-за наличия постоянного затенения поверхности другими зданиями, рельефом, стационарными СЗУ, другими элементами непосредственно самого здания.

7.3 В общем случае этот коэффициент определяется формулой 7.1:

$$F_{sh,0} = \frac{I_{sol,ps,mean}}{I_{sol,mean}}, \quad (7.1)$$

где  $I_{sol,ps,mean}$  — средняя энергетическая освещенность солнечной радиацией рассматриваемой поверхности с учетом имеющегося затенения, Вт/м<sup>2</sup>;

$I_{sol,mean}$  — средняя энергетическая освещенность солнечной радиацией рассматриваемой поверхности при отсутствии затенения, Вт/м<sup>2</sup>.

7.4 Эффективность СЗУ может быть точно определена путем сравнения суммарных затрат на возведение и эксплуатацию здания за весь период его существования без СЗУ и при их установке. Для ориентировочной оценки эффективности СЗУ сопоставляют теплопотери через окна в период отопления и теплопоступления в период охлаждения зданий как без СЗУ, так и при их наличии.

7.5 В таблице 7.1 приведены данные по поступлению солнечной радиации на южный фасад в некоторых городах южных регионов Российской Федерации при действительной облачности в период охлаждения зданий.

**Таблица 7.1 – Количество суммарной солнечной радиации на южный фасад при действительных условиях облачности за период охлаждения**

| Город          | Всего за период охлаждения, кВт/м <sup>2</sup> | В среднем за сутки, кВт/м <sup>2</sup> | Среднечасовая за сутки, Вт/м <sup>2</sup> |
|----------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Ростов-на-Дону | 498,17                                         | 3,26                                   | 136                                       |
| Сочи           | 400,3                                          | 3,28                                   | 137                                       |
| Пятигорск      | 320                                            | 2,85                                   | 119                                       |
| Таганрог       | 412,2                                          | 3,3                                    | 138                                       |
| Махачкала      | 355,92                                         | 3,15                                   | 131                                       |
| Керчь          | 382,86                                         | 3,42                                   | 143                                       |
| Симферополь    | 473,86                                         | 3,35                                   | 140                                       |

7.6 Общее пропускание солнечной радиации (солнечный фактор  $g_{сзу}$ ) для периода охлаждения может быть определено по солнечной карте (в случае, если расчеты ведутся для определения энергоэффективности здания).

#### **Расчет теплоступлений через светопроемы за период перегрева**

7.7 В качестве примера ниже приведен расчет теплоступлений в помещения через светопроемы здания, расположенного в г. Пятигорске. Окна оборудованы однокамерными стеклопакетами с твердым селективным покрытием (К-стекло) 4M<sub>1</sub> – 12 – K4. В одном из вариантов использованы

горизонтальные козырьки. Солнечная карта для г. Пятигорска представлена на рисунке 7.1.

7.8 Удельные солнечные теплопоступления  $Q_{\text{инс}}$  на южный фасад без СЗУ определяются по формуле 7.2:

$$Q_{\text{инс}} = I_{\text{юж}} \tau_1 \tau_2, \quad (7.2)$$

где  $I_{\text{юж}}$  – солнечная радиация на вертикальный южный фасад здания при действительных условиях облачности;

$\tau_1$  – коэффициент затенения светопроемов непрозрачными элементами;

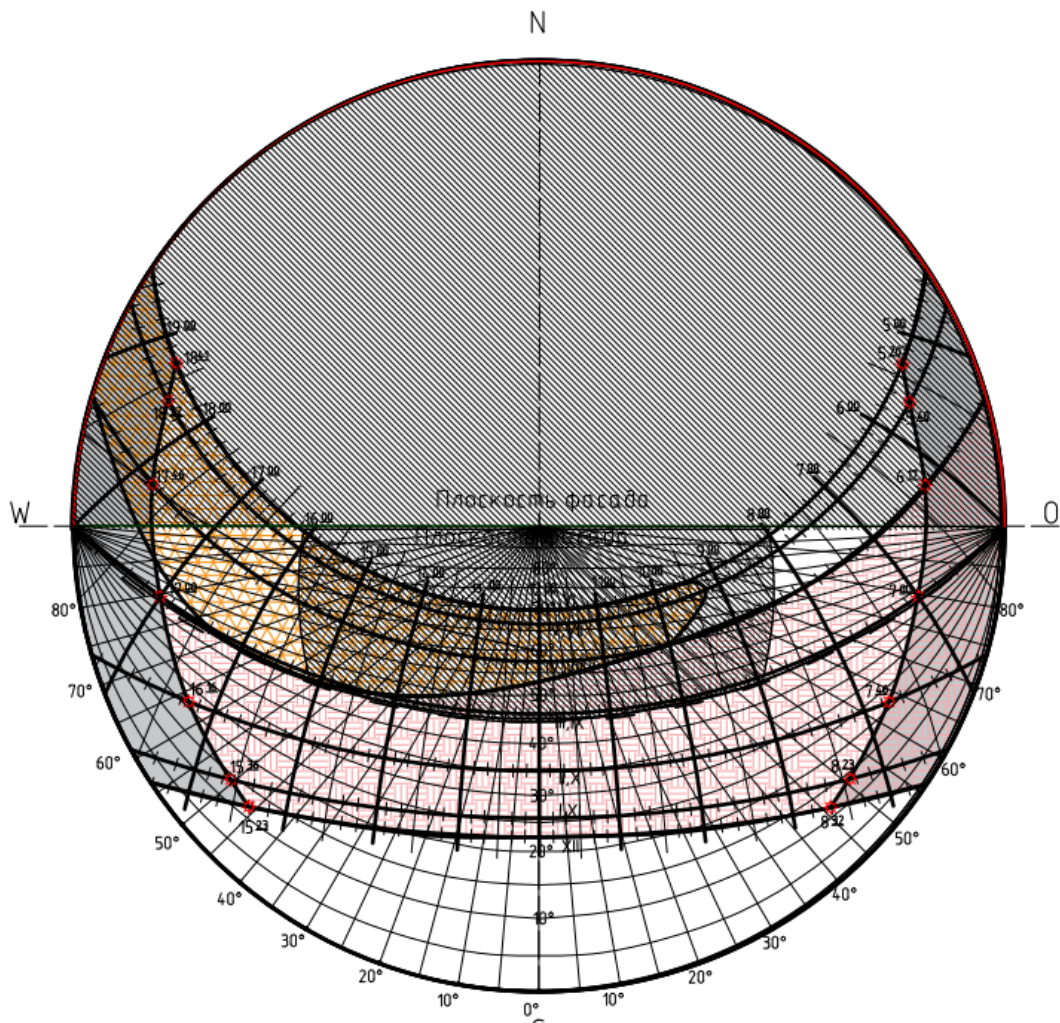
$\tau_2$  – коэффициент пропускания солнечной радиации светопроемом.

7.9 Для г. Пятигорска (таблица 7.1) суммарная солнечная радиация на поверхность южного фасада при действительных условиях облачности за период охлаждения составляет  $119 \text{ Вт/м}^2$  в сутки. Коэффициент пропускания солнечной радиации для выбранного стеклопакета равен 0,5.

Таким образом:

- среднечасовые теплопоступления в помещение за счет солнечной радиации периода перегрева здания –  $Q_{\text{инс}} = 119 \text{ Вт/м}^2 \cdot 0,5 = 59,5 \text{ Вт/м}^2$ ;

- общая поступившая в помещение суммарная солнечная радиация  $S+D$  за период охлаждения составляет для г. Пятигорска –  $59,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot 24 \cdot 112 = 159\,936 \text{ Вт/м}^2$  или  $159,936 \text{ кВт/м}^2$ .



**Рисунок 7.1 – Теневая маска окна южной ориентации с козырьком  
(г. Пятигорск)**

7.10 Для окна южной ориентации с козырьком (рисунок 7.1) на солнечной карте определяют часы затенения окна для месяца, имеющего наибольшее количество часов без затенения в период охлаждения здания. На солнечной карте г. Пятигорска (рисунок 7.1) таким месяцем является сентябрь – 4 ч инсоляции каждый день. Южный фасад при отсутствии СЗУ инсолируется 10 ч.

7.11 Солнечный фактор  $g_{\text{СЗУ}}$  для СЗУ в виде козырька для южного фасада в г. Пятигорске равен 0,4. В этом случае за период охлаждения здания СЗУ в виде козырька будет экранироваться 60 % суммарной солнечной радиации.



Общее пропускание солнечной радиации этим СЗУ составит для периода отопления  $g_{\text{СЗУ}} = 1$ , а для периода охлаждения –  $g_{\text{СЗУ}} = 0,4$ .

7.12 Результаты расчета энергетической эффективности двух вариантов здания (с СЗУ и без них) для г. Пятигорска приведены в таблице 7.2.

**Таблица 7.2 – Результаты расчета энергетической и экономической эффективности применения солнцезащитных устройств в г. Пятигорске**

| Показатель                                                                                                                                 |            | За период<br>охлаждения<br>здания | Потребность в<br>электроэнергии для<br>кондиционирования |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Доза поступившей<br>среднечасовой<br>суммарной<br>солнечной<br>радиации $S+D$ в<br>период<br>охлаждения<br>здания, кВт/м <sup>2</sup>      | без<br>СЗУ | 0,0595                            | —                                                        |
|                                                                                                                                            | с СЗУ      | 0,0238                            | —                                                        |
| Общая доза<br>солнечной<br>радиации через м <sup>2</sup><br>светопроема<br>( $S+D$ ) за период<br>охлаждения<br>здания, кВт/м <sup>2</sup> | без<br>СЗУ | 159, 936                          | 51,9                                                     |
|                                                                                                                                            | с СЗУ      | 63, 974                           | 21,3                                                     |
| Экономия<br>электроэнергии с<br>СЗУ за период                                                                                              | кВт        | 30,6                              |                                                          |
|                                                                                                                                            | руб.       | 181,6                             |                                                          |

|                                           |  |  |
|-------------------------------------------|--|--|
| охлаждения<br>здания на $\text{м}^2$ окна |  |  |
|-------------------------------------------|--|--|

7.13 За период охлаждения здания поступление солнечной радиации в помещение через  $\text{м}^2$  светопроема без СЗУ составляет  $159\,936 \text{ Вт/м}^2$ , при использовании горизонтального козырька –  $63\,974 \text{ Вт/м}^2$ .

7.14 Для производства  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  холода кондиционером высокого класса энергоэффективности (А,В,С) в среднем нужно  $0,333 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  электроэнергии [8].

***Пример.*** Учитывая, что стоимость  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  электроэнергии в г. Пятигорске для внебюджетных организаций составляет  $3,5 \text{ руб.}$  (данные 2018 г.), для нейтрализации солнечной энергии, поступающей через  $\text{м}^2$  светопроема за период охлаждения здания, необходимо  $186,41 \text{ руб.}$  без использования СЗУ, а при их наличии –  $74,56 \text{ руб.}$  Таким образом, экономический эффект от применения рассмотренных СЗУ составляет около  $111,85 \text{ руб.}$  на  $\text{м}^2$  за период охлаждения.

*При площади окон  $100 \text{ м}^2$  экономия превысит  $11 \text{ тыс. руб.}$  в год.*

7.15 Определение размеров боковых выносов козырьков следует выбирать по методике, представленной в [9, рисунок 11].

## **8 Требования к рациональным солнцезащитным устройствам в различных климатических регионах Российской Федерации и порядок их проектирования**

### **8.1 Общие требования**

8.1.1 В соответствии с СП 370.1325800 необходимо предусматривать следующее расположение СЗУ относительно светопрозрачных конструкций:

- в зоне I (суммарная годовая солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительной облачности до  $900 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ , рисунок А.1 СП 370.1325800.2017) СЗУ следует располагать относительно

светопрозрачной конструкции с внутренней стороны помещения для повышения визуального комфорта;

- во зоне II (свыше 900 до 1000 кВт·ч/м<sup>2</sup>) следует применять межстекольные и внутренние СЗУ. На южных и юго-западных фасадах следует применять наружные СЗУ;

- в зоне III (свыше 1000 до 1100 кВт·ч/м<sup>2</sup>) на южных, юго-западных и западных фасадах следует применять наружные СЗУ, на остальных фасадах можно применять межстекольные и внутренние СЗУ;

- в зоне IV (свыше 1100 до 1200 кВт·ч/м<sup>2</sup>) на юго-восточных, южных, юго-западных и западных фасадах следует применять наружные СЗУ, на остальных фасадах – межстекольные и внутренние СЗУ;

- в зоне V (свыше 1200 кВт ч/м<sup>2</sup>) при любой ориентации фасада следует применять наружные СЗУ.

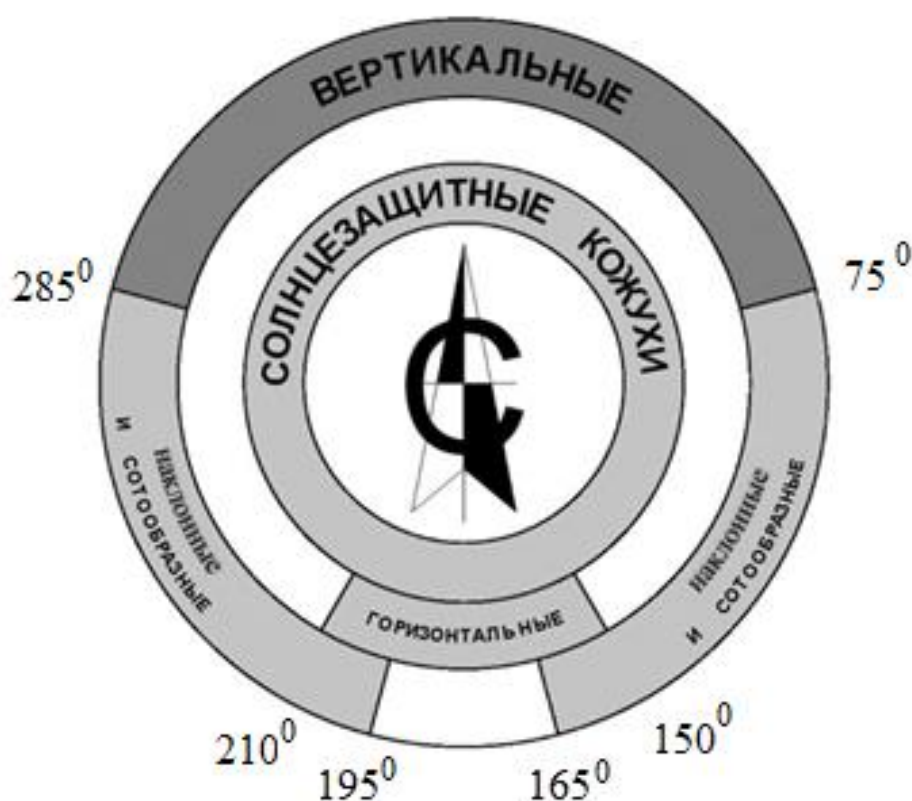
8.1.2 В зависимости от ориентации светопрозрачной конструкции (рис. 8.1) выбирают СЗУ следующих типов (по расположению затеняющих элементов):

- горизонтальные – наиболее эффективны при южной ориентации окон;
- вертикальные – целесообразно применять при ориентации окон на север, северо-восток и северо-запад;

- комбинированные и сотообразные – наиболее эффективны при юго-западной и юго-восточной ориентациях;

- СЗУ общего положения – целесообразны при юго-западной, западной и юго-восточной ориентациях;

- солнцезащитные кожухи – универсальны, их допускается применять при любой ориентации фасада.



**Рисунок 8.1 – Рекомендации по применению СЗУ при различных ориентациях фасадов**

## **8.2 Проектирование стационарных солнцезащитных устройств**

8.2.1 Ошибки при проектировании стационарных СЗУ приводят к дополнительным затратам на охлаждение зданий и некомфортным условиям работы и проживания в помещениях.

8.2.2 При проектировании СЗУ, состоящих из отсеков плоскостей или ламелей, предпочтение следует отдавать способу, основанному на применении солнечных карт.

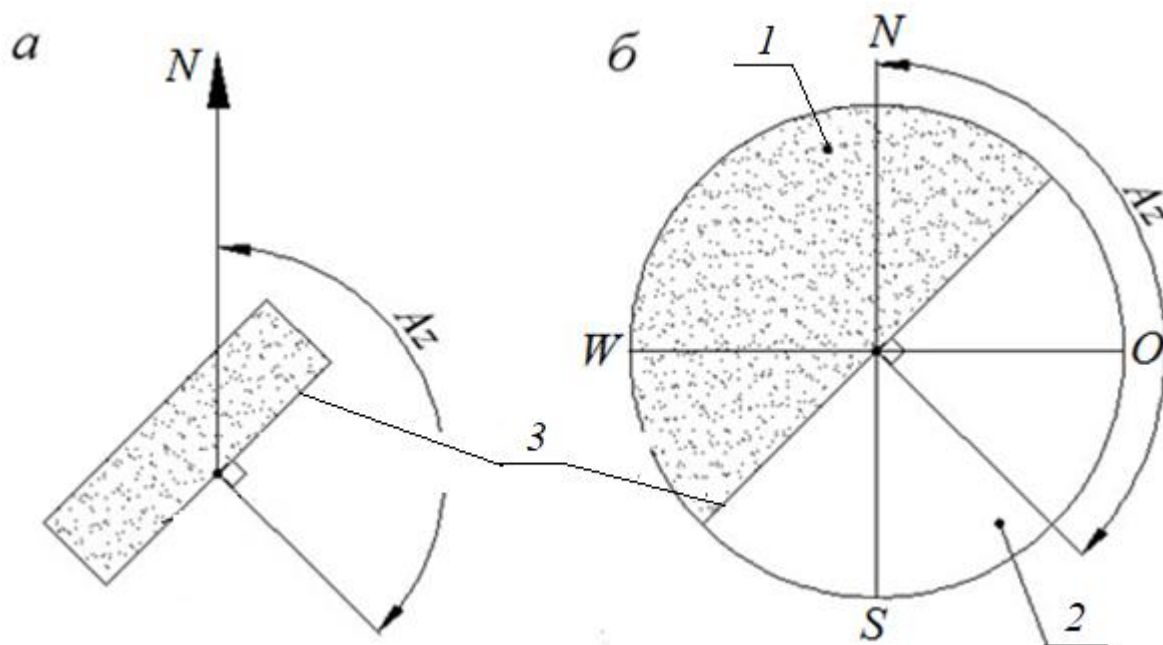
8.2.3 Комплексные солнечные карты (рисунок 5.8), на которых нанесены зоны желательной (в отопительный период) и нежелательной (в период охлаждения здания) инсоляции в зависимости от климатических условий места строительства, применяются для разработки рекомендаций по проектированию СЗУ.

8.2.4 Для анализа эффективности применения СЗУ различной конфигурации необходимо знать ориентацию фасада, которому принадлежат исследуемые светопрозрачные конструкции. Ориентация фасада обозначается азимутальным углом, который вычисляется как угол между меридианом и перпендикуляром к фасаду (рисунок 8.2, *а*).

Примечание – Для фасадов восточной ориентации азимут записывается углом от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Для фасадов западной ориентации азимут может быть обозначен как положительным углом от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ , так и отрицательным от  $-180^\circ$  до  $0^\circ$ .

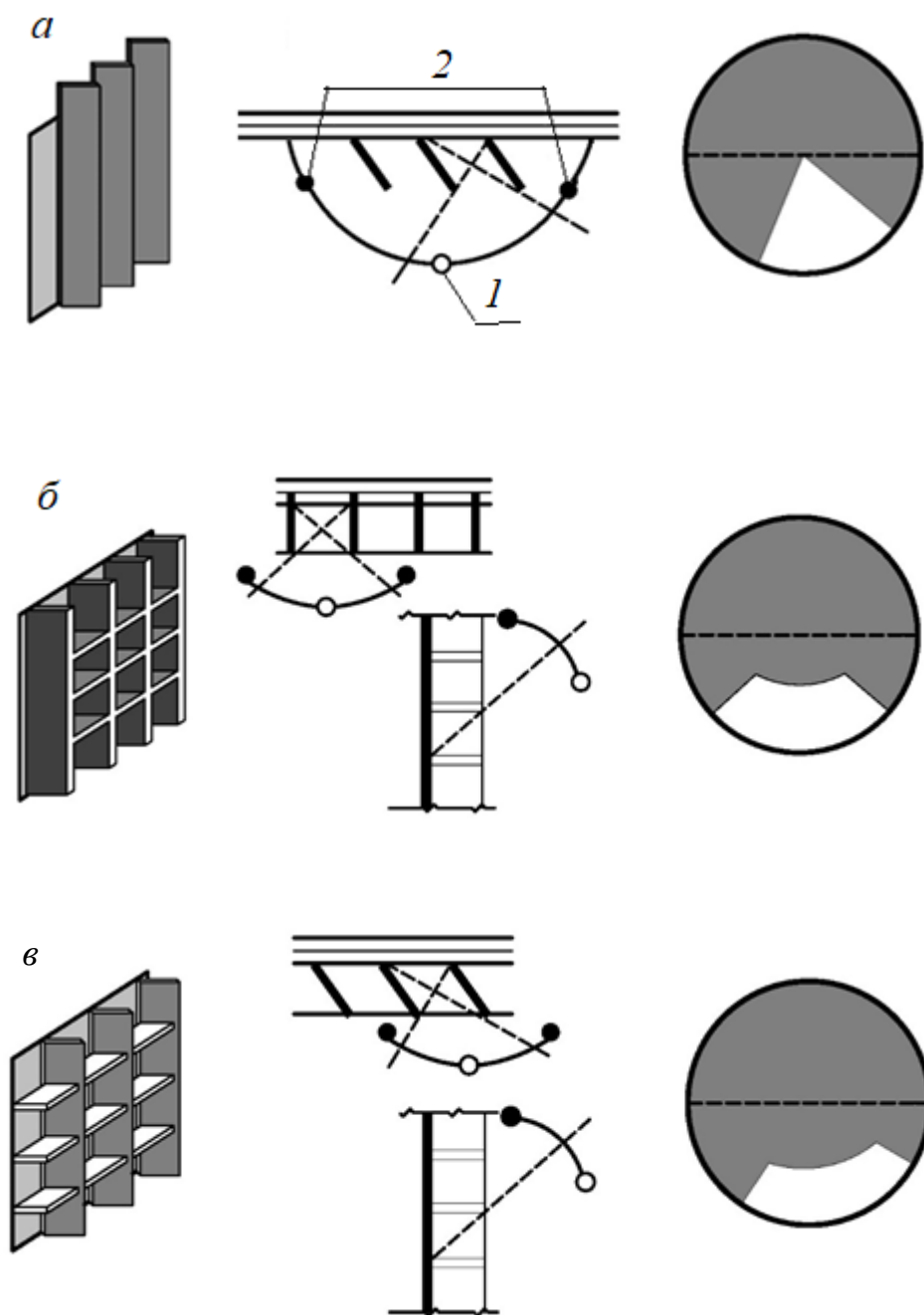
8.2.5 Азимут светопрозрачной конструкции и плоскость фасада переносятся на плоскость горизонта. Часть плоскости на противоположной от азимута стороне называется **теневого маской фасада** и обозначается, как непрозрачная для солнечных лучей (рисунок 8.2, *б*). Инсоляционный и теневой углы СЗУ показаны на рисунках 8.3 и 8.4.

8.2.6 Теневая маска фасада масштабируется до соответствия ее диаметра диаметру солнечной карты и накладывается на комплексную солнечную карту.



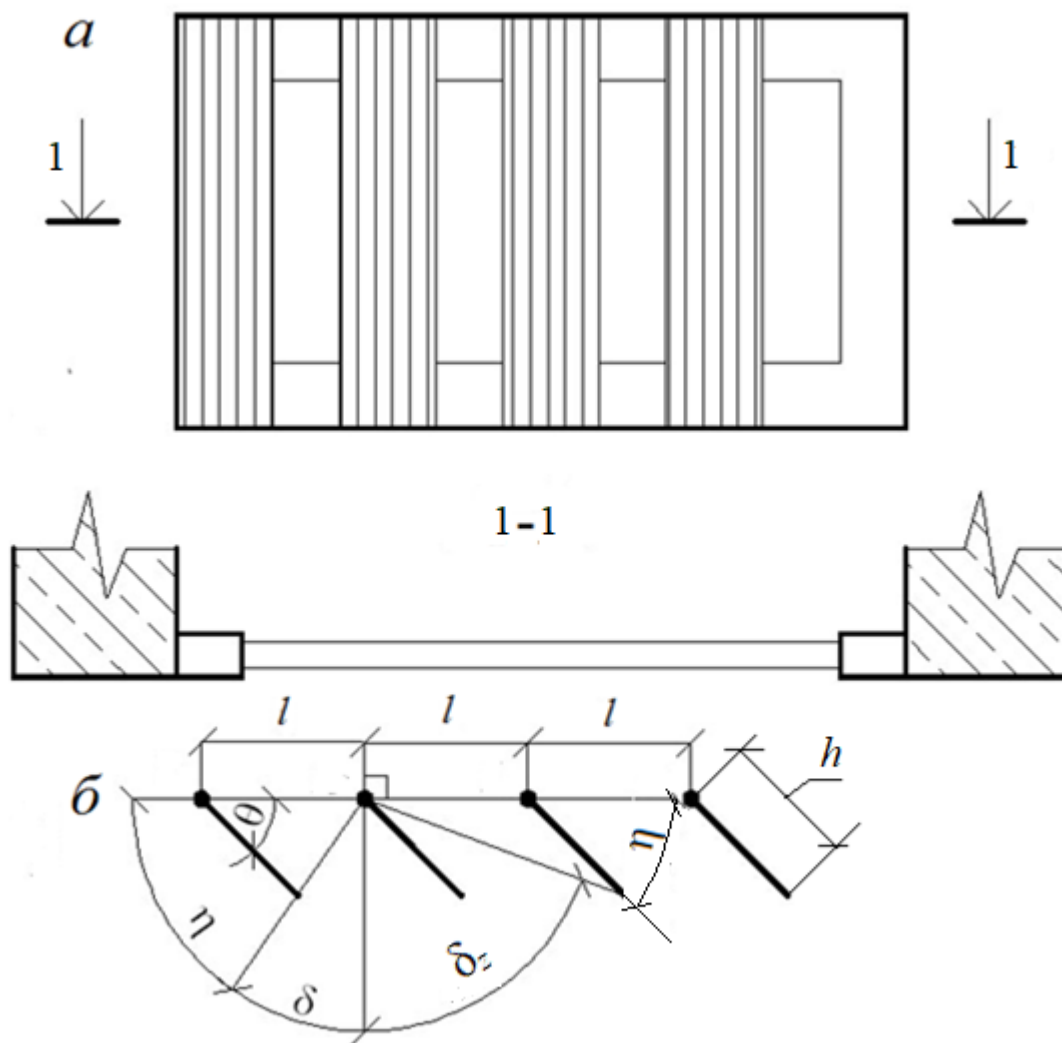
*а* – определение азимутального угла; *б* – теневая маска фасада  
 1 – теневая маска фасада; 2 – видимая часть небосвода; 3 – плоскость фасада

**Рисунок 8.2 – Построение теневой маски фасада**



*a* – СЗУ с вертикальными ламелями; *б* – комбинированное и сотообразное СЗУ; *в* – комбинированное и сотообразное СЗУ с наклонными вертикальными ламелями

**Рисунок 8.3 – Инсоляционный (1) и теневые (2) углы**



*a* – фасад; *б* – разрез 1-1

$(\delta + \delta_z)$  – инсоляционный угол;  $\eta$  – угол затенения;  $\delta$  – угол раскрытия;  $\delta_z$  – обратный угол раскрытия;  $\theta$  – угол наклона затеняющих элементов к плоскости фасада;  $l$  – расстояние между затеняющими элементами;  $h$  – ширина затеняющего элемента.

**Рисунок 8.4 – Инсоляционный и теневой углы**

8.2.7 Расстояние между затеняющими элементами определяется по формуле

$$l = h (\cos \theta + \sin \theta \operatorname{ctg} \delta) \quad (8.1)$$

Угол  $\theta$  откладывают от плоскости остекления, угол  $\delta$  – от перпендикуляра к плоскости стекла.

Построенные углы  $\theta$  и  $\delta$  позволяют определить обратный угол инсоляции ( $\delta_z$ ).

#### Примечания

1 Если затеняющие элементы перпендикулярны плоскости остекления ( $\theta = 90^\circ$ ), то  $\delta = \delta_z$ .

2 Для минимизации расхода материала при изготовлении затеняющих элементов рекомендуется принимать  $\theta = \delta$ .

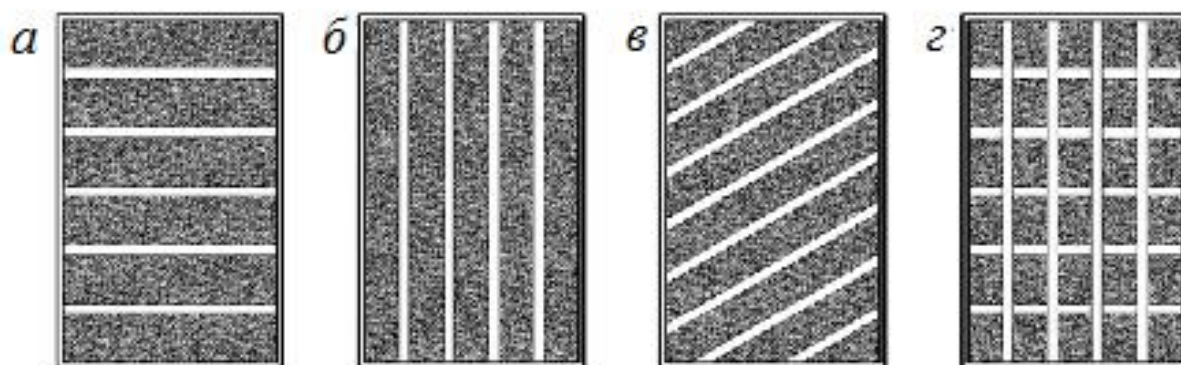
8.2.8 На комплексную солнечную карту с наложенной теневой маской фасада накладывают теневые угломеры так, чтобы плоскость фасада на угломере совпадала с плоскостью фасада на теневой маске. Теневые угломеры для расчета различных СЗУ приведены в приложении И СП 370.1325800.2017.

Часть небесной сферы между кривой выбранного угла раскрытия и плоскостью фасада называется теневой маской СЗУ. Выбирать следует такой угол инсоляции, теневая маска которого наиболее эффективно закрывает область нежелательной инсоляции, минимально закрывая при этом область желательной инсоляции и нейтральную часть небесной сферы.

### 8.3 Определение расположения затеняющих элементов с помощью солнечной карты

8.3.1 Расположение затеняющих элементов определяется с помощью солнечной карты и зависит от широты местности и ориентации фасада. Основные варианты расположения затеняющих элементов показаны на рисунке 8.5.



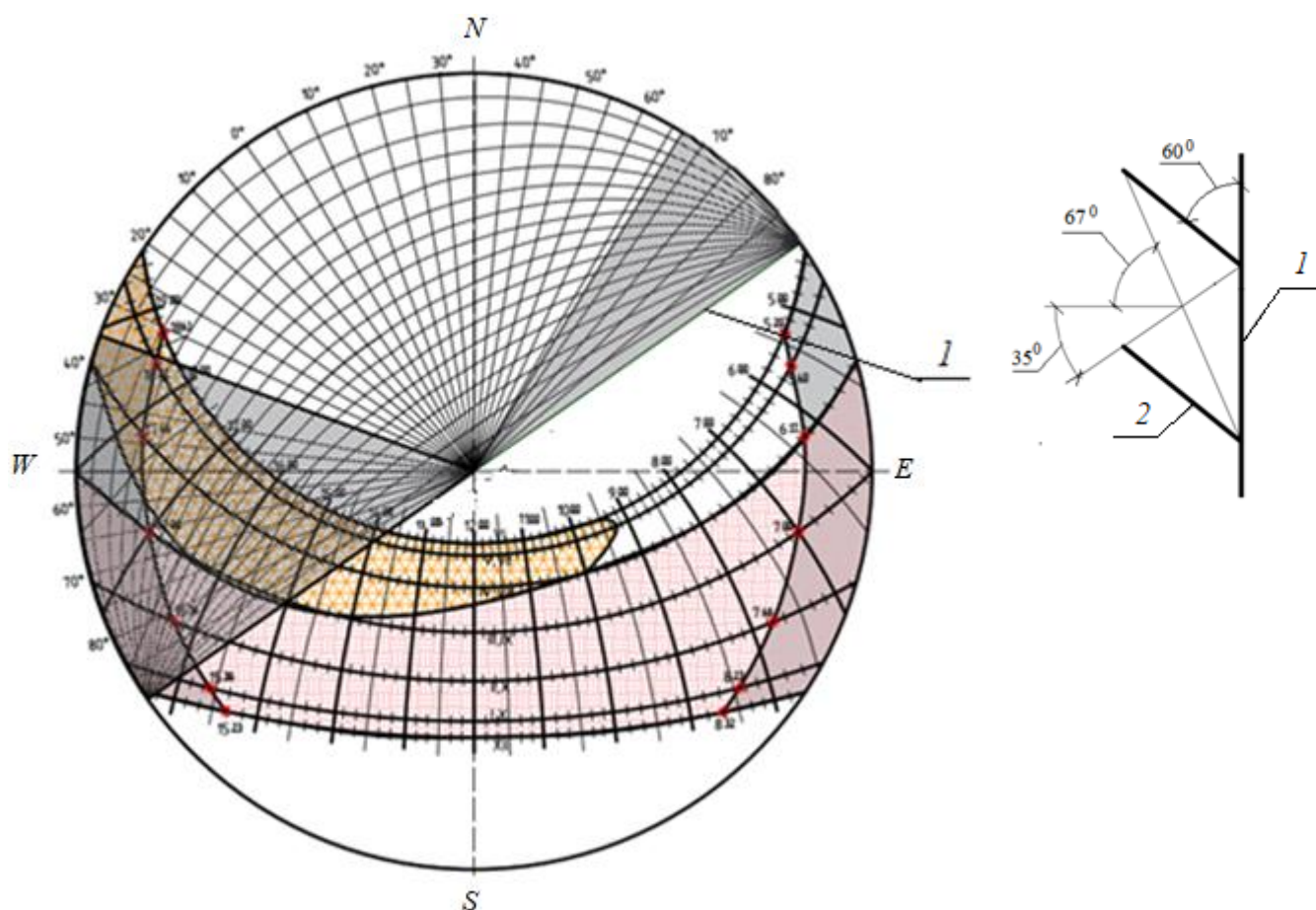


*a* – горизонтальные; *б* – вертикальные; *в* – общего положения;  
*г* – комбинированные

**Рисунок 8.5 – Различные положения затеняющих элементов СЗУ**

### **8.3.2 Вариант с вертикальным расположением ламелей (на примере г. Пятигорска)**

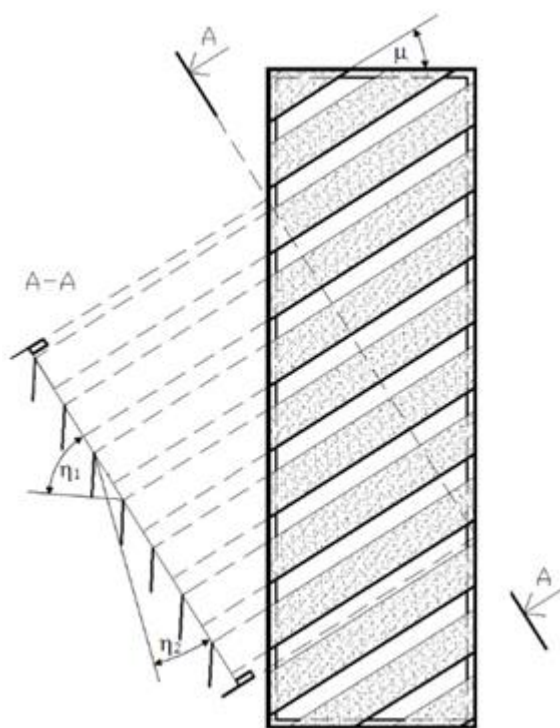
Фасад расположен на северо-запад, азимут  $335^\circ$  (рис.8.6). В соответствии с диаграммой (рисунок 8.1) предварительного выбора СЗУ рекомендуется вертикальное расположение ламелей с углом наклона  $\theta$  к плоскости фасада  $60^\circ$ . Накладывают теневой угомер для вертикальных ламелей на комплексную солнечную карту для г. Пятигорска. Теневой угол должен быть таким, чтобы теневая маска СЗУ закрывала зону нежелательной инсоляции. Угол раскрытия  $\delta$  равен  $35^\circ$ , угол затенения  $\eta$  равен  $90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$ . Обратный угол раскрытия  $\delta_z = 67^\circ$ .



1 – плоскость фасада; 2 – ламель

**Рисунок 8.6 – Вертикальное расположение затеняющих элементов при северо-западной ориентации фасада и азимуте 335° (г. Пятигорск)**

8.3.3 Вариант с общим (наклонным) расположением затеняющих элементов приведен на рисунке 8.7.



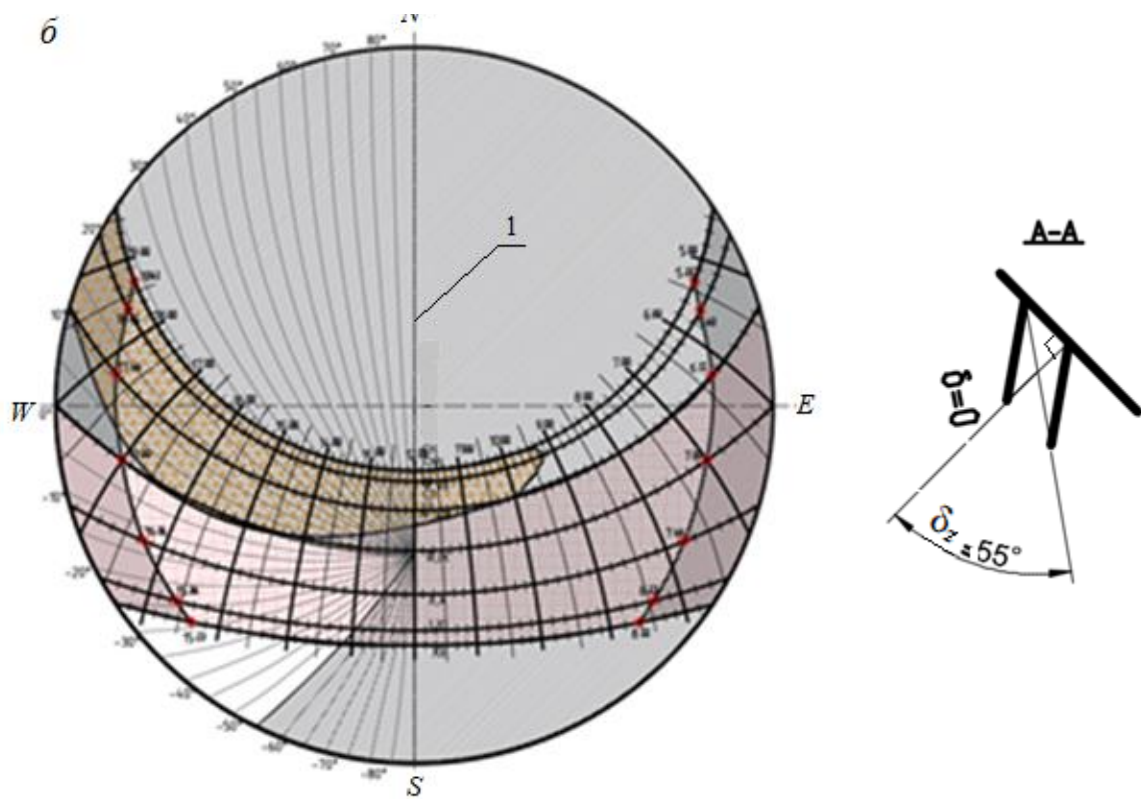
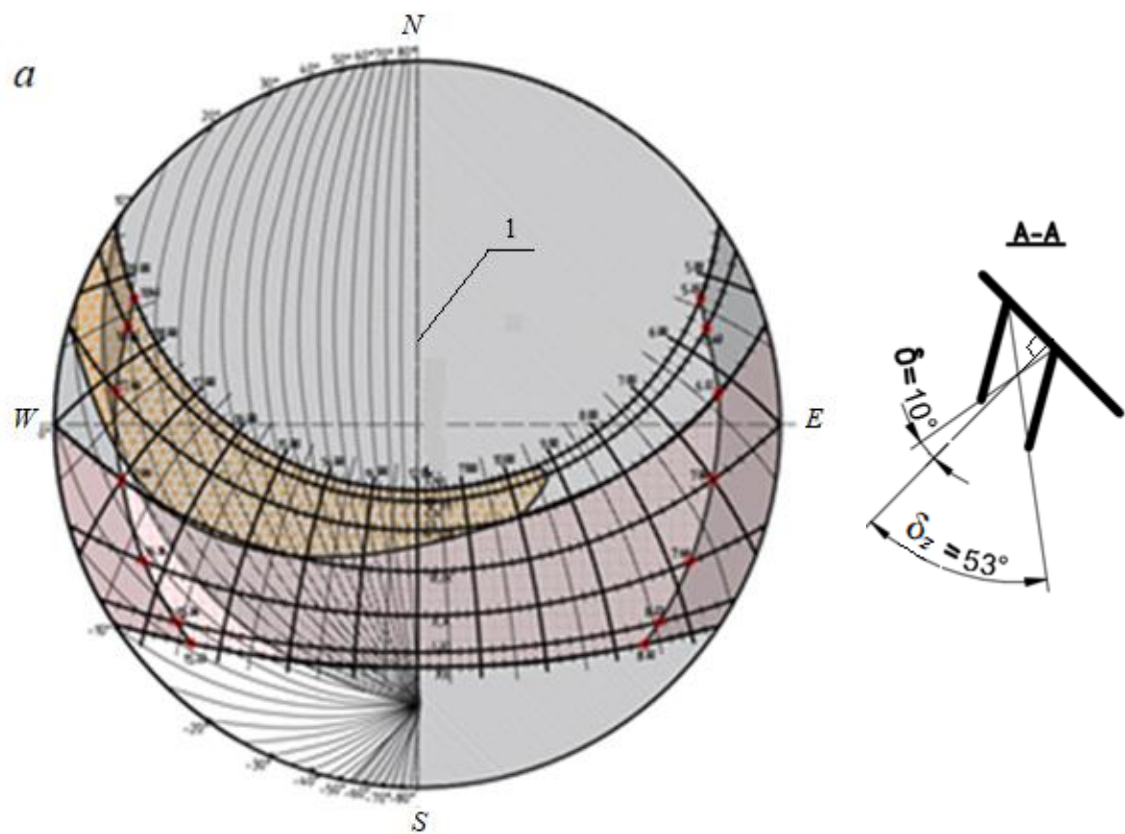
$\eta_1$  и  $\eta_2$  – углы затенения;  $\mu$  – угол наклона затеняющих элементов

**Рисунок 8.7 – Геометрические параметры СЗУ общего положения**

Фасад расположен на запад, азимут  $270^\circ$  (рисунок 8.7). В соответствии с диаграммой (рисунок 8.1) предварительного выбора СЗУ рекомендуется наклонное расположение затеняющих элементов. На рисунке 8.8 изображены два варианта наклонного расположения затеняющих элементов.

На рисунке 8.8,а, направляющая затеняющих элементов наклонена под углом  $15^\circ$  к вертикали. Зона нежелательной инсоляции закрыта полностью, что обеспечивает защиту помещения от перегрева в период охлаждения здания. Однако при этом варианте закрывается зона желательной инсоляции в отопительный период здания.

На рисунке 8.8,б, направляющая затеняющих элементов наклонена под углом  $45^\circ$ . Зона нежелательной инсоляции закрыта полностью, а зона желательной радиации открыта, что обеспечит дополнительный нагрев помещения в отопительный период.



1 – плоскость фасада

**Рисунок 8.8 – Западная ориентация фасада, азимут 270°**

## Примечания

1 При прочих равных или сопоставимых показателях рекомендуется использовать горизонтальные, вертикальные затеняющие элементы или комбинированные СЗУ из них вследствие их большей технологичности по сравнению с СЗУ общего положения.

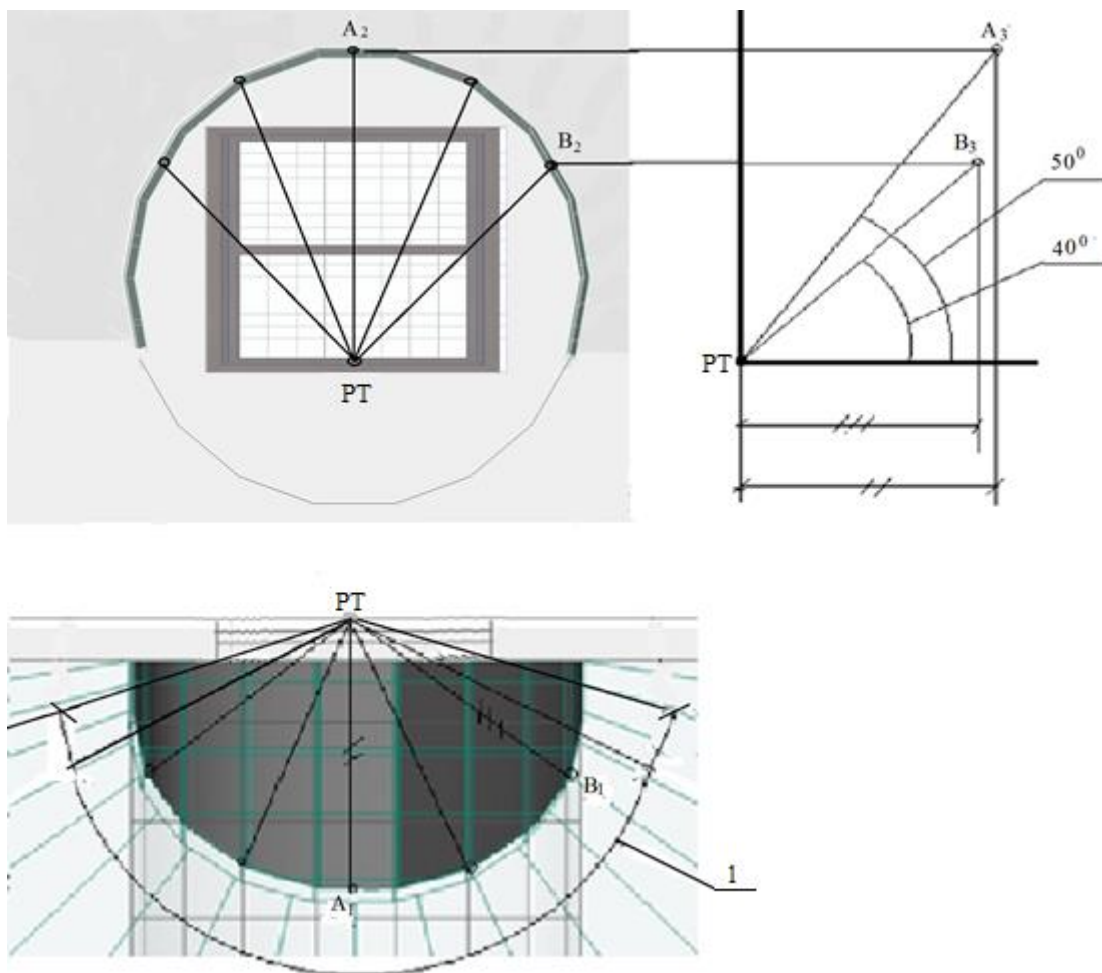
2 При невозможности обеспечить эффективную солнцезащиту с углом раскрытия  $\delta \geq 40^\circ$  рекомендуется использовать регулируемые СЗУ.

3 Если зона нежелательной инсоляции не попадает в видимую часть небосвода или отсутствует на комплексной солнечной карте и единственными задачами СЗУ являются защита от избыточной яркости и визуальная защита, рекомендуется применять внутренние СЗУ.

## 8.4 Проектирование солнцезащитных устройств в виде кожухов

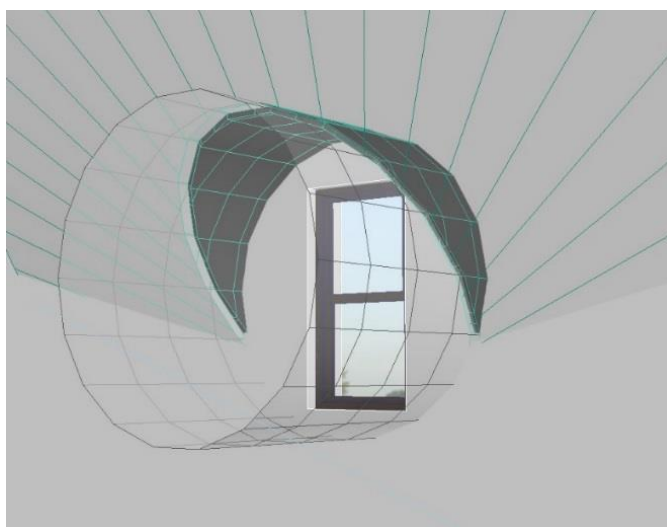
8.4.1 Алгоритм формообразования СЗУ на южном фасаде в виде цилиндра с горизонтальной осью, перпендикулярной к фасаду здания, приведен в приложении Е СП 370.1325800.2017.





РТ – расчётная точка; 1 – горизонтальный угол инсоляции; точки А и В принадлежат контуру солнцезащитного кожуха

**Рисунок 8.9 – Солнцезащитный кожух в виде цилиндра с осью перпендикулярной плоскости фасада**



**Рисунок 8.10 – Аксонометрия солнцезащиты в виде кожуха**

8.4.2 Проектирование энергоэффективной солнцезащиты в виде кожухов (рисунок 8.9) требует использования комплексной солнечной карты.

8.4.3 Теневая маска солнцезащитного кожуха строится в такой последовательности:

- на плане помещения из расчетной точки (РТ) проводятся лучи до внешних ребер боковых укосов окна (рисунок 8.10). Таким образом определяется горизонтальный угол инсоляции;

- в границах горизонтального угла инсоляции проводятся дополнительные направления на точки А, В и т.д. При этом обязательно следует провести направление на точку А, которая находится в плоскости симметрии СЗУ;

- такие же направления проводятся из центра солнечной карты (рисунок 8.11).

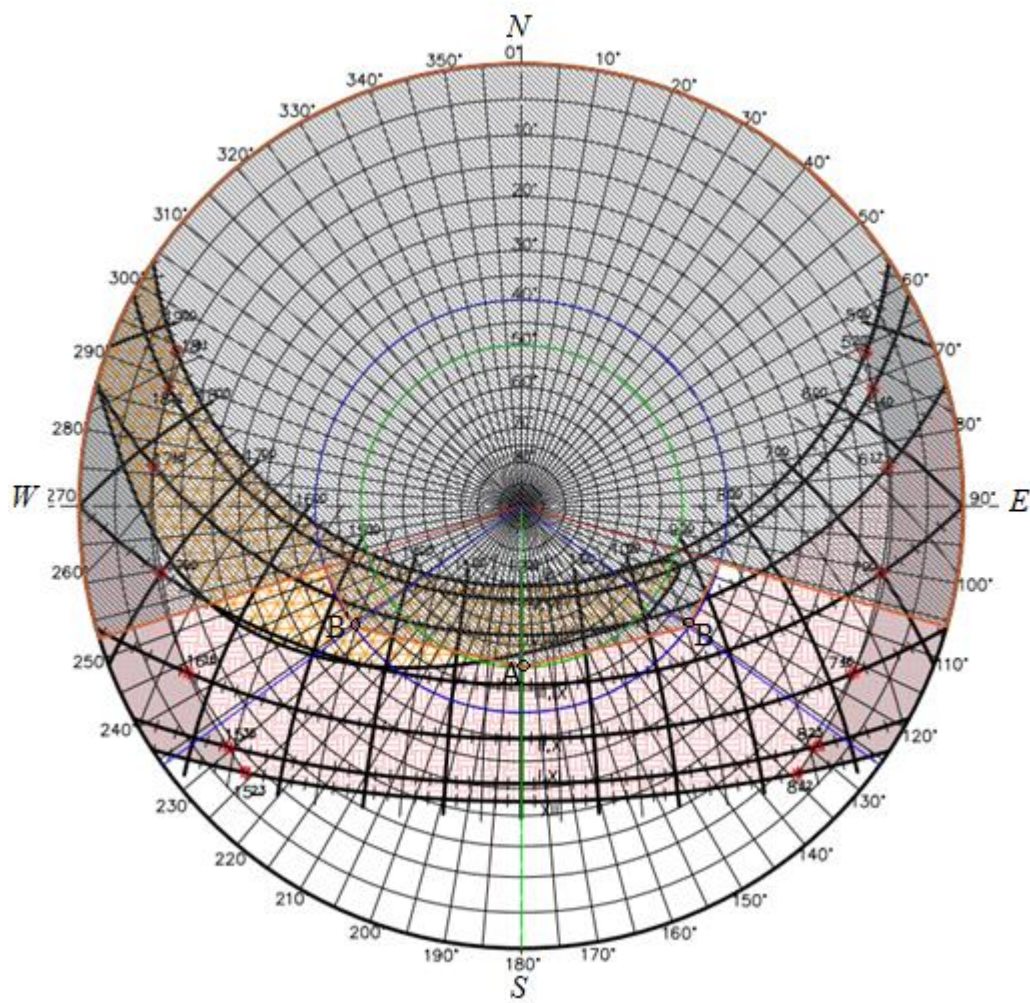
- в плоскости симметрии окна (рисунок 8.10) для каждого направления определяется вертикальный угол инсоляции, совмещая его с плоскостью симметрии окна (рисунок 8.10). Например, для направления на точку В вертикальный угол инсоляции равен  $45^\circ$ ;

- значения этих углов откладываются на соответствующих направлениях на солнечной карте с помощью альмукантаратов (рисунок 8.11);

- полученные точки задают теневую маску СЗУ в виде солнцезащитного кожуха.

8.4.4 По комплексной солнечной карте и теневой маске СЗУ можно определить эффективность СЗУ согласно разделу 7. На рисунке 8.11 теневая маска кожуха полностью закрывает зону перегрева.

8.4.5 Компьютерная визуализация южного фасада с СЗУ в виде цилиндрических кожухов показана на рисунке 8.12.



**Рисунок 8.11 – Солнечная карта с теневой маской кожуха**



**Рисунок 8.12 – Фасад с солнцезащитными кожухами**



## **9 Требования к конструктивным решениям солнцезащитных устройств**

9.1 Классификацию СЗУ осуществляют в соответствии с СП 370.1325800 и ГОСТ 33125 по следующим классификационным показателям:

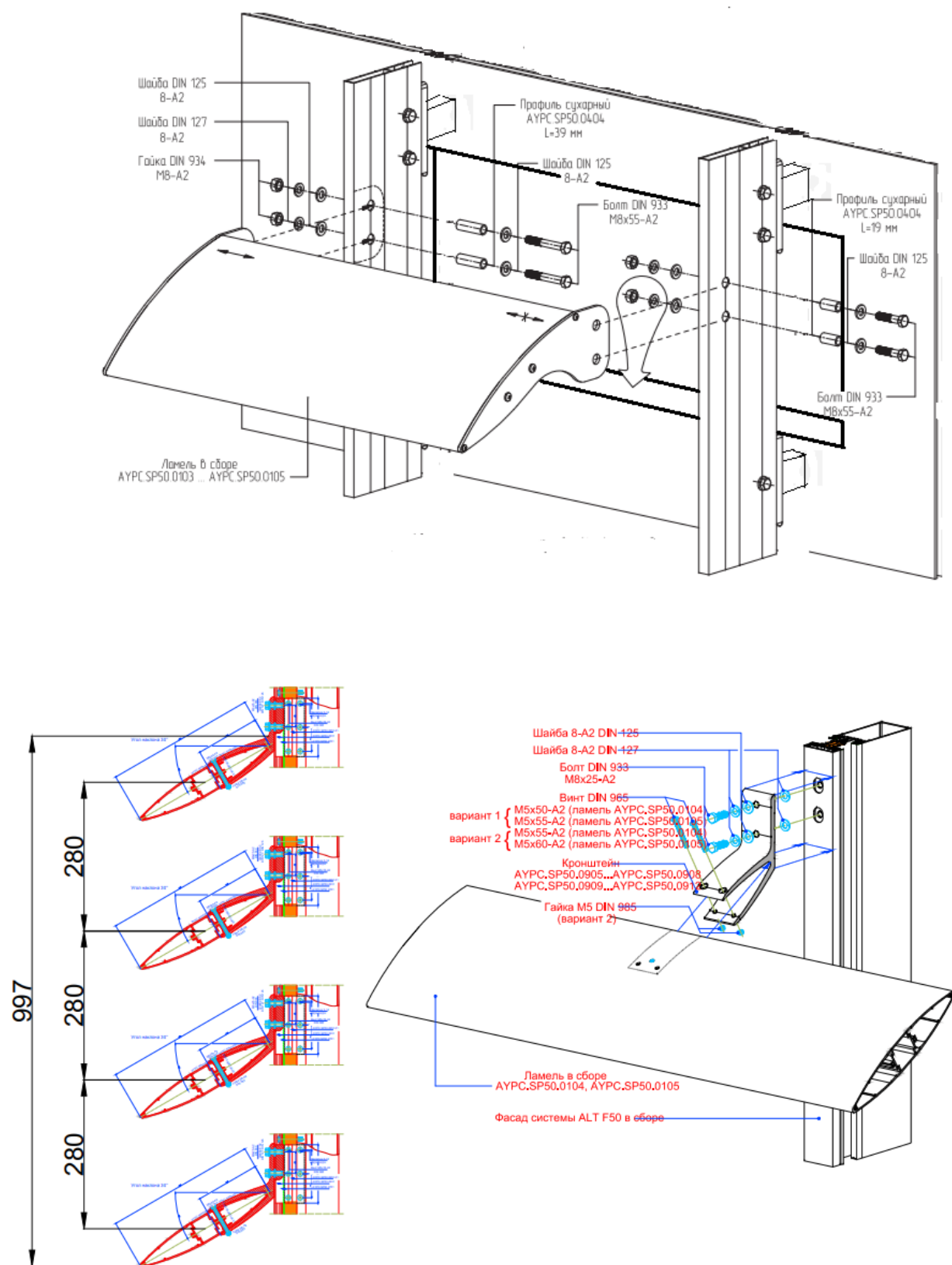
- место установки и положение относительно светопрозрачной конструкции;
- тип СЗУ и конструкция затеняющих элементов;
- способ управления и метод регулирования;
- ориентация затеняющих элементов;
- материал изготовления затеняющих элементов;
- уровень солнцезащиты.

9.2 По месту установки и положению относительно светопрозрачной конструкции различают СЗУ:

- наружные;
- межстекольные;
- межстекольные с вентилированием межстекольного пространства для установки в двойных фасадах;
- внутренние;
- комбинации некоторых из перечисленных мест установки.

9.3 Основные виды СЗУ, характеристики СЗУ и рекомендации по применению СЗУ приведены в СП 370.1325800.2017 (приложения В, Г и Д соответственно).

9.4 Пример конструктивного решения СЗУ, состоящего из регулируемых ламелей горизонтального положения, приведен на рисунке 9.1.



**Рисунок 9.1 – Конструктивное решение солнцезащитного устройства**

## Приложение А

### (справочное)

#### Значения градусо-суток периода охлаждения зданий для городов южных регионов Российской Федерации

А.1 Расчеты значений градусо-суток периода охлаждения для ряда крупных городов южных регионов Российской Федерации были проведены в соответствии с методикой, описанной в разделе 7.

А.2 В таблице А.1 приведены климатические параметры некоторых городов южных регионов Российской Федерации.

**Таблица А.1 – Климатические данные**

| Наименование города | Климатические<br>параметры | Значения климатических параметров, апрель –<br>октябрь, °С |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     |                            | IV                                                         | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     |
| 1                   | 2                          | 3                                                          | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| 1. Симферополь      | $t_n$                      | 10,2                                                       | 15,2  | 19,2  | 21,8  | 21,3  | 16,7  | 11    |
|                     | $A$                        | 12,5                                                       | 13,4  | 13,1  | 14    | 14,2  | 14,1  | 11,9  |
|                     | $t_{max}$                  | 16,45                                                      | 21,9  | 25,75 | 28,8  | 28,4  | 23,75 | 16,95 |
| 2. Керчь            | $t_n$                      | 9,9                                                        | 15,5  | 20,2  | 23,2  | 22,7  | 17,7  | 11,9  |
|                     | $A$                        | 8,2                                                        | 8,9   | 9,1   | 9,2   | 9,0   | 8,9   | 8,0   |
|                     | $t_{max}$                  | 14,1                                                       | 19,95 | 24,75 | 27,8  | 27,2  | 22,15 | 15,9  |
| 3. Феодосия         | $t_n$                      | 10,6                                                       | 16,1  | 20,8  | 23,4  | 23,1  | 18,4  | 12,4  |
|                     | $A$                        | 7,6                                                        | 8,4   | 8,4   | 8,6   | 8,5   | 8,3   | 7,4   |
|                     | $t_{max}$                  | 14,4                                                       | 20,3  | 25    | 27,7  | 27,35 | 22,55 | 16,1  |
| 4. Ялта             | $t_n$                      | 10,8                                                       | 15,7  | 20,2  | 23,6  | 23,2  | 19    | 13,6  |
|                     | $A$                        | 7,3                                                        | 7,6   | 8     | 8,4   | 8,5   | 8,5   | 7,7   |
|                     | $t_{max}$                  | 14,5                                                       | 19,5  | 24,2  | 27,8  | 27,5  | 23,3  | 17,5  |
| 5. Севастополь      | $t_n$                      | 10,5                                                       | 15,2  | 19,7  | 22    | 21,8  | 18    | 12,8  |
|                     | $A$                        | 8                                                          | 8,2   | 8,3   | 8,4   | 8,6   | 8,7   | 7,9   |
|                     | $t_{max}$                  | 14,5                                                       | 19,3  | 23,9  | 26,2  | 26,1  | 22,4  | 16,8  |
| 6. Махачкала        | $t_n$                      | 10,3                                                       | 16,2  | 21,6  | 24,6  | 24,3  | 19,9  | 13,7  |
|                     | $A$                        | 7,4                                                        | 8     | 7,9   | 7,6   | 7,2   | 6,7   | 6     |
|                     | $t_{max}$                  | 14                                                         | 20,2  | 25,55 | 28,4  | 27,9  | 23,35 | 16,7  |
| 7. Элиста           | $t_n$                      | 10,3                                                       | 16,8  | 21,6  | 24,6  | 23,4  | 17,2  | 9,6   |
|                     | $A$                        | 11,5                                                       | 12,8  | 12,9  | 13,1  | 13,1  | 12,5  | 9,7   |
|                     | $t_{max}$                  | 16,05                                                      | 23,2  | 28,05 | 31,15 | 29,95 | 23,45 | 14,45 |

|                    |           |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8. Красная Поляна  | $t_H$     | 9,5  | 14,2 | 17,1 | 19,5 | 19,4 | 15,6 | 10,8 |
|                    | $t_{max}$ | 15,6 | 20,5 | 23,1 | 25,5 | 25,7 | 22,1 | 17,3 |
| 9. Майкоп          | $t_H$     | 11,3 | 16,5 | 19,7 | 22,2 | 21,9 | 17,1 | 11,2 |
|                    | $t_{max}$ | 17,8 | 22,7 | 26,2 | 29   | 28,7 | 24,1 | 17,6 |
| 10. Таганрог       | $t_H$     | 10,7 | 17,1 | 21,2 | 23,6 | 22,8 | 17,2 | 10,2 |
|                    | $A$       | 7,1  | 7,6  | 7,6  | 7,3  | 7,2  | 6,2  | 5,5  |
|                    | $t_{max}$ | 15,6 | 22,3 | 27,1 | 30,1 | 30   | 25,4 | 19,6 |
| 11. Ростов-на-Дону | $t_H$     | 10,8 | 16,8 | 20,8 | 23,2 | 22,3 | 16,6 | 9,6  |
|                    | $A$       | 12,7 | 13,6 | 13,6 | 12,3 | 11,4 | 13,3 | 12   |
|                    | $t_{max}$ | 17,2 | 23,6 | 27,6 | 29,4 | 28   | 23,3 | 15,6 |
| 12. Краснодар      | $t_H$     | 12,2 | 17,3 | 21   | 23,8 | 23,2 | 18,1 | 11,9 |
|                    | $A$       | 12,1 | 12,5 | 12,6 | 13   | 13,4 | 13,8 | 11,9 |
|                    | $t_{max}$ | 18,3 | 23,6 | 27,3 | 30,3 | 29,9 | 25   | 17,9 |
| 13. Волгоград      | $t_H$     | 10   | 16,8 | 21,4 | 23,9 | 22,7 | 16,3 | 10   |
|                    | $A$       | 11,8 | 13,2 | 12,7 | 12,7 | 13   | 12,3 | 11,8 |
|                    | $t_{max}$ | 15,9 | 23,4 | 27,8 | 30,3 | 29,2 | 22,5 | 15,9 |
| 14. Астрахань      | $t_H$     | 11,3 | 18   | 22,9 | 25,4 | 23,8 | 17,6 | 10   |
|                    | $A$       | 11,3 | 11,2 | 10,1 | 10,7 | 11,7 | 11,3 | 10   |
|                    | $t_{max}$ | 17   | 23,6 | 28   | 30,8 | 29,7 | 23,3 | 15   |
| 15. Сочи           | $t_H$     | 12,2 | 16,1 | 20   | 23   | 23,3 | 19,8 | 15,6 |
|                    | $A$       | 7,6  | 7,6  | 7,7  | 7,7  | 7,9  | 8,2  | 8,3  |
|                    | $t_{max}$ | 16   | 19,9 | 23,9 | 26,9 | 27,3 | 23,9 | 19,8 |
| 16. Воронеж        | $t_H$     | 8,2  | 14,9 | 18,4 | 20,1 | 18,9 | 13,1 | 6,5  |
|                    | $A$       | 9,1  | 11,9 | 12   | 11,8 | 11,6 | 10,6 | 7,6  |
|                    | $t_{max}$ | 12,8 | 20,9 | 24,4 | 26   | 24,7 | 18,9 | 10,3 |

А.3 В таблице А.2 приведены даты начала и конца периода охлаждения и продолжительность данного периода для рассмотренных городов южных регионов Российской Федерации.

Таблица А.2 – Продолжительность периода охлаждения

| Наименование города | Начало периода охлаждения<br>(число, месяц) | Конец периода охлаждения<br>(число, месяц) | Продолжительность периода охлаждения, сут |
|---------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 Симферополь       | 10.05                                       | 28.09                                      | 142                                       |
| 2 Керчь             | 20.05                                       | 21.09                                      | 124                                       |
| 3 Феодосия          | 19.05                                       | 22.09                                      | 127                                       |

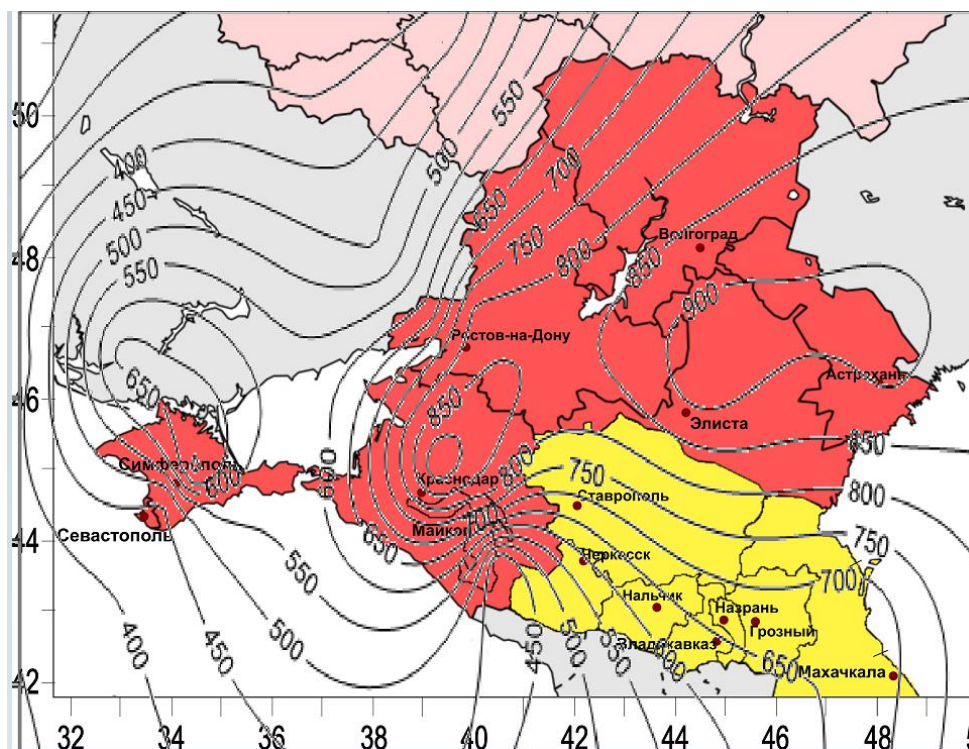
|                   |       |       |     |
|-------------------|-------|-------|-----|
| 4 Ялта            | 25.05 | 27.09 | 125 |
| 5 Севастополь     | 26.05 | 23.09 | 120 |
| 6 Махачкала       | 19.05 | 26.09 | 131 |
| 7 Элиста          | 05.05 | 23.09 | 142 |
| 8 Красная Поляна  | 20.05 | 21.09 | 125 |
| 9 Майкоп          | 04.05 | 30.09 | 150 |
| 10 Таганрог       | 14.05 | 19.09 | 129 |
| 11 Ростов-на-Дону | 02.05 | 25.09 | 146 |
| 12 Краснодар      | 30.04 | 02.10 | 156 |
| 13 Волгоград      | 03.05 | 20.09 | 140 |
| 14 Астрахань      | 02.05 | 23.09 | 144 |
| 15 Сочи           | 25.05 | 07.10 | 135 |
| 16 Воронеж        | 17.05 | 07.10 | 113 |

**А.4 Рассчитанные значения градусо-суток периода охлаждения (ГСПО)**  
для рассмотренных городов сведены в таблицу А.3.

**Т а б л и ц а А.3 – Значения градусо-суток периода охлаждения (ГСПО)**

| Наименование<br>города | ГСПО, °С · сут |
|------------------------|----------------|
| 1. Симферополь         | 719,94         |
| 2. Керчь               | 565,44         |
| 3. Феодосия            | 582,93         |
| 4. Ялта                | 561,25         |
| 5. Севастополь         | 453,6          |
| 6. Махачкала           | 656,31         |
| 7. Элиста              | 938,62         |
| 8. Красная Поляна      | 385,0          |
| 9. Майкоп              | 786,0          |
| 10. Таганрог           | 619,2          |
| 11. Ростов-на-Дону     | 808,84         |
| 12. Краснодар          | 945,36         |
| 13. Волгоград          | 844,2          |
| 14. Астрахань          | 911,52         |
| 15. Сочи               | 537,3          |
| 16. Воронеж            | 355,95         |

А.5 На базе данных таблицы А.3 на карту Южного и Северокавказского федеральных округов Российской Федерации были нанесены изолинии градусо-суток периода охлаждения (рисунок А.1).

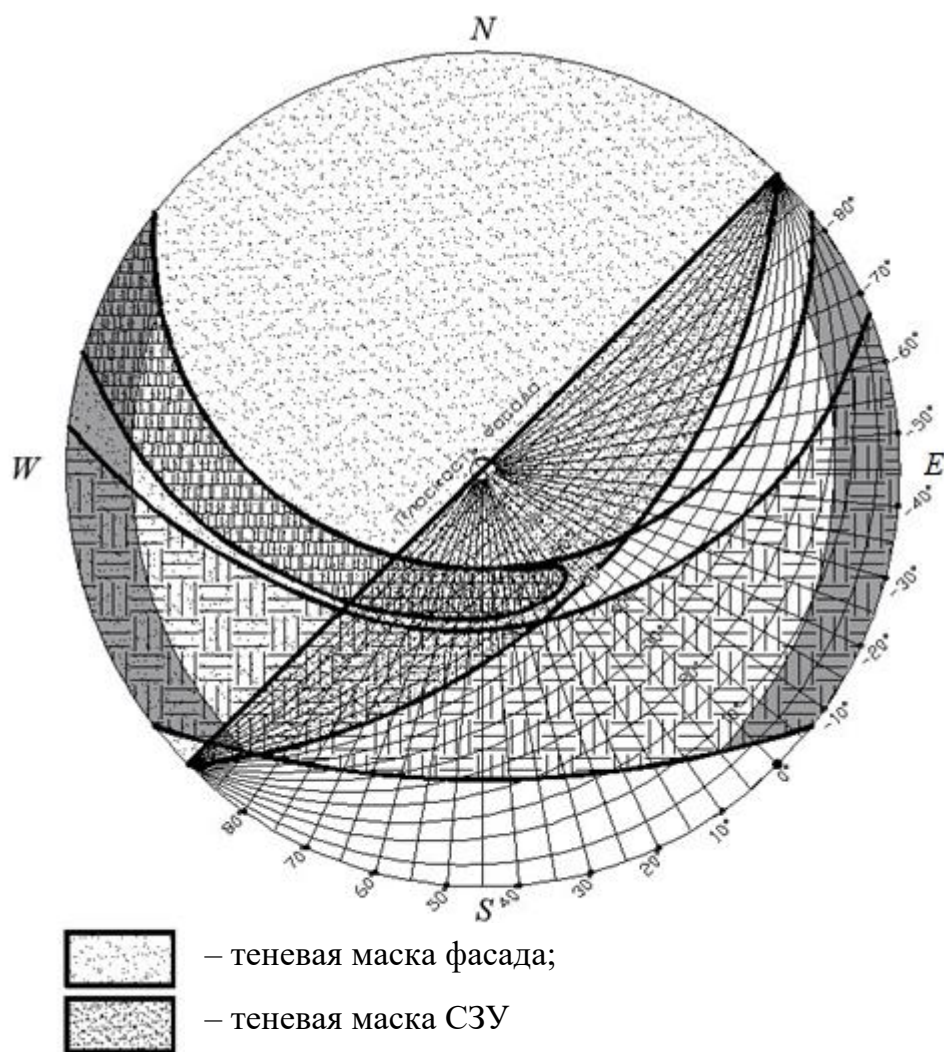


**Рисунок А.1 – Карта градусо-суток Южного и Северо - Кавказского федеральных округов Российской Федерации**

## Приложение Б

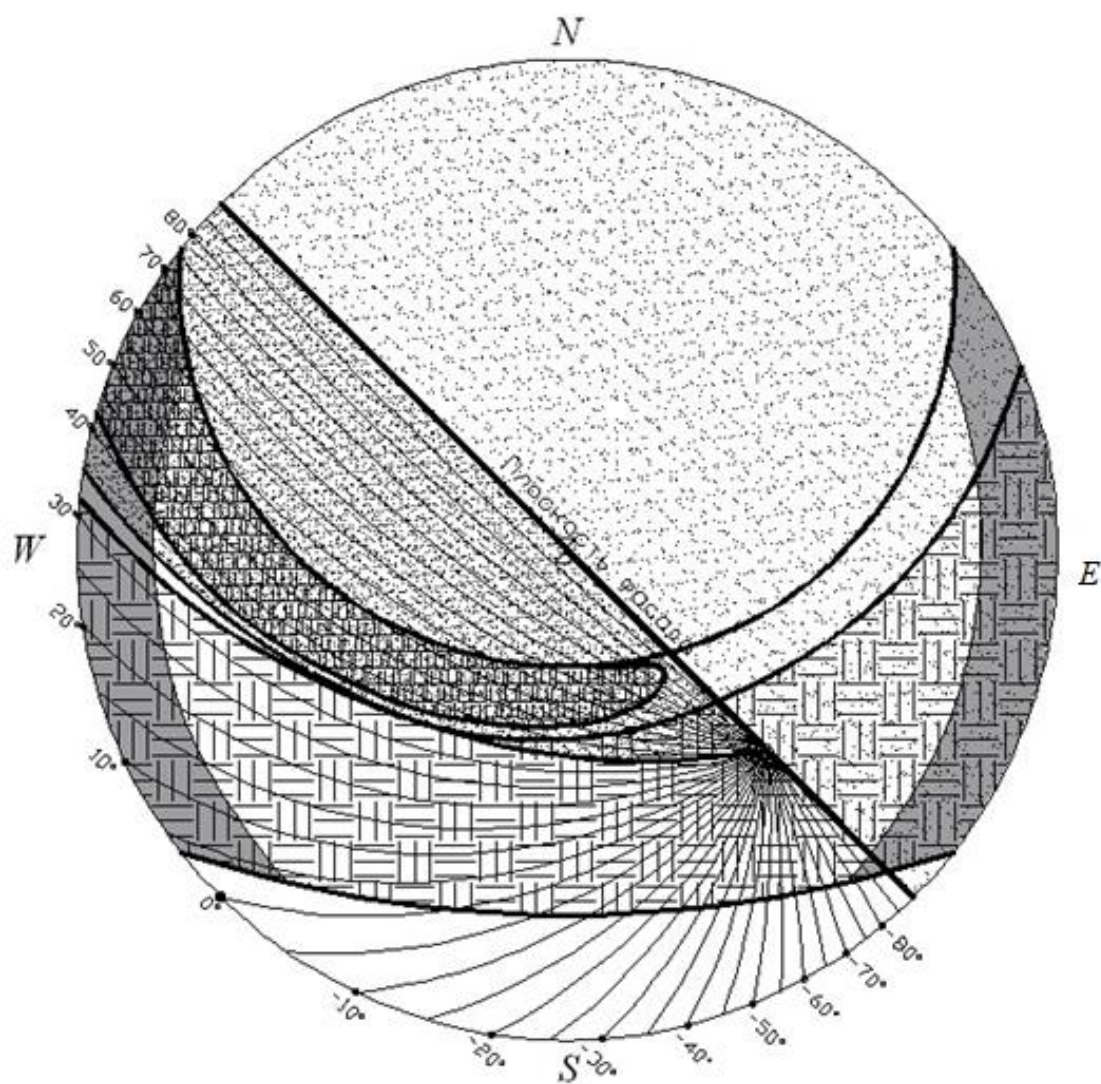
(справочное)

### Варианты решения солнцезащитных устройств с использованием комплексных солнечных карт



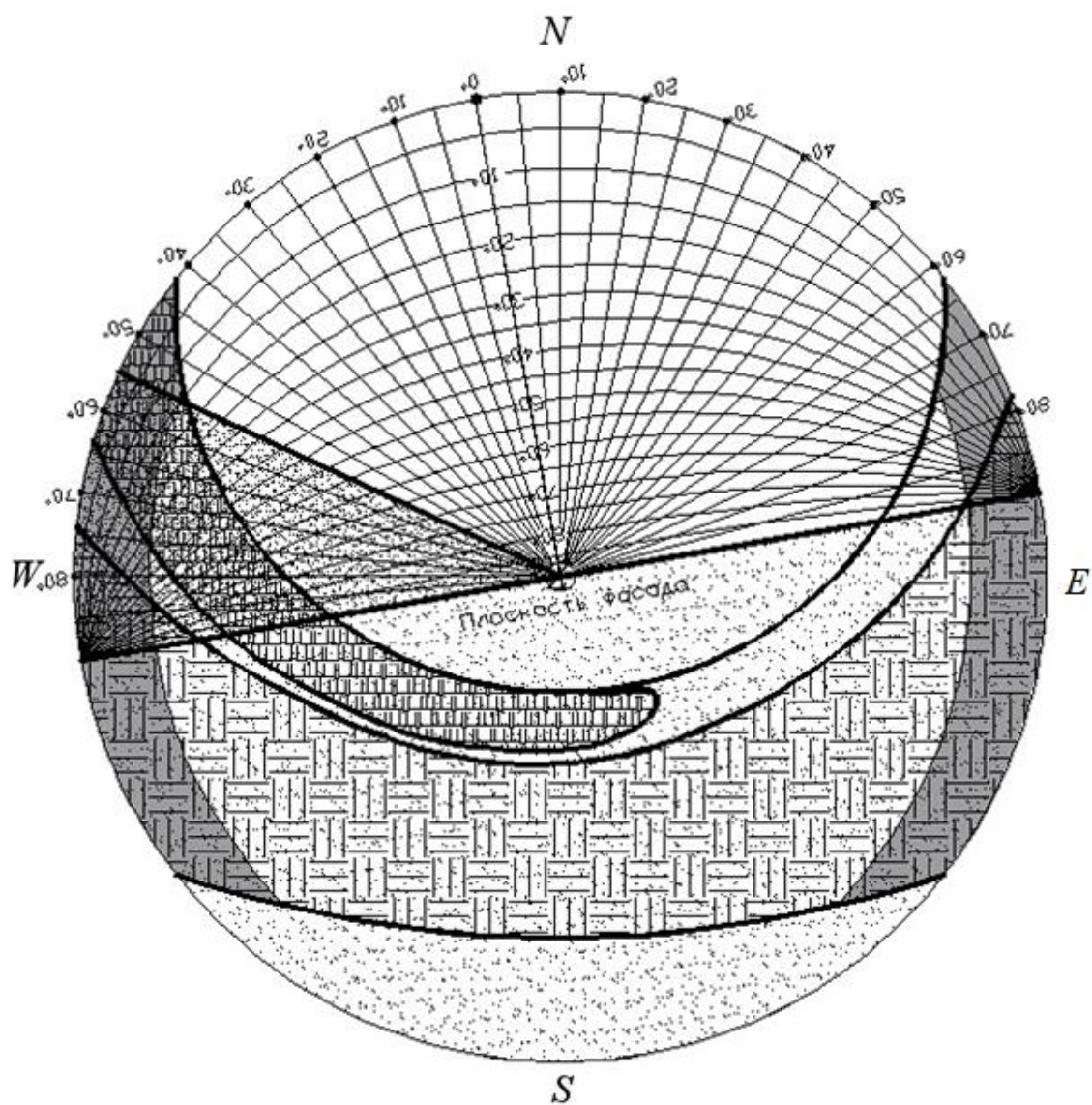
**Рисунок Б.1 – Решение для юго-восточного фасада с применением  
горизонтальных СЗУ**





**Рисунок Б.2 – Решение для юго-западного фасада с применением СЗУ  
общего положения**





**Рисунок Б.3 – Решение для северо-северо-западного фасада с применением вертикальных СЗУ**

## Библиография

- [1] Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
- [2] Світлопрозорі огороження будинків : Навч. Посібник. / О.Л Підгорний., І.М. Щепетова, О.В. Сергейчук та ін. – К.: Видавець Домашевська О.А., 2005. – 282 с.
- [3] Штейнберг А.Я. Солнцезащита зданий / А.Я. Штейнберг; под ред. д-ра техн. наук А.Л.Подгорного. – К.: Будівельник, 1986. – 84 с.
- [4] Самарин О.Д., Матвеева Е.Г. Определение параметров охладительного периода // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2013, № 1(133) – С. 120 – 122
- [5] Ливчак В.И. Роль градусо-суток охладительного периода при расчете потребности жилых домов в охлаждении // [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6239](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6239)
- [6] S.Shanmuga Priya, M. Premalatha, S.R. Rejkumar, L.Thirunvukkarasu. Analysis of cooling degree days for Tiruchirappalli – a district in India//[https://www.arpapress.com/Volumes/Vol8Issue1/IJRRAS\\_8\\_1\\_07.pdf](https://www.arpapress.com/Volumes/Vol8Issue1/IJRRAS_8_1_07.pdf)
- [7] Дворецкий А.Т., Спиридонов А.В., Митрофанова С.А., Денисова Т.В. О необходимости определения градусо-суток периода охлаждения зданий на территории России// Жилищное строительство. – 2019. – № 8/ – С. 46 – 49
- [8] Коэффициенты энергоэффективности кондиционеров EER и COP. [Электронный ресурс] — Режим доступа :<http://climateh.com.ua/a74074-koeffitsienty-energoeffektivnosti-konditsionerov.html>.

[9] Руководство по проектированию и применению солнцезащитных средств в промышленных зданиях / НИИСФ Госстроя СССР – М.: Стройиздат, 1980. – 96 с.

---

Ключевые слова: солнцезащитные устройства, проектирование, солнечные карты, комплексные солнечные карты, градусо-сутки периода охлаждения зданий, энергетическая эффективность, энергосбережение зданий, климатические регионы Российской Федерации, конструктивные решения

---