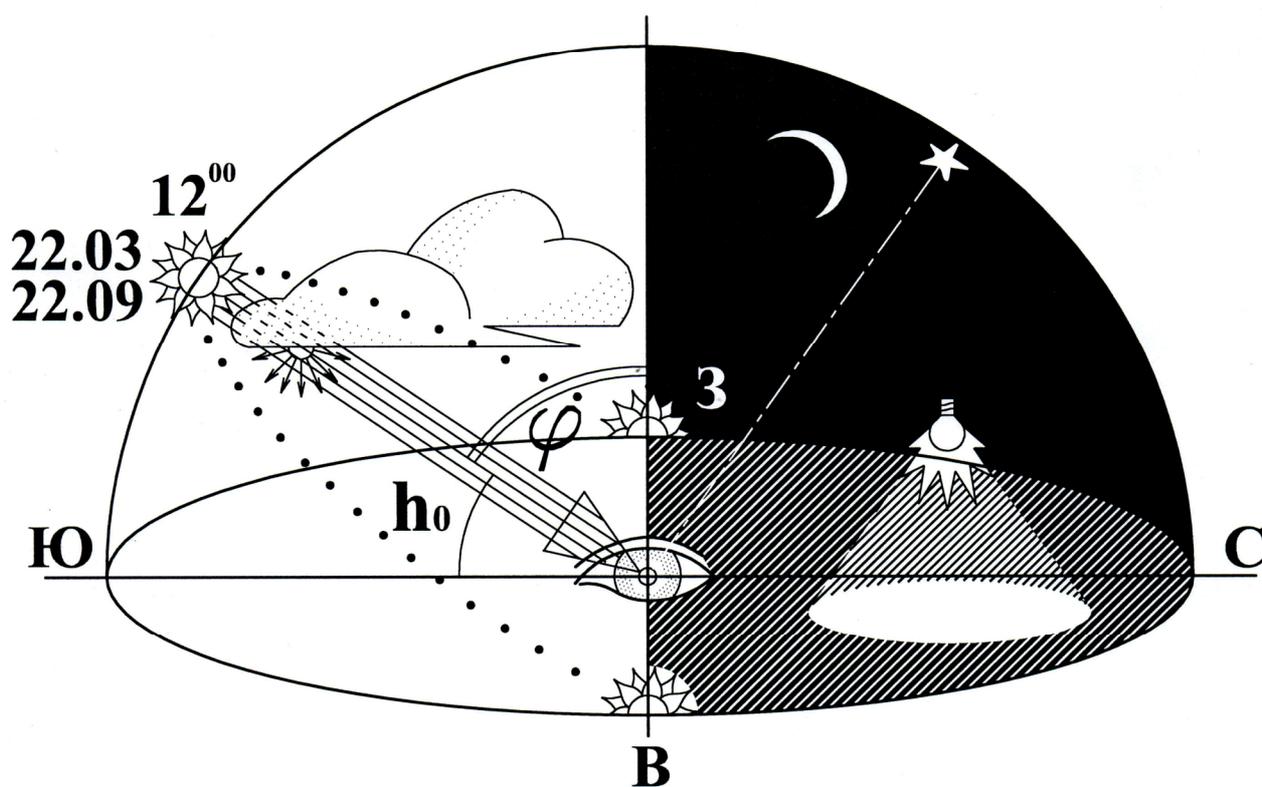


Н. И. ЩЕПЕТКОВ

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО АРХИТЕКТУРНОЙ СВЕТОЛОГИИ



ЧАСТЬ ВТОРАЯ:
**СВЕТ СОЛНЦА
В АРХИТЕКТУРЕ**

МОСКВА • МАРХИ • 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт
(государственная академия)»

Н.И. Щепетков

**Сборник задач по архитектурной светологии
Часть вторая: Свет Солнца в архитектуре**

Москва
МАРХИ
2011

УДК 535-5
ББК 38.113
Щ 56

Щепетков Н.И.

Сборник задач по архитектурной светологии. Часть вторая: Свет Солнца в архитектуре / Н.И.Щепетков. — М.: МАРХИ, 2011. — 140с.

Сборник представляет собой новый тип учебно-методического пособия по курсу архитектурной светологии. В нем в виде серии задач, решаемых простыми способами графических построений, прорабатываются вопросы проектирования благоприятной световой среды, создаваемой Солнцем в помещениях и открытых, функционально используемых пространствах. Задачник служит целям развития у студентов пространственно-образных представлений и практических навыков курсового и дипломного архитектурного и дизайнерского проектирования, профессионально грамотного с точки зрения учёта и эффективного использования солнечного света в зодчестве и дизайне, и более глубокого изучения теоретического курса по инсоляции и солнцезащите. Он предназначен также для тренинга и проведения текущего контроля знаний студентов, зачётов и экзаменов.

Данный задачник является частью второй общего сборника.

© МАРХИ, 2011
© Щепетков Н.И., 2011

ЧАСТЬ ВТОРАЯ: СВЕТ СОЛНЦА В АРХИТЕКТУРЕ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ИНСОЛЯЦИЯ В АРХИТЕКТУРЕ.....	5
Раздел I. Задачи, решаемые на основе стереона солнечных лучей (№№1 – 4).....	27
Раздел II. Задачи, решаемые при помощи проекций солнечных траекторий на плоскость земли и стереона солнечных лучей (№№5 – 38).....	33
Раздел VII. Построение инсоляционного графика и задачи по его практическому применению (задачи №№ 70 – 86).....	57

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник – оригинальное пособие по архитектурной светологии в виде задачника, предназначенное для развития у студентов необходимых практических навыков архитектурного проектирования естественной световой среды в процессе разработки курсовых и дипломных проектов. Первый подобный авторский сборник “Сто задач по архитектурной светологии” вышел в 1994 г. Совершенствование обучения основам профессионального и творческого подхода к проблемам этой среды приобретает все более важное значение в связи с тем, что:

- общество предъявляет все более высокие требования к энергосбережению и энергоэффективности архитектурно-строительных решений, экологическим и эстетическим параметрам архитектурно-дизайнерской среды, в том числе, к ее световой составляющей, по которой судят о зрительном комфорте и образно-художественных достоинствах создаваемой архитектуры и среды в целом;

- основные параметры цветоцветовой среды, обеспечивающие определенный зрительный комфорт, регламентируются нормами,* и все расчеты и обоснования каждого проекта по разделам естественного освещения и инсоляции, обусловленные объемно-планировочными решениями, выполняются (или должны выполняться) в проектных мастерских, как правило, архитекторами. При несовпадении проектно-расчетных данных с нормативными требованиями по освещению и инсоляции на начальных этапах проектирования авторы вынуждены вносить изменения в архитектурные и планировочные решения;

- мероприятия по обеспечению требуемых зрительных условий и визуальной выразительности архитектурных решений относятся к формообразующим действиям, т.к. непосредственно связаны с выбором параметров градостроительной структуры, объемно-пространственной, конструктивно-планировочной и пластической композиции зданий и сооружений, строительных, отделочных и светотехнических материалов. Иными словами, проектирование световой среды – это неотъемлемая часть творческого процесса архитектурно-дизайнерского проектирования.

Сборник задач является существенным дополнением к теоретическому и расчетно-практическому курсу архитектурной светологии и может использоваться для проведения практических и контрольных занятий, для домашних заданий и самостоятельной работы студентов, для проведения зачетов и экзаменов.

Способы решения прикладных задач архитектурной светологии – различные графические построения – максимально адаптированы к методам архитектурного проектирования.

Сборник отражает эволюцию и многолетний опыт преподавания раздела “Архитектурная светология” (ранее – “Строительная”, затем “Архитектурная светотехника”) на кафедре “Архитектурная физика” МАрхИ.

Сборник состоит из трех частей. Первая посвящена проблемам естественного освещения (“Свет неба в архитектуре”), во второй представлены задачи раздела “Инсоляция и солнцезащита” (“Свет солнца в архитектуре”), в третьей – проблемы зрительного комфорта в интерьере и экстерьере при свете солнца, неба и источников искусственного света. При составлении задачника использованы работы Н.М.Гусева, В.Г.Макаревича, Н.В.Оболенского, М.Тваровского, Б.А.Дунаева, В.В.Воронова, К. Бартенбаха, Ф. Мура, Б. Харкнесса и др.

* 1. Свод правил. СП 52.13330.2011. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. М. 2011.

* 2. Строительные нормы и правила РФ. “Естественное и искусственное освещение”. СНиП 23-05-95*. М. 1999

3. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. “Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий”. М. 2003.

4. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий». М. 2002.
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ИНСОЛЯЦИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Таблица 1. **Положительные и отрицательные качества инсоляции.**

Диапазоны оптического излучения ($\lambda \approx 10^{-6} - 1$ мм)	Положительные качества	Отрицательные качества
УФ – излучения $\lambda = 100 - 400$ нм* (А: 315 – 400 нм, В: 280 – 315 нм, С: 100 – 280 нм)	БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ	
	<ul style="list-style-type: none"> • Бактерицидное (санирующее) действие (300 – 760 нм) • Оздоровительный (антирахитный, эритемный и др.) эффект • Зрительное действие (А + В) 	<ul style="list-style-type: none"> • Разрушающее действие (красители, бумага, полимеры, ткани...) • Канцерогенное действие • УФ – ожоги
ВИДИМЫЕ излучения – СВЕТ $\lambda = 380 - 780$ нм (400 ... 700) фиолетовый ... красный цвет	ИНФОРМАТИВНЫЕ, ПСИХО-ЭСТЕТИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ	
	<ul style="list-style-type: none"> • Информативно-эстетический эффект (четкая светомоделировка форм) • Психо-эмоциональный эффект (мажор) • Дополнительная освещенность • Светотерапия – бактерицидное и визуальное действие (гормон кортизол) 	<ul style="list-style-type: none"> • Зрительный дискомфорт (ослепленность, блескость, яркостные контрасты) • Зрительное обесцвечивание хроматических объектов.
ИК – излучения $\lambda = 780$ нм – 1 мм (А: 780 – 1400 нм, В: 1,4 – 3 мкм**, С: 3 мкм – 1 мм)	ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ	
	<ul style="list-style-type: none"> • Дополнительный обогрев • Противовоспалительный эффект 	<ul style="list-style-type: none"> • Перегрев и обезвоживание среды и организма человека (тепловой удар).

* 1 нм = 10^{-6} мм

** 1 мкм = 10^{-3} мм

Таблица 2. Нормы инсоляции в России (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01).

Зона по географической широте	Календарный период	Норма инсоляции N, час		
		Помещений		Территорий (детских, спорт. и др. площадок)
		непрерывная	суммарно прерывная	
СЕВЕРНАЯ выше 58° с.ш.	4 м-ца 22.04 – 22.08	2,5	3	3 (непрерывно на ≥ 50% их территории)
ЦЕНТРАЛЬНАЯ 58° - 48° с.ш.	6 м-цев 22.03 – 22.09	2	2,5	
ЮЖНАЯ ниже 48° с.ш.	8 м-цев 22.02 – 22.10	1,5	2	

Инсоляция нормируется в:

- жилых зданиях;
- детских дошкольных учреждениях (ДДУ);
- учебных учреждениях общеобразовательного, начального, среднего, дополнительного и профессионального образования, школах–интернатах, детских домах и др.;
- лечебно-профилактических, санаторно-оздоровительных и курортных учреждениях (ЛПУ);
- учреждениях социального обеспечения (домах-интернатах для инвалидов и престарелых, хосписах и др.).

В жилых зданиях нормируемая инсоляция должна быть обеспечена не менее, чем в одной комнате 1 – 3 комнатных квартир и не менее, чем в двух комнатах 4-х и более-комнатных квартир.

Допускается сокращение нормы инсоляции на 0,5 часа для северной и центральной зон в двух- и трехкомнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат, и в 4-х и более-комнатных квартирах, где инсолируется не менее трех комнат, а также при реконструкции жилой застройки в исторической части города в соответствии с его генпланом.

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

В детских дошкольных учреждениях инсоляция нормируется в групповых, игровых помещениях, изоляторах и палатах; в учебных зданиях – в классах и учебных кабинетах (кроме кабинетов информатики, физики, химии, рисования и черчения); в лечебно-профилактических учреждениях – в палатах (не менее 60% общей численности); в учреждениях социального обеспечения – в палатах и изоляторах.

В нормах сформулированы в общем виде требования по борьбе с избыточным тепловым воздействием инсоляции на жилые комнаты квартир, общежитий, помещения ДДУ, учебные помещения школ и средних специальных учебных заведений, санаторно-оздоровительных, ЛПУ и учреждений социального обеспечения с юго-западной и западной ориентацией светопроемов, а также на открытые детские, игровые, спортивные площадки и площадки отдыха в 3^{-м} и 4^{-м} климатических районах.

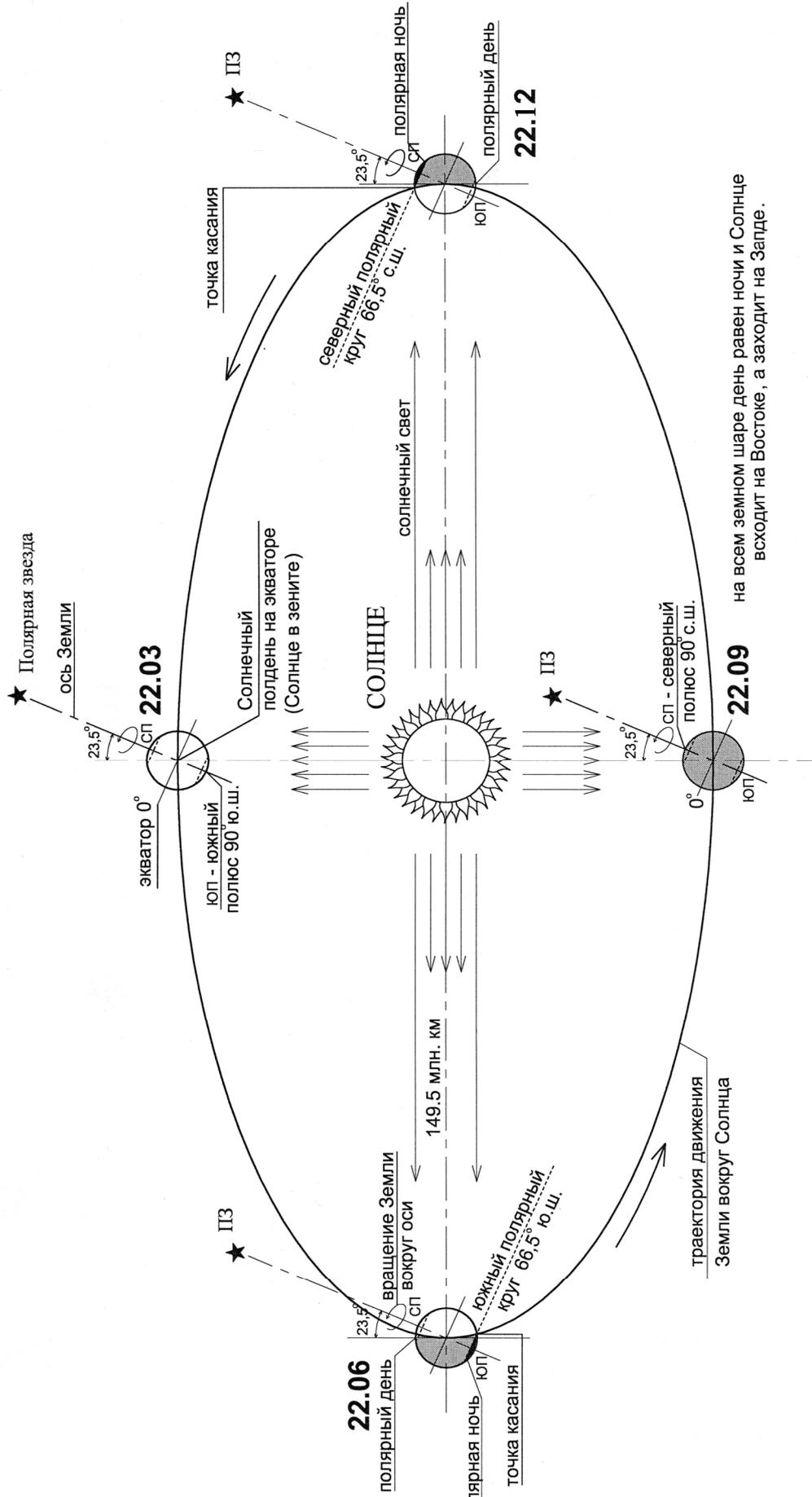


Рис. 1. Схематический "вид из космоса" на положение Земли по отношению к Солнцу в характерные дни года (22.12; 22.03 и 22.06; 22.09). Тенеобразование и сезоны года на земном шаре.

22.12

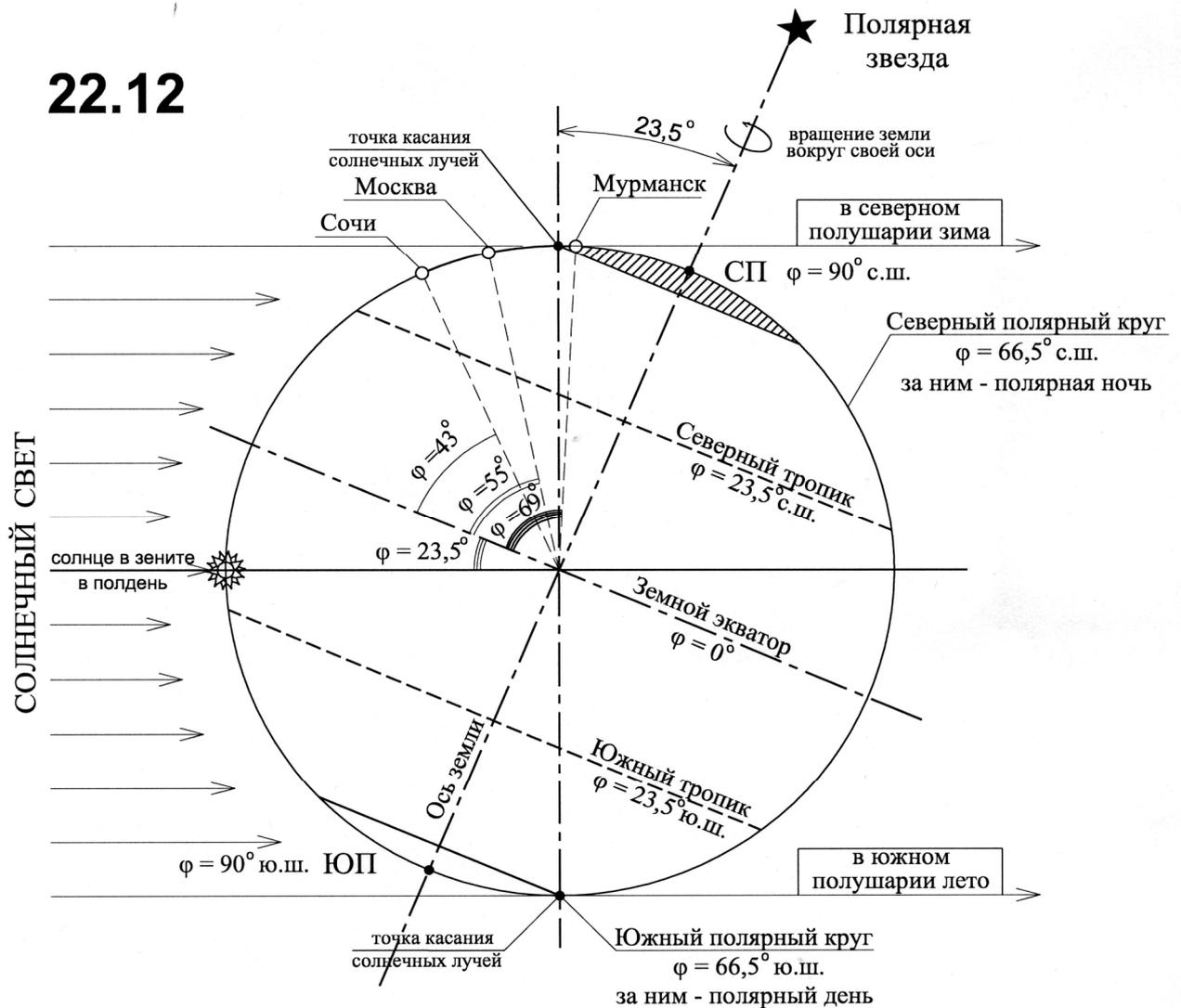


Рис. 2. Схема тенеобразования 22 декабря – в день зимнего (в северном полушарии) и летнего (в южном полушарии) солнцестояния – см. рис. 1. Характерные широты на Земле: экватор, северный и южный тропики, северный и южный полярные круги, северный и южный полюсы как функция положения Солнца на небосводе, вращения Земли вокруг Солнца и своей оси и образования соответствующей светотени на земном шаре.

МОСКВА $\varphi=55^\circ$ с.ш.

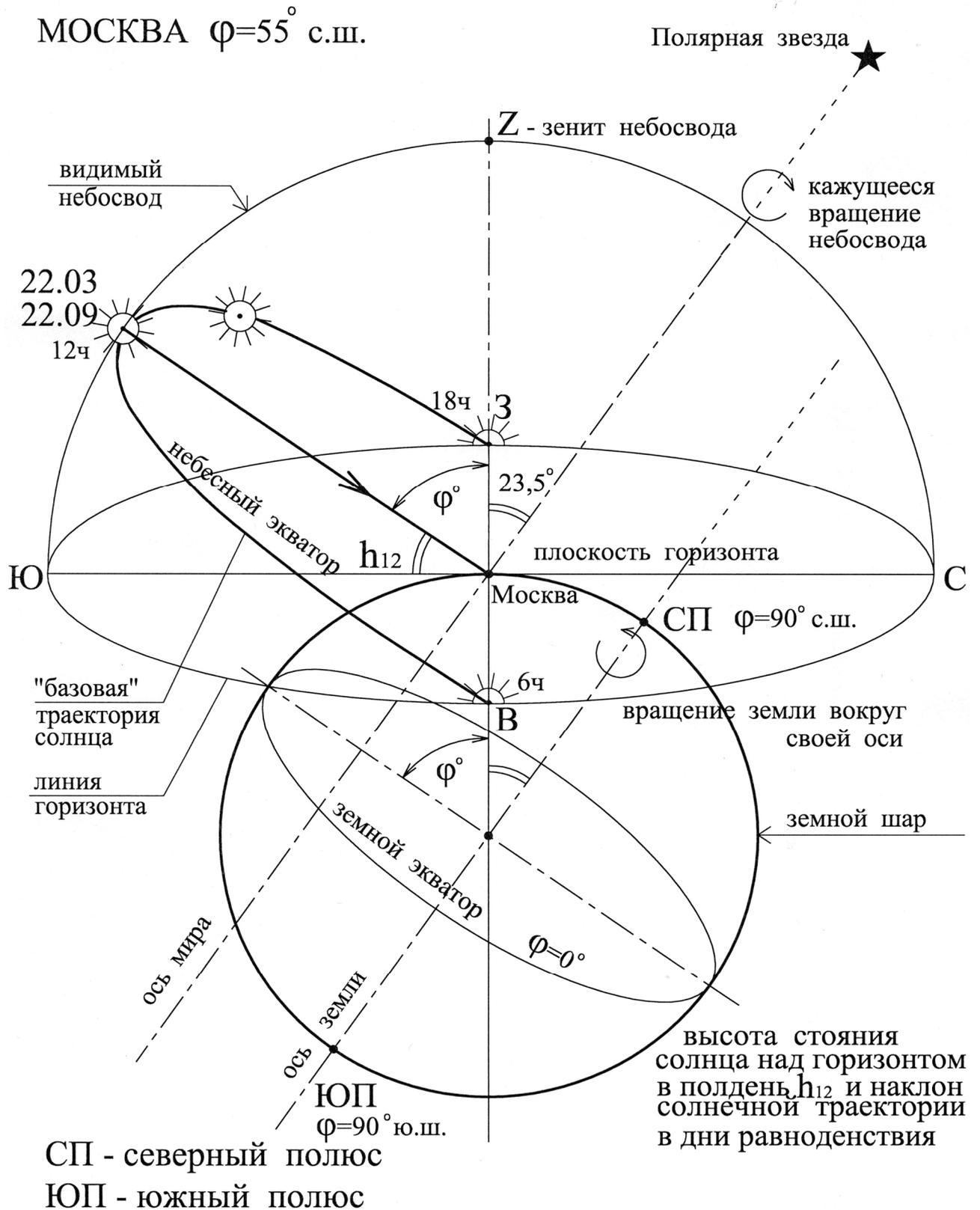
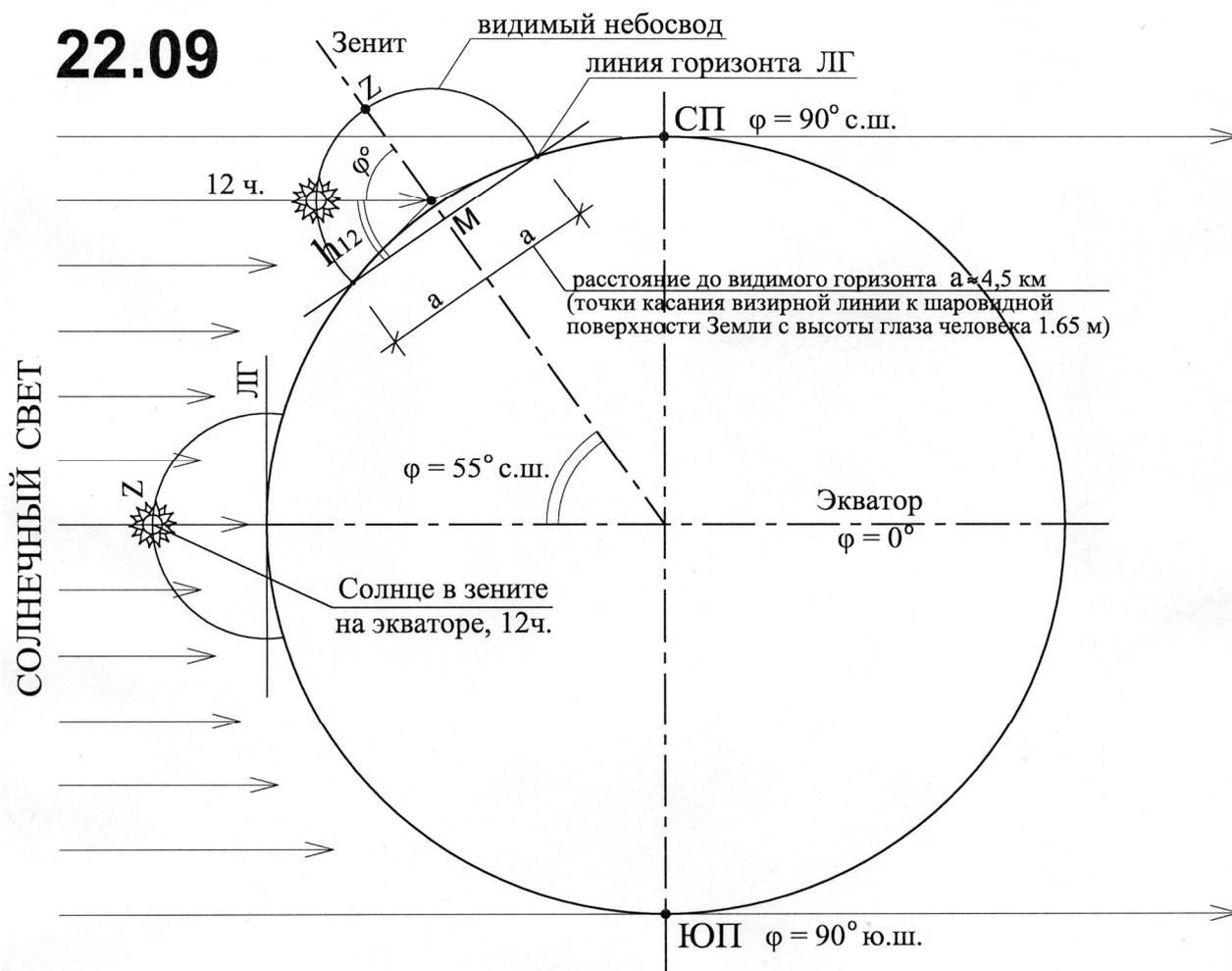


Рис. 3. Схема, объясняющая зависимость наклона солнечной траектории в дни равноденствия («базовой траектории») от географической широты местности (φ). Аксиома: $h_{12} = 90^\circ - \varphi^\circ$

22.03

22.09



φ° - географическая широта места;

h_{12} - высота стояния Солнца над горизонтом в полдень

Рис. 4. Схема к рис. 1 и 3, показывающая, как формируется видимое представление о горизонте и небосводе с положением Солнца в полдень в дни равноденствия на широте φ (г. М – Москва, $\varphi = 55^\circ$ с.ш.).

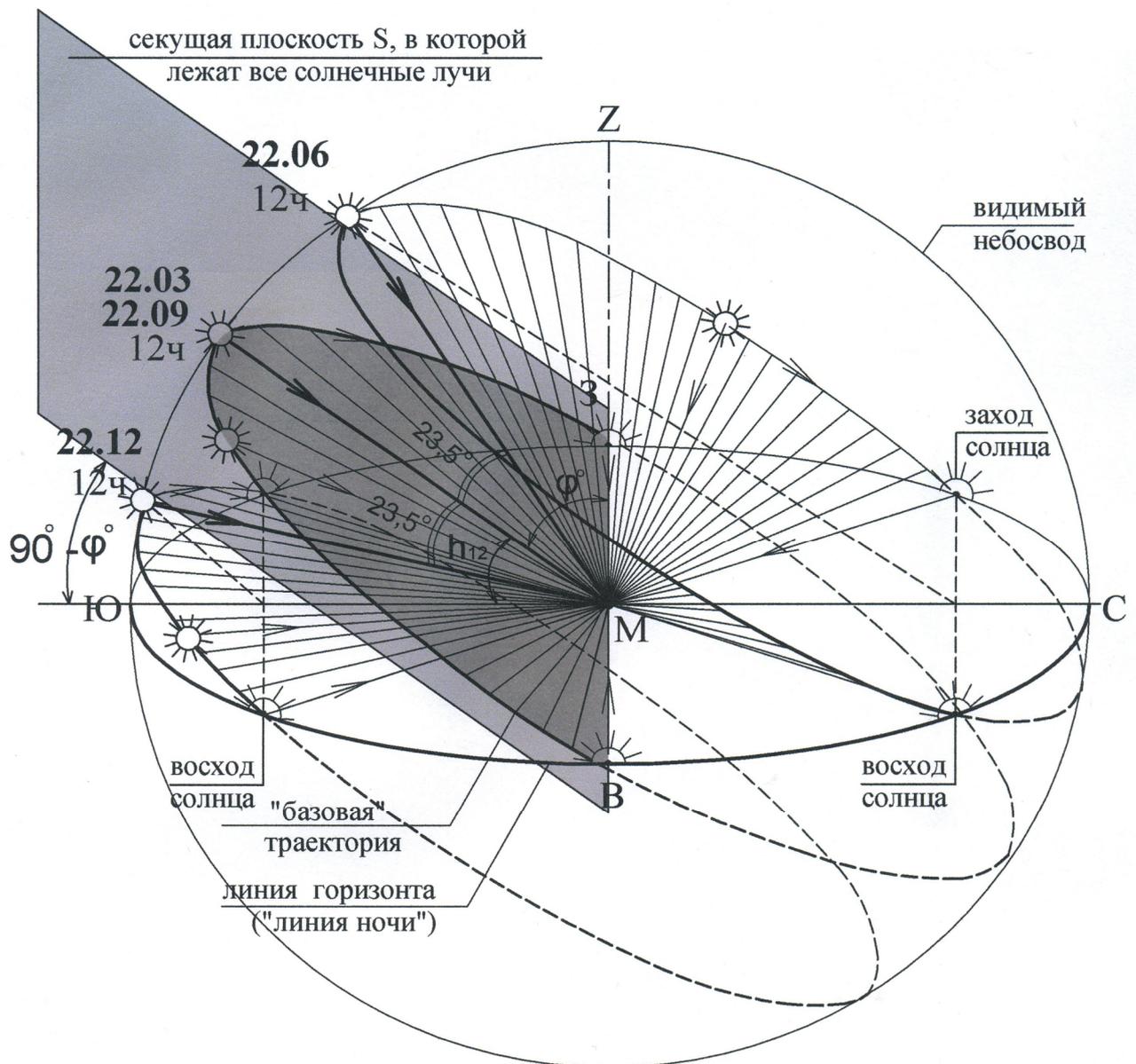


Рис. 6. Стереометрия солнечных лучей в характерные дни года. В дни равноденствия солнечные лучи образуют плоскость, наклоненную к горизонту под углом $90^\circ - \varphi^\circ$. Поэтому светотень объектов имеет простую геометрию. В летнее и зимнее время солнечные лучи образуют воронку, т.е. конус, вершина которого находится в исследуемой точке М в центре полусферы небосвода в плоскости горизонта. Светотень объектов образована более сложной геометрией солнечных лучей.

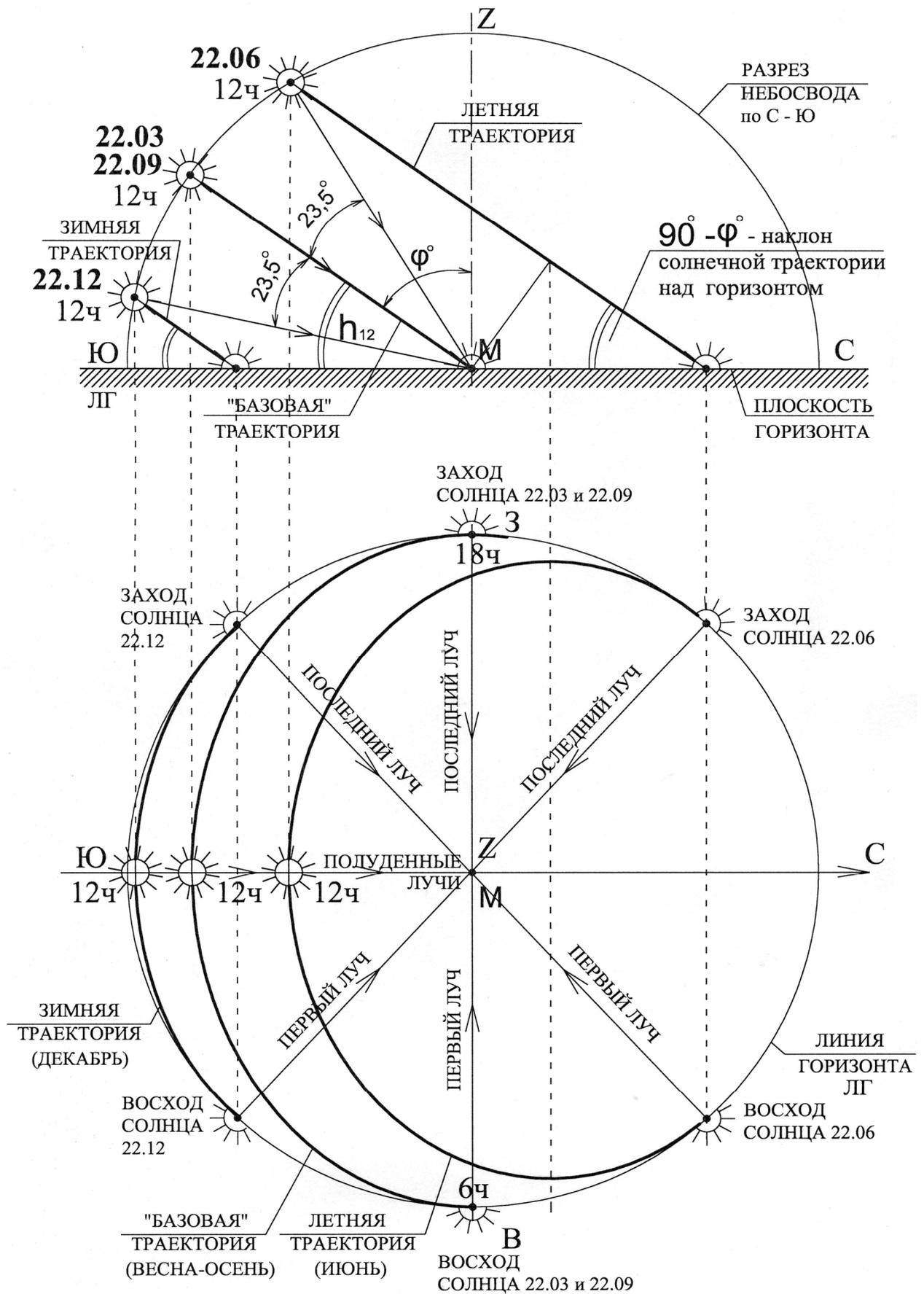


Рис. 7. Ортогонально-проекционное изображение (разрез и план) солнечных траекторий в характерные дни года (к рис. 5).

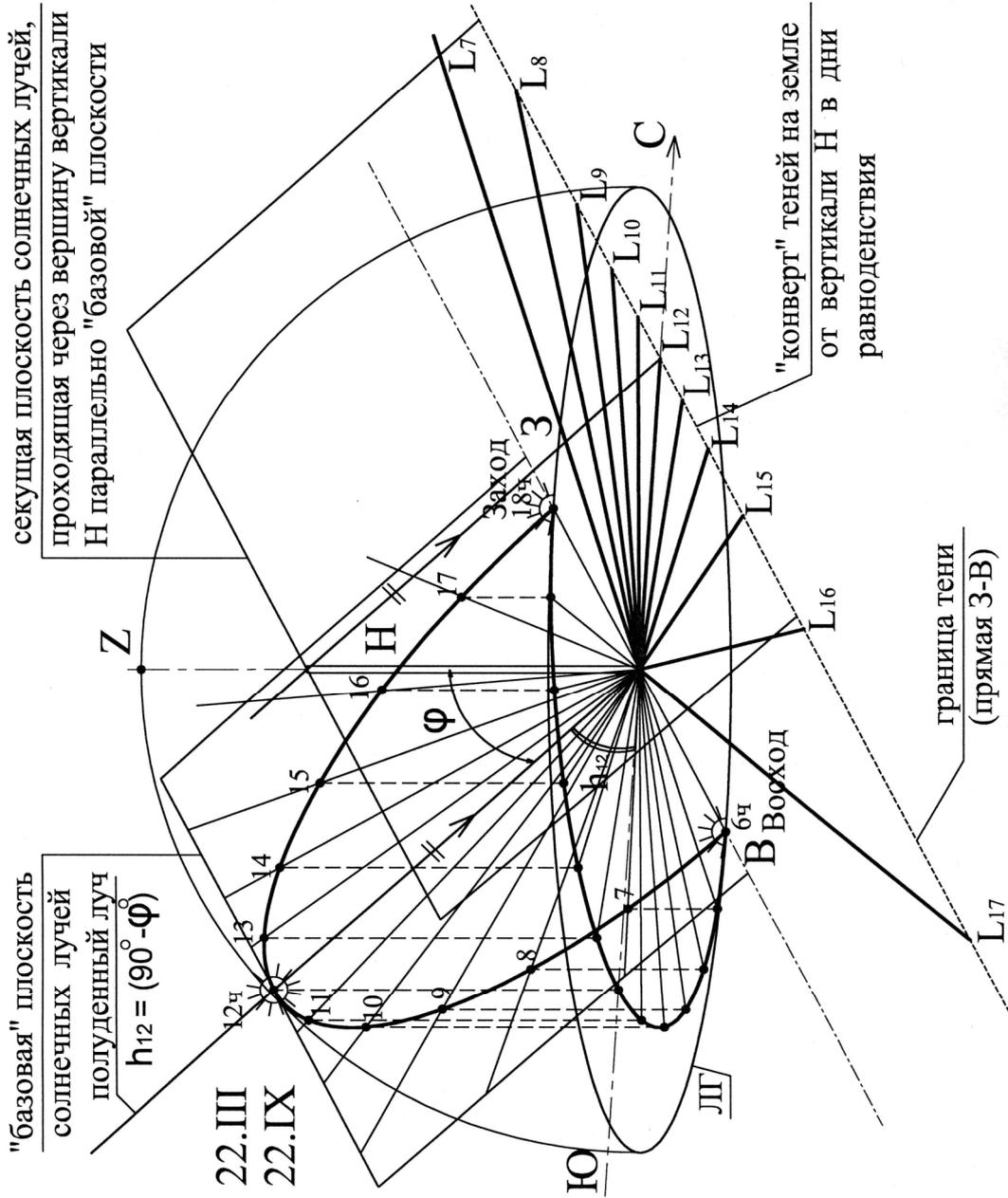


Рис. 8А. Стереон солнечных лучей в дни равноденствия на широте φ и образование ("конверт") теней на земле от вертикали Н.

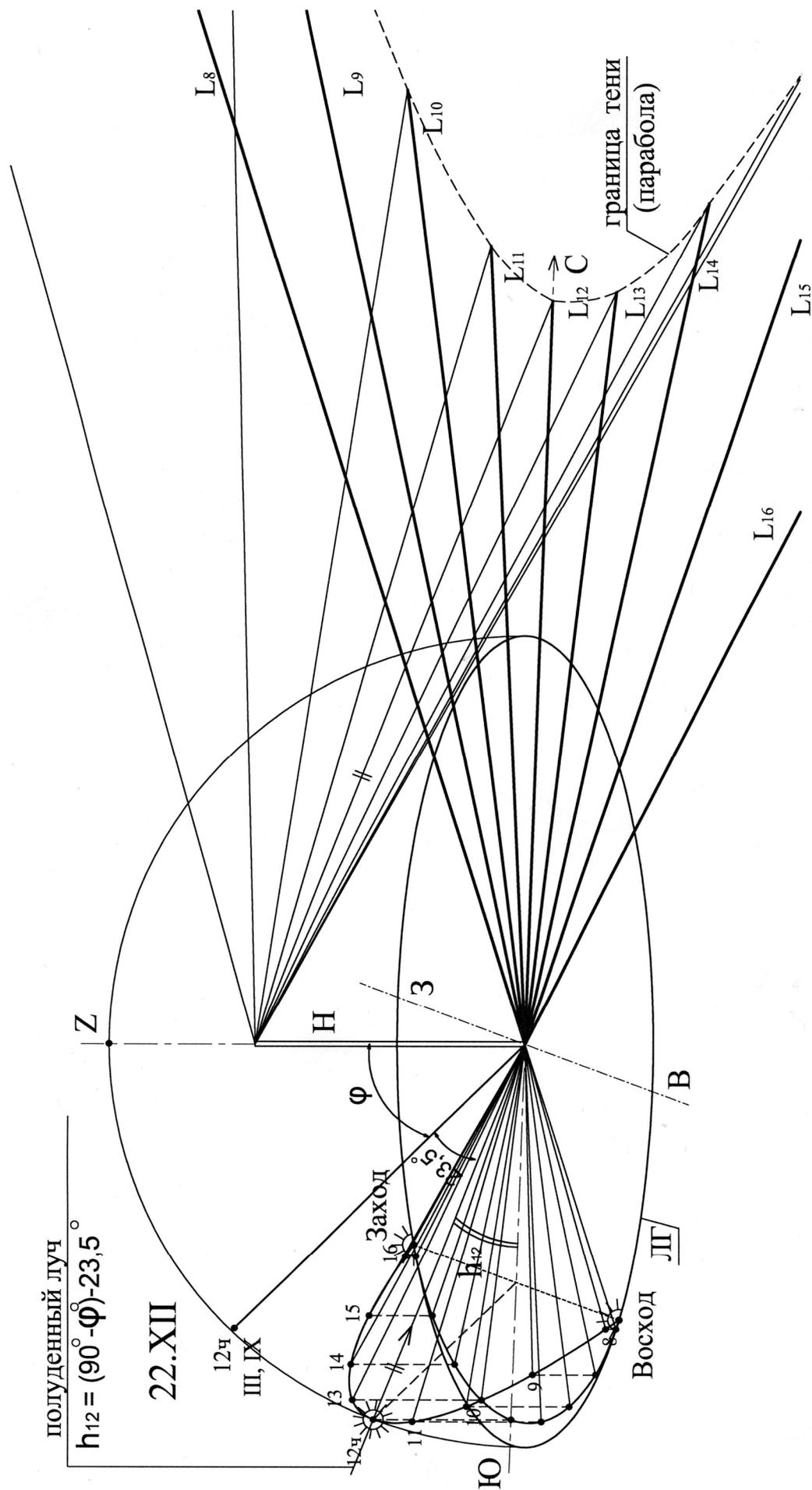


Рис. 8В. Стереон солнечных лучей в день зимнего солнцестояния на широте φ и образование ("конверт") теней на земле от вертикали Н.

ПРОЕКЦИЯ ВЕСЕННЕ-ОСЕННЕЙ ТРАЕКТОРИИ СОЛНЦА НА ПЛОСКОСТЬ ЗЕМЛИ

Весенне-осенняя траектория Солнца в дни равноденствия – полуокружность, расположенная под углом $h_{12} = 90^\circ - \varphi^\circ$ к плоскости земли, и центр этой полуокружности всегда совпадает с исследуемой точкой О. Как известно, проекцией полуокружности на плоскость земли будет полуэллипс.

Для построения горизонтальной проекции траектории Солнца на плоскость земли проводим две concentric окружности радиусами R – линия горизонта (основание условного небосвода) и r – проекция Солнца в 12 часов на плоскость земли (рис. 11).

Поскольку угловая скорость движения Солнца равна 15° в час (полный оборот Земли вокруг своей оси 360° за 24 часа: $360^\circ : 24 = 15^\circ$), разбиваем угол 180° (южную половину полусферы небосвода) на 12 частей по 15° каждая и, пользуясь известным способом построения эллипса при помощи двух окружностей, радиусы которых равны малой и большой полуосям эллипса, вычерчиваем проекцию траектории Солнца на плоскость земли с обозначением часов в дни весенне-осеннего равноденствия. Эту операцию идеально выполняет компьютер по трем точкам: восход Солнца в точке востока в 6 часов, заход в точке запада в 18 часов и полдень в 12 часов как проекция Солнца, непосредственно связанная с географической широтой местности.

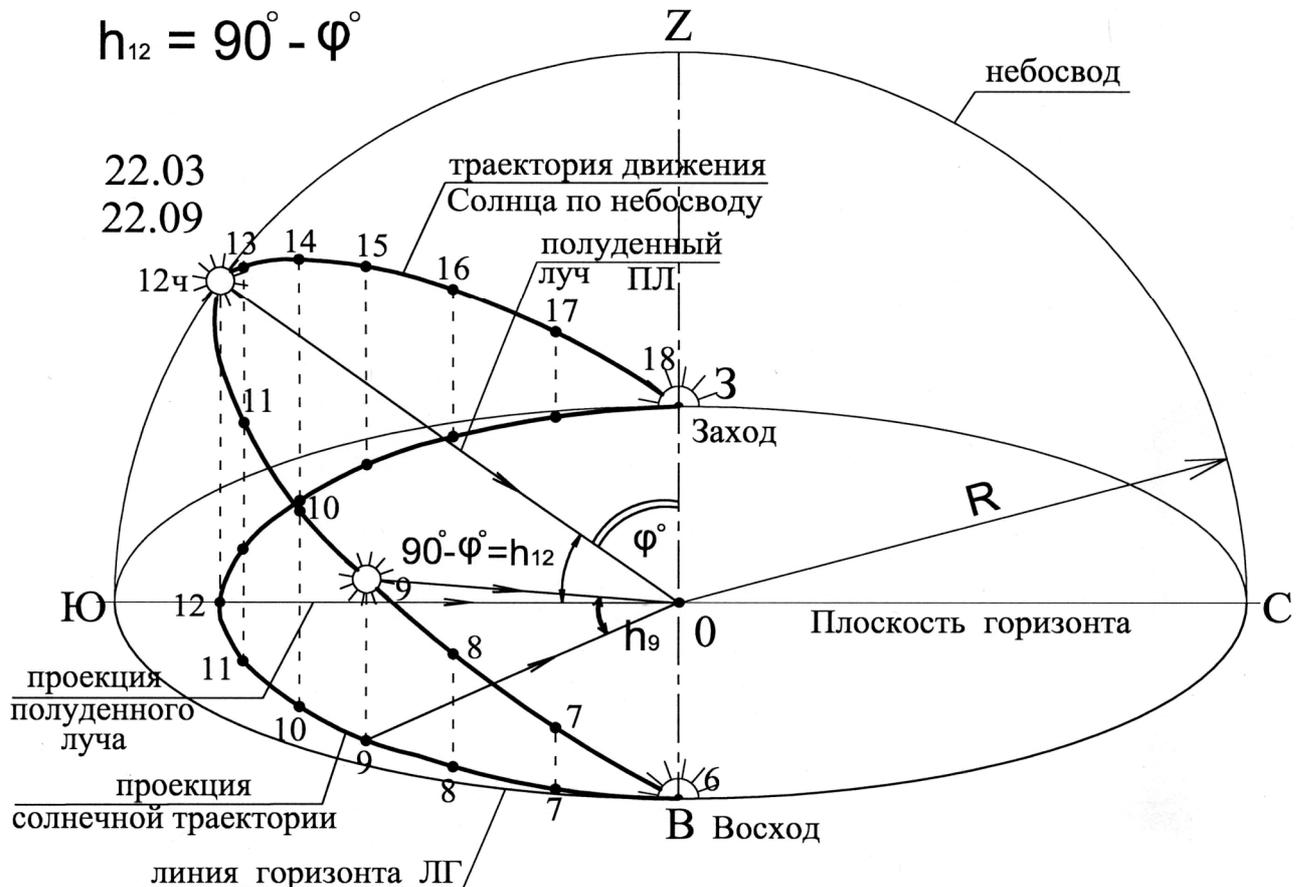


Рис. 10. “Базовая” траектория Солнца в дни весенне-осеннего равноденствия и ее проекция на плоскость земли.

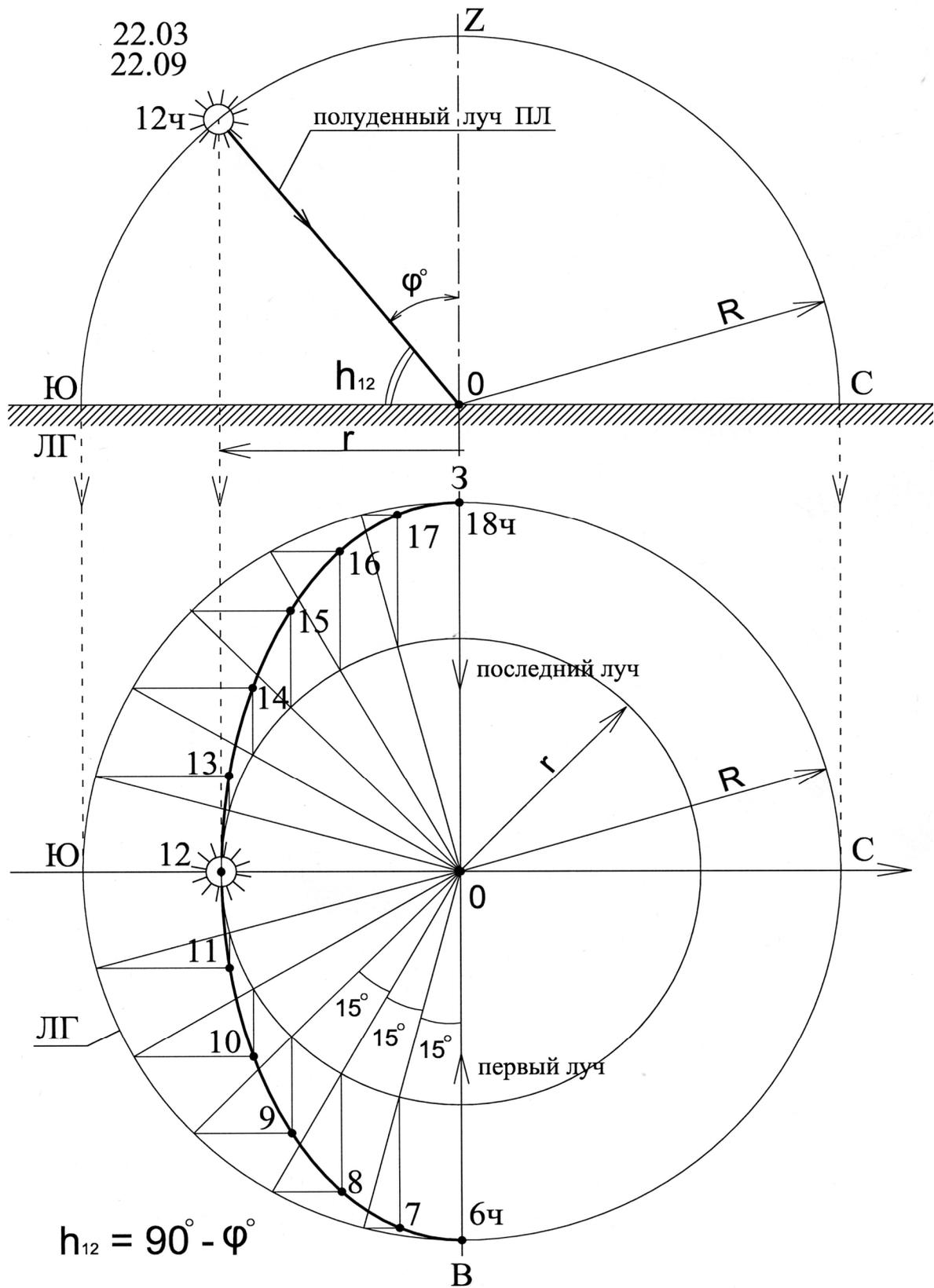


Рис. 11. Графический способ № 1 построения “базовой” проекции траектории солнца с разреза небосвода на плоскость земли в дни весенне-осеннего равноденствия.

Заметим, что радиус окружности, изображающей плоскость земли (линию горизонта) и радиус окружности, изображающей в сечении полусферу небосвода, равны между собой. Поэтому план и разрез удобно совместить и все построение проводить в пределах одного круга (см. рис. 12).

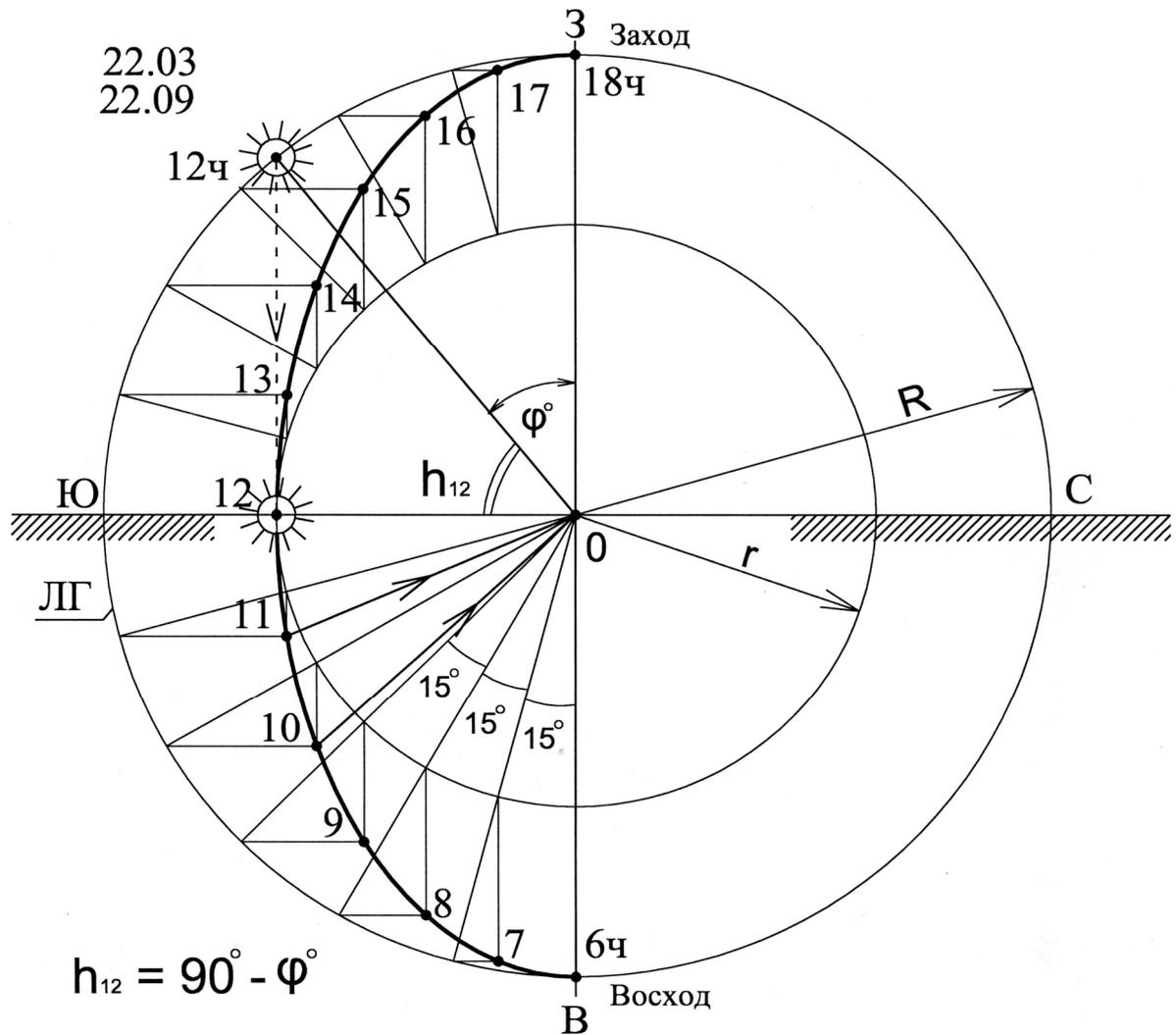
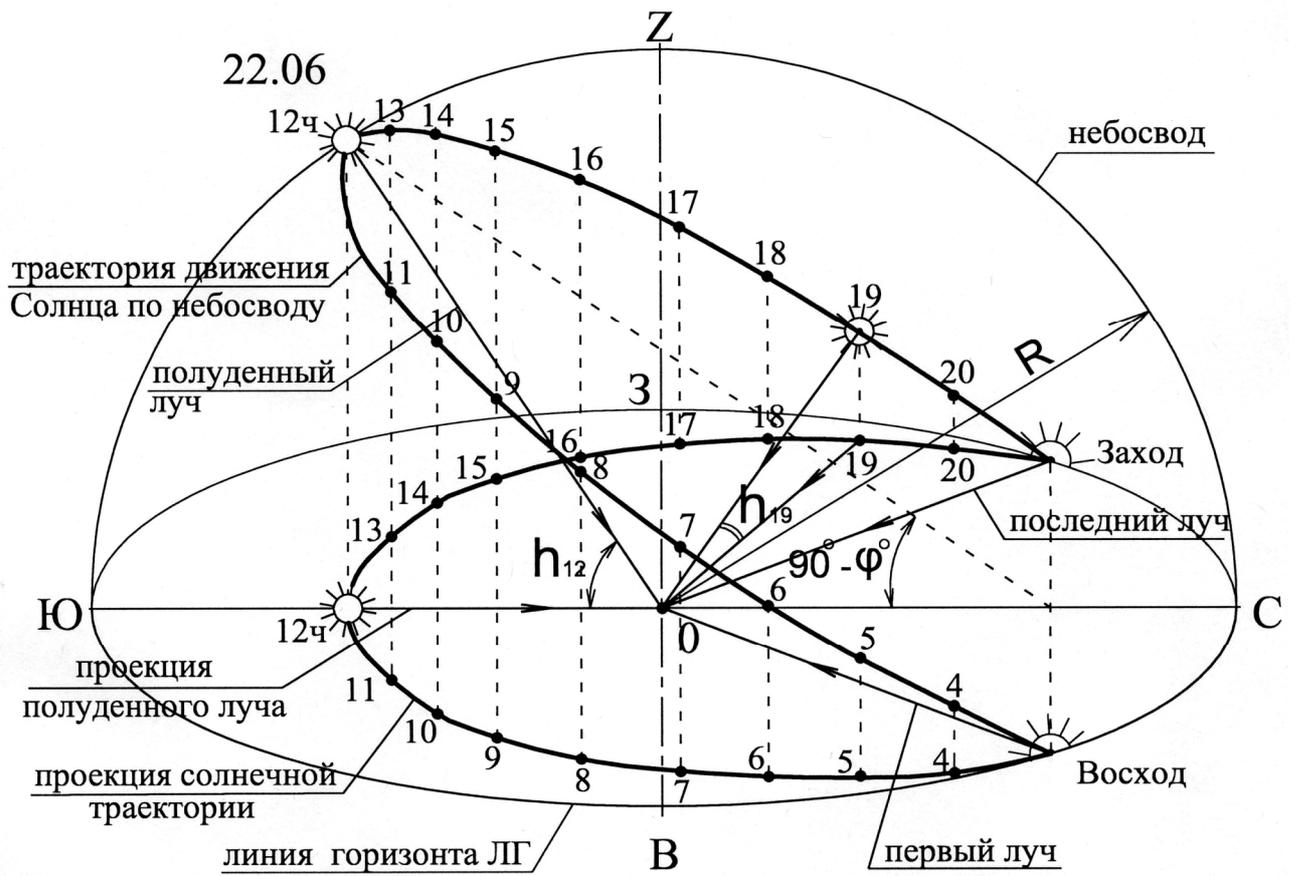
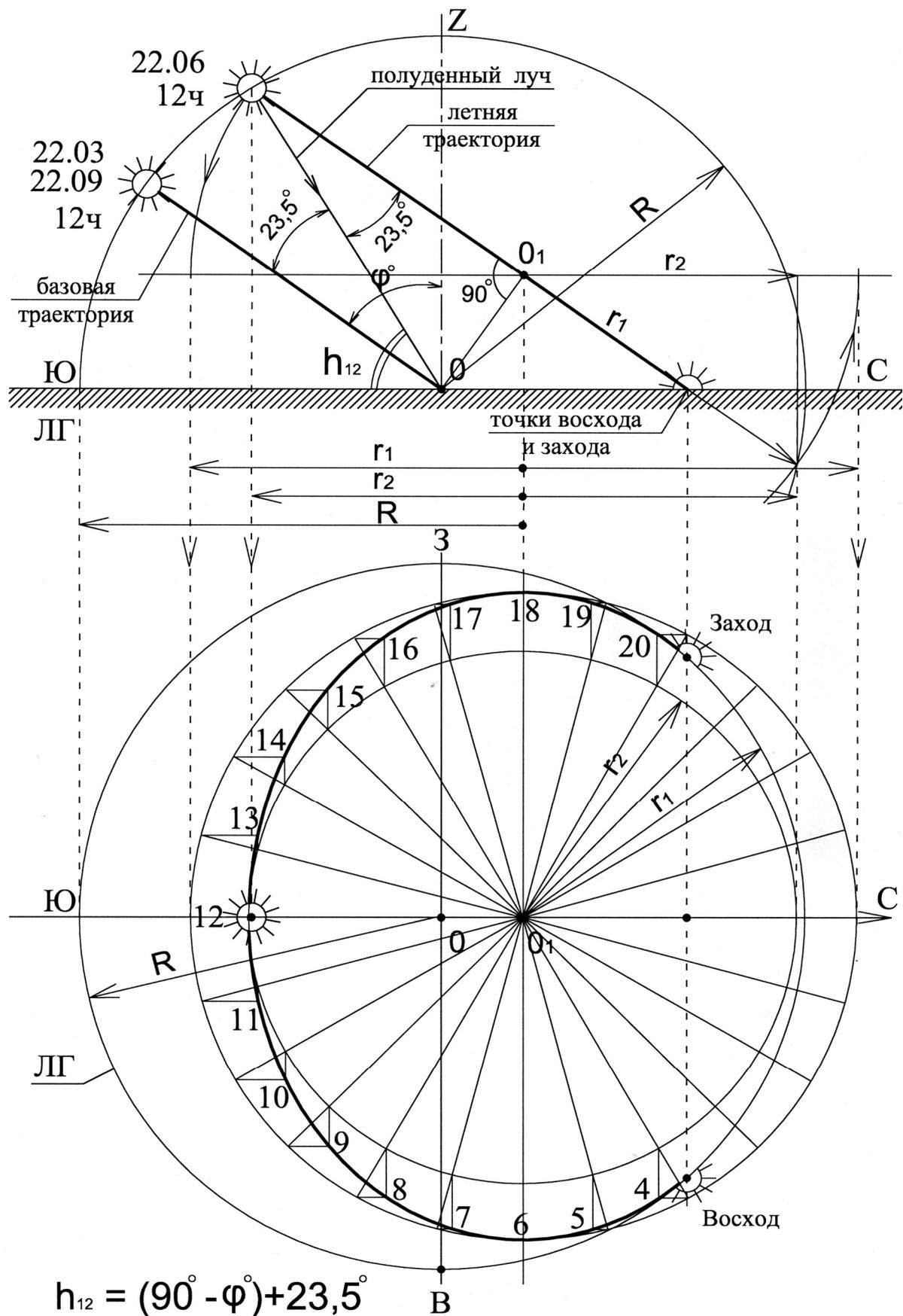


Рис. 12. Графический способ №1 построения проекции “базовой” траектории солнца на плоскость земли в дни весеннее-осеннего равноденствия (план и разрез небосвода совмещены).



$$h_{12} = (90^\circ - \varphi^\circ) + 23,5^\circ$$

Рис. 13. Траектория Солнца в день летнего солнцестояния и ее проекция на плоскость земли.



$$h_{12} = (90^\circ - \varphi) + 23,5^\circ$$

Рис. 14. Графический способ построения проекции траектории Солнца с разреза небосвода на плоскость земли для дня летнего солнцестояния.

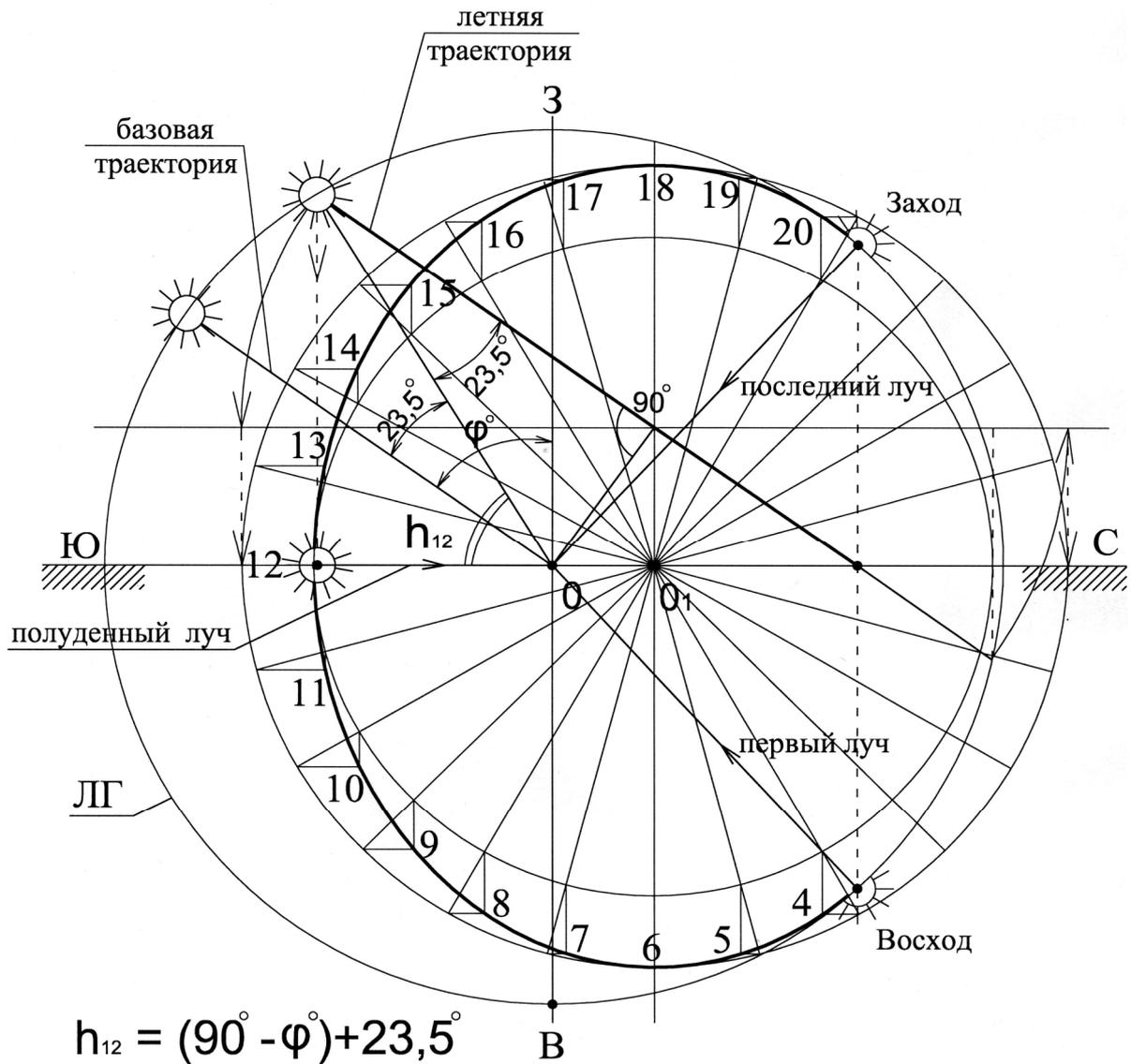


Рис. 15. Графический способ построения проекции траектории Солнца на плоскость земли для дня летнего солнцестояния (план и разрез небосвода совмещены).

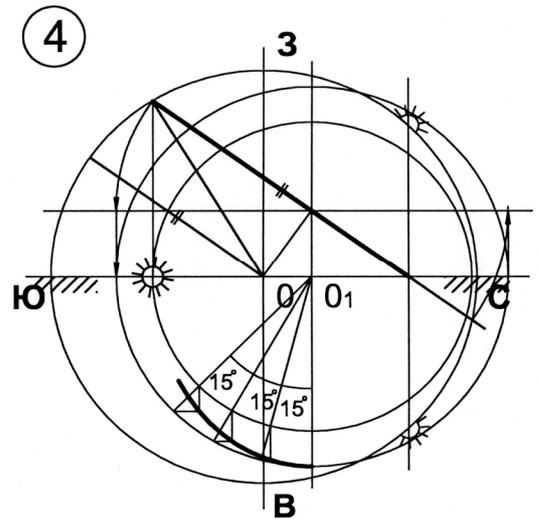
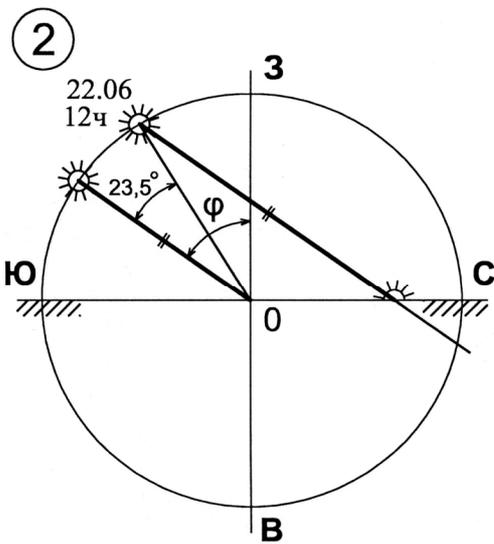
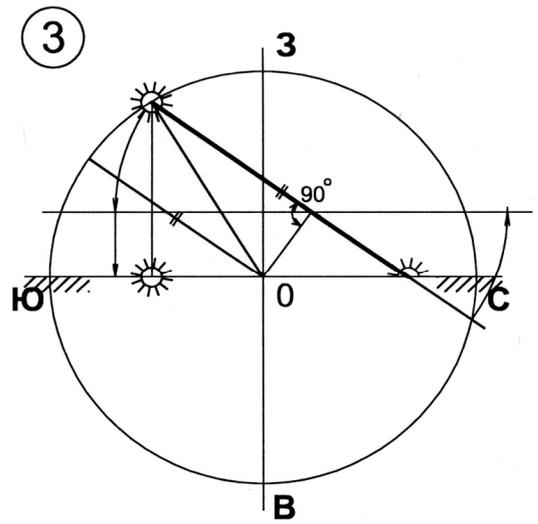
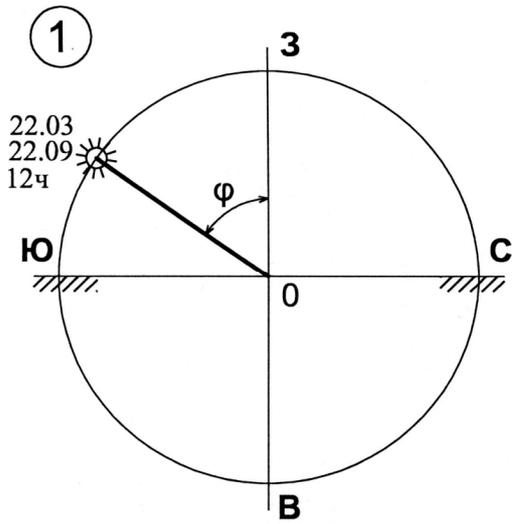


Рис. 16. Последовательность построения проекции траектории Солнца на плоскость земли для дня летнего солнцестояния (план и разрез небосвода совмещены).

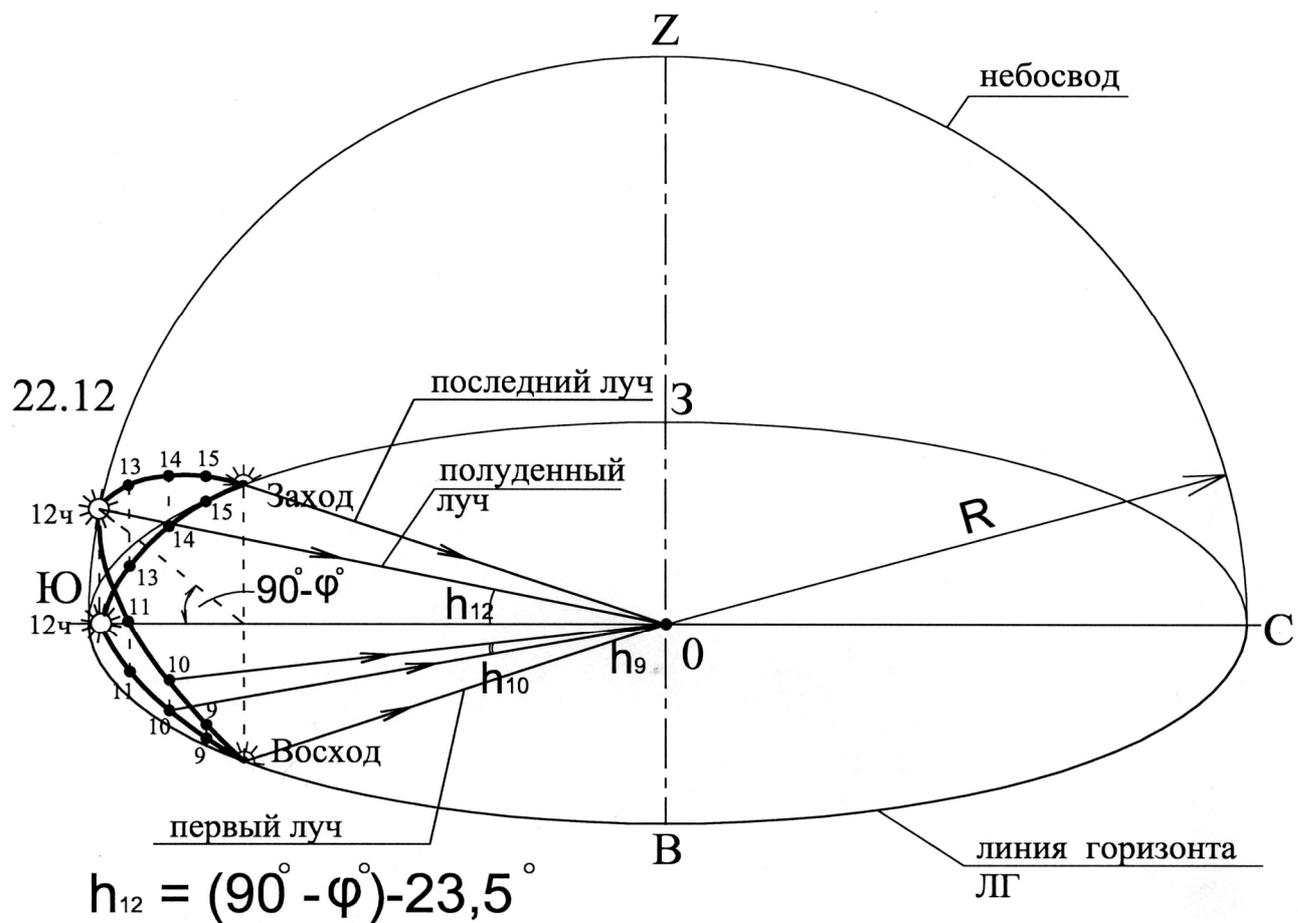


Рис. 17. Траектория Солнца в день зимнего солнцестояния и ее проекция на плоскость земли.

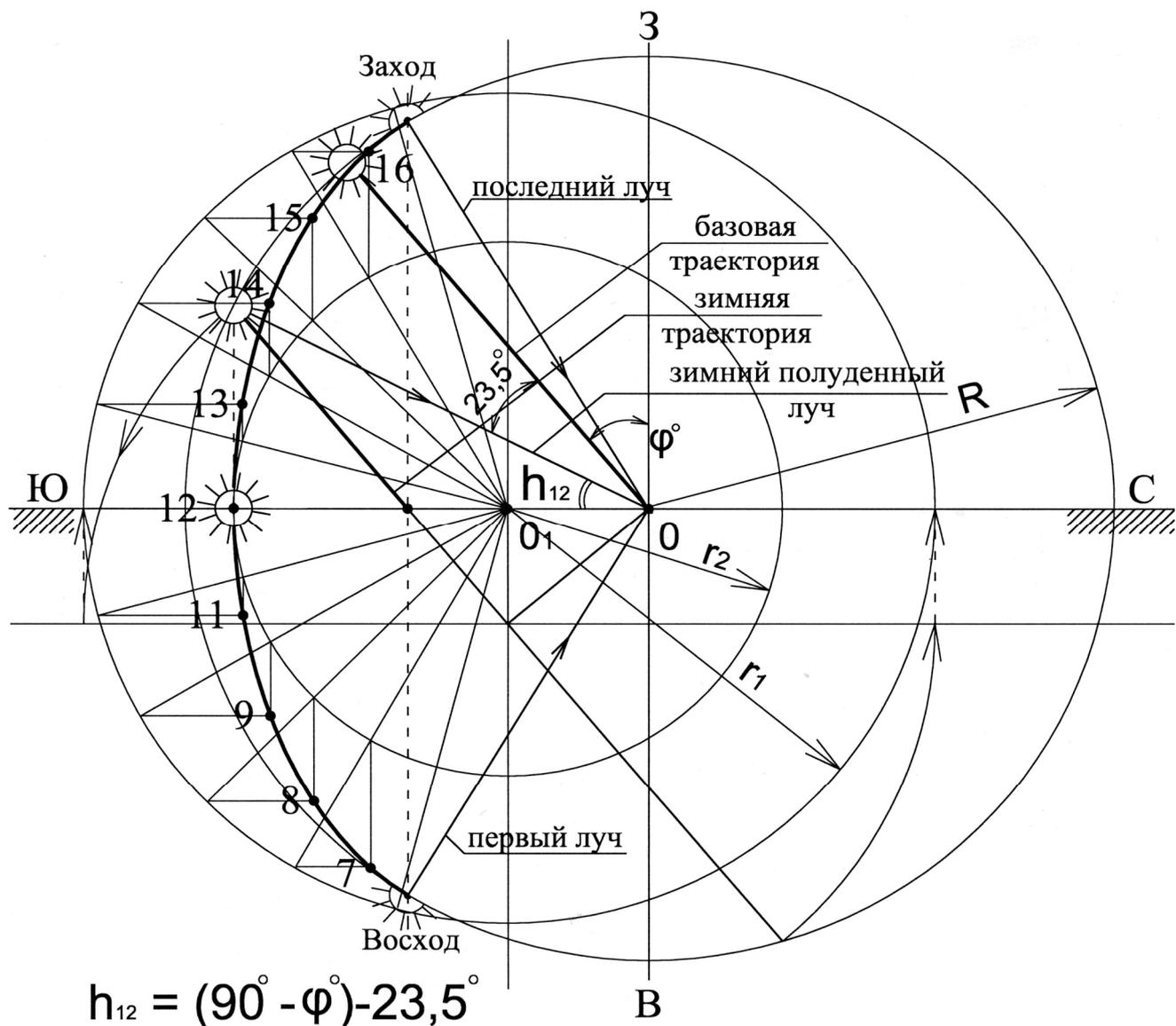


Рис. 18. Графический способ построения траектории Солнца на плоскость земли для дня зимнего солнцестояния (план и разрез небосвода совмещены).

РАЗДЕЛ I. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НА ОСНОВЕ СТЕРЕОНА СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ

Задача №1. Изобразить на плане и разрезе небосвода (рис. 19) траектории движения Солнца и направление солнечных лучей в пространстве (стереон солнечных лучей) на экваторе (А) и полюсе (Б) в характерные дни года.

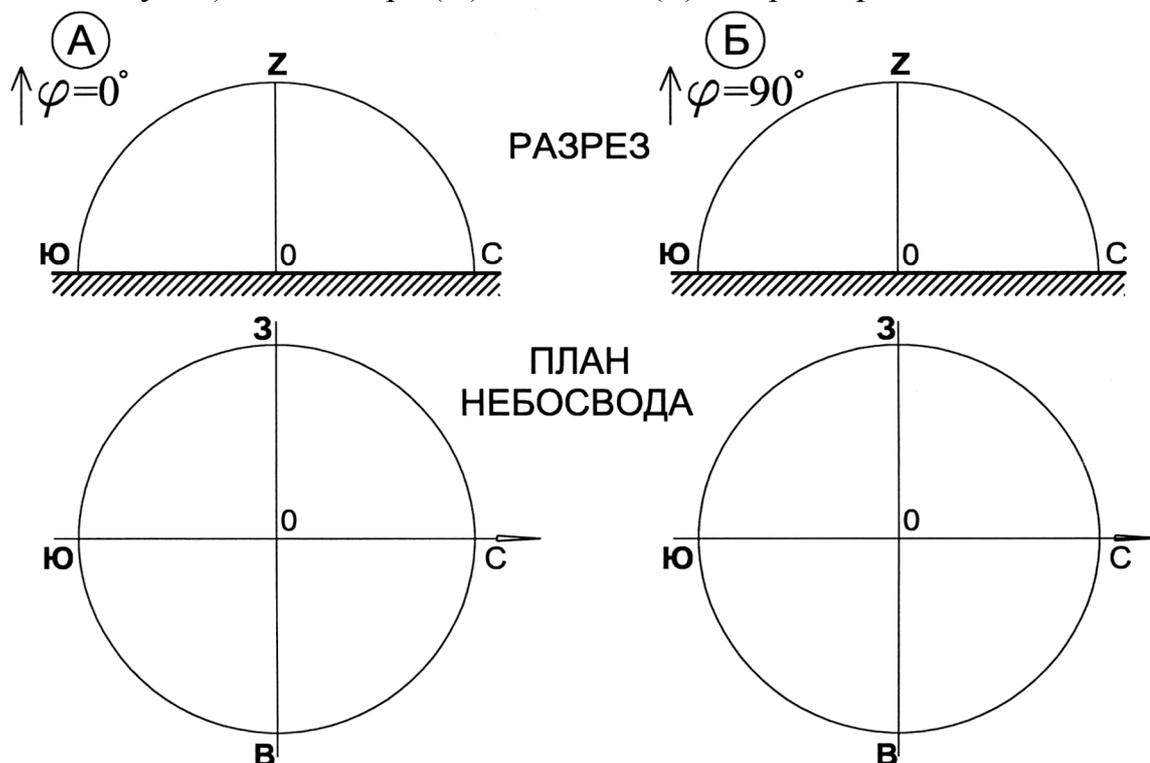


Рис. 19 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: на экваторе ($\varphi = 0^\circ$) полуденное Солнце в дни равноденствия проходит точку зенита небосвода (т.е. только два дня в году), а солнечная (“базовая”) траектория пересекает небосвод на две равные половины – северную и южную. Полуденный луч падает отвесно, поэтому любая вертикаль в этот миг не отбрасывает никакой тени. 22 июня полуденное Солнце отклоняется на разрезе небосвода (по меридиану север-юг) в сторону севера на $23,5^\circ$, а 22 декабря – зеркально в сторону юга. Соответственно, углы стояния Солнца в полдень над горизонтом составляют в обоих случаях $90^\circ - 23,5^\circ = 66,5^\circ$.

Проведя на разрезе неба из точек полуденного Солнца вертикальные линии, параллельные плоскости (следу) “базовой” весенне-осенней траектории, получим при их пересечении с линией горизонта точки восхода (на СВ в июне и на СЗ в декабре) и захода (на ЮВ и ЮЗ соответственно) Солнца в эти дни. Соединив их на плане с центром небосвода (т. О), получим горизонтальные проекции первых и последних лучей. Все лучи Солнца в каждый из этих дней образуют в течение дня полуконус с вершиной в центре полусферы небосвода и с основанием в виде траекториальной полуокружности, ось конуса (его высота) совпадает с горизонталью С – Ю (рис. 20). В другие дни года высота этого конуса

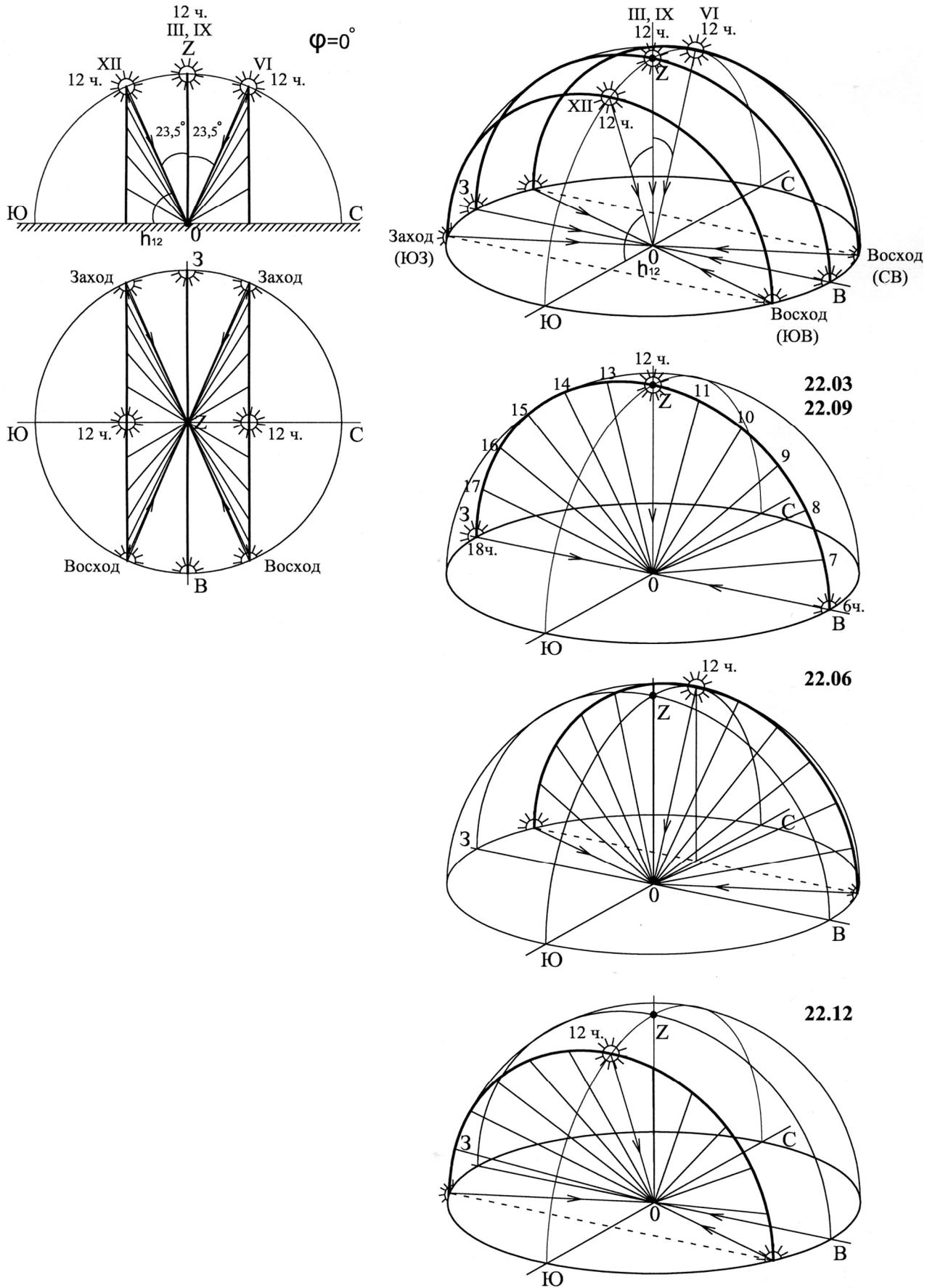


Рис. 20. Стереон солнечных лучей и траектории движения Солнца в характерные дни года на экваторе $\varphi = 0^\circ$.

уменьшается, пока он не превратится в вертикальную плоскость (полудиск) в дни равноденствия.

Графическое решение варианта Б (рис. 19) осуществить самостоятельно. При этом обратить внимание на то, что:

- на полюсе полгода длится полярный день (22.03 – 22.09 на северном полюсе) и полгода (22.09 – 22.03) – полярная ночь; на южном полюсе – наоборот;

- в дни равноденствия на обоих полюсах, как и в любой точке земного шара, день равен ночи, точнее полярный день за сутки переходит в полярную ночь и через полгода – наоборот, при этом Солнце как бы спирально “катится” по линии горизонта, пока диск его полностью не скроется за горизонтом (не поднимется над ним);

- полуденный (как и полуночный) луч Солнца 22.06 на северном полюсе поднимается на высоту $23,5^\circ$ над горизонтом;

- лучи солнца в этот самый светлый день образуют идеальный опрокинутый конус (воронку) с вершиной в центре полусферы небосвода и с основанием в виде траекториальной окружности, параллельной линии горизонта. Высота (вертикальная ось) конуса в этот день максимальна, она уменьшается с 22.06 до 22.09, пока конус не превратится в горизонтальную плоскость (диск).

ЗАДАЧА №2. Изобразить на плане и разрезе небосвода (рис. 21) траектории движения Солнца и направление солнечных лучей в пространстве (стереон солнечных лучей) на северном тропике (А) и северном полярном круге (Б) в характерные дни года.

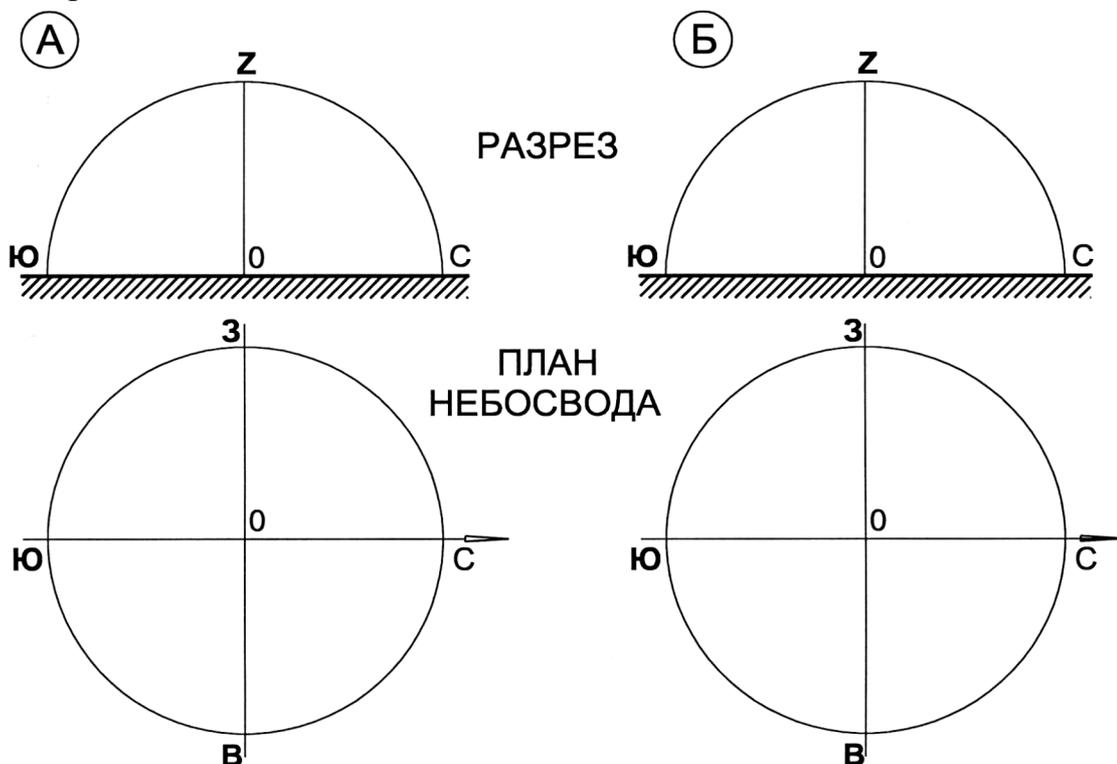


Рис. 21 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: северный тропик – это широта, на которой Солнце раз в году поднимается на максимальную высоту над горизонтом и проходит в полдень через точку зенита, т.е. наивысшую точку небосвода в самый длинный день 22.06 (на южном тропике 22.12). При этом положении Солнца луч его падает вертикально (высота стояния над горизонтом 90°), но траектория наклонена (рис. 22). Этот угол наклона определяется “базовой” траекторией в дни равноденствия 22.03 и 22.09. Положение полуденного Солнца в эти дни определяется углом $23,5^\circ$, откладываемым в сторону юга на разрезе небосвода от полуденного Солнца в день летнего солнцестояния 22.06. Это и есть географическая широта северного тропика на земном шаре.

Отмерив такой же угол на разрезе небосвода вниз от траектории равноденствия, получаем положение полуденного Солнца в день зимнего солнцестояния 22.12. Проведя наклонные линии, параллельные весенне-осенней траектории, из точек полуденного Солнца 22.06 и 22.12, получаем проекции траекторий и точки восхода и захода Солнца в эти дни. Соединив их на плане с центром небосвода (т. О), получим горизонтальные проекции первых и последних солнечных лучей. Все лучи Солнца в каждый из этих дней образуют в течение дня усеченную коническую поверхность с вершиной в центре полусферы небосвода и с основанием в виде части солнечной траектории. Мнимая ось конуса (его высота) наклонена к плоскости горизонта под углом $23,5^\circ$. В другие дни года высота конуса уменьшается до нуля, пока он не превращается в дни равноденствия в плоскость (полудиск), наклоненную на $66,5^\circ$ над горизонтом.

Зона на земном шаре севернее и южнее экватора на $23,5^\circ$ называется тропическим поясом. В его пределах Солнце проходит точку зенита дважды в году – на каждой широте в свои дни.

Графическое решение варианта Б (рис. 21) осуществить самостоятельно.

При этом обратить внимание на то, что:

- северный полярный круг – это широта, на которой раз в году Солнце не заходит за горизонт даже в полночь (самый длинный день – полярный – день летнего солнцестояния 22.06) и раз в году не показывается из-за горизонта даже в полдень (самая длинная ночь – полярная – в день зимнего солнцестояния 22.12).

- в полярный день лучи Солнца образуют полный конус с вершиной в центре полусферы небосвода и с основанием в виде траекториальной окружности, наклоненной к плоскости горизонта под углом $23,5^\circ$ и касающейся круга горизонта в точке севера. Конус лежит на одной из своих образующих по горизонтали С – Ю. Мнимая ось конуса (его высота) в этот день максимальна и наклонена к горизонту на $66,5^\circ$. В другие дни года конус солнечных лучей уплощается до плоского диска в дни равноденствия и сводится к нулю в полярную ночь.

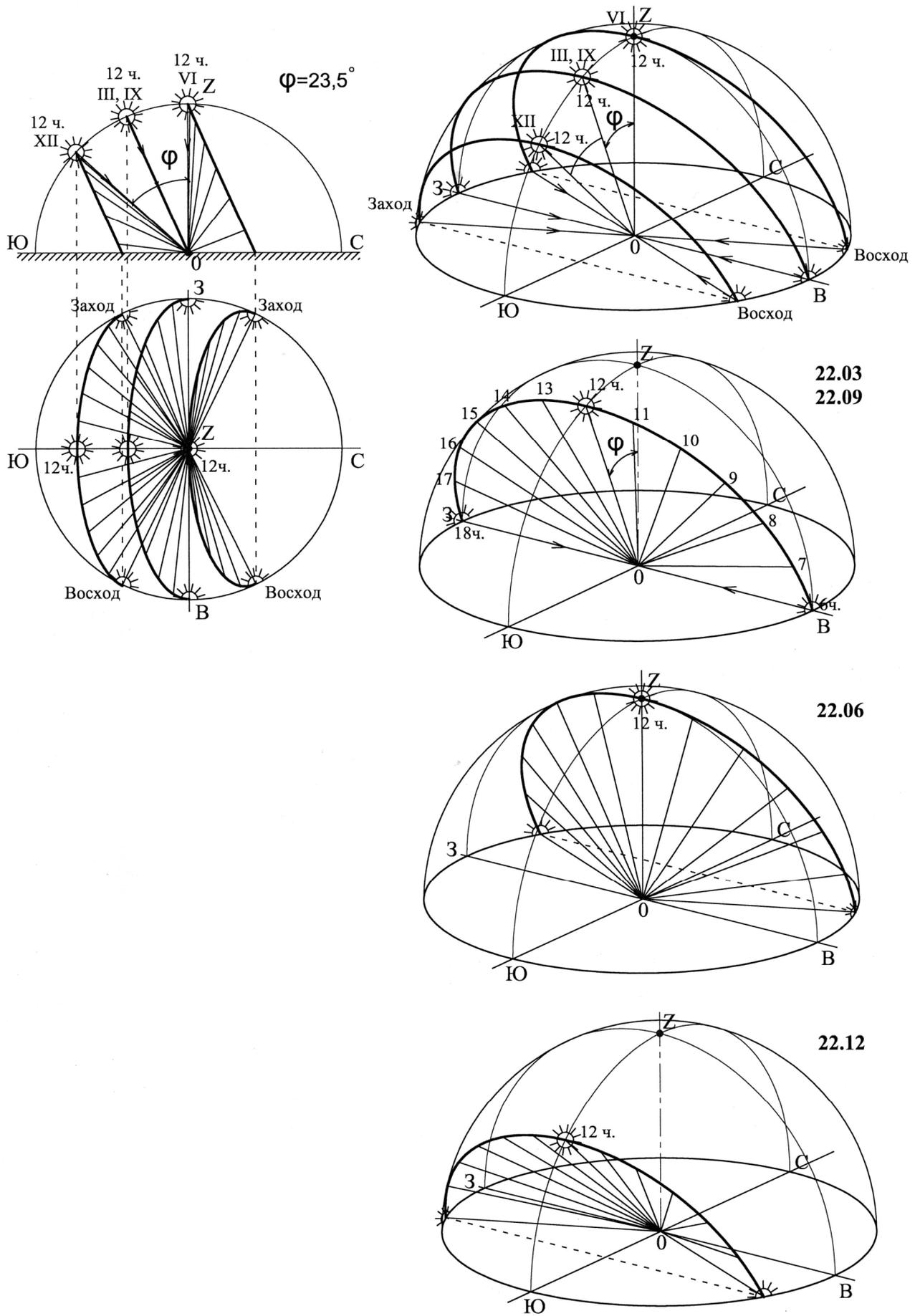


Рис. 22. Стереон солнечных лучей на широте северного тропика $\varphi = 23,5^\circ$.

ЗАДАЧА №3. Изобразить на плане и разрезе небосвода траектории движения Солнца и направление солнечных лучей в пространстве (стереон солнечных лучей) на широте $\varphi = 15^\circ$ с.ш.(А) и 70° с.ш. (Б) в характерные дни года.

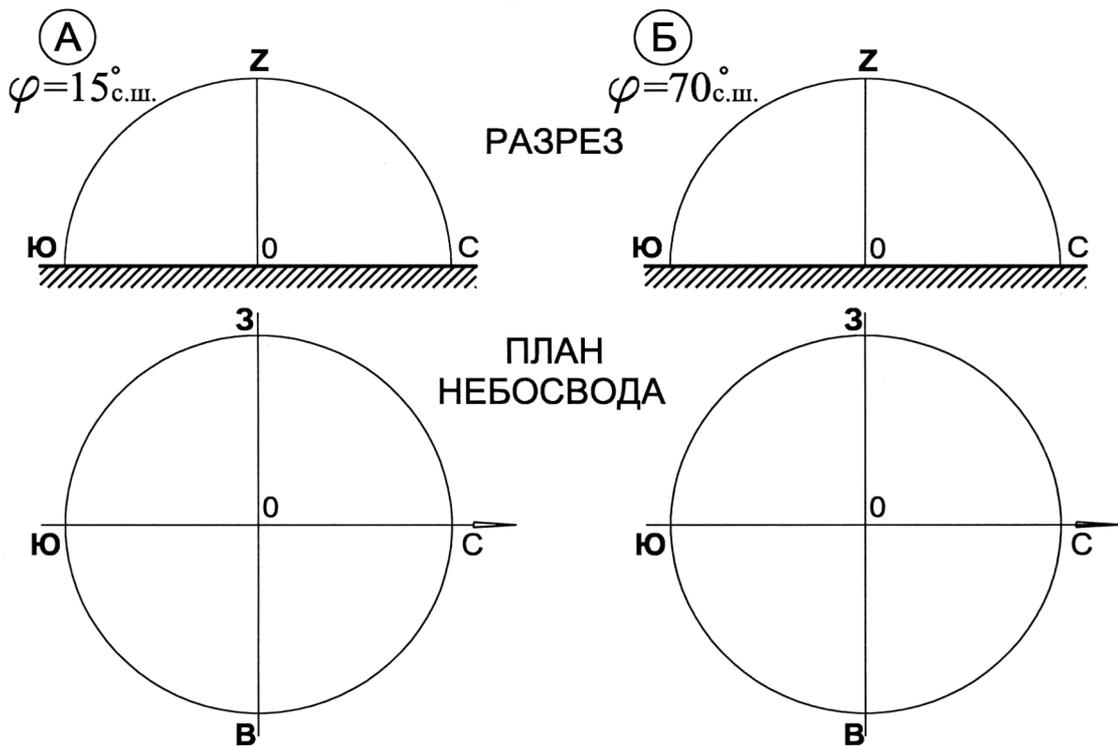


Рис. 23 А, Б.

ЗАДАЧА №4. Изобразить на плане и разрезе небосвода траектории движения Солнца и направление солнечных лучей в пространстве (стереон солнечных лучей) на широте 10° ю.ш. (А) и 65° ю.ш. (Б) в характерные дни года.

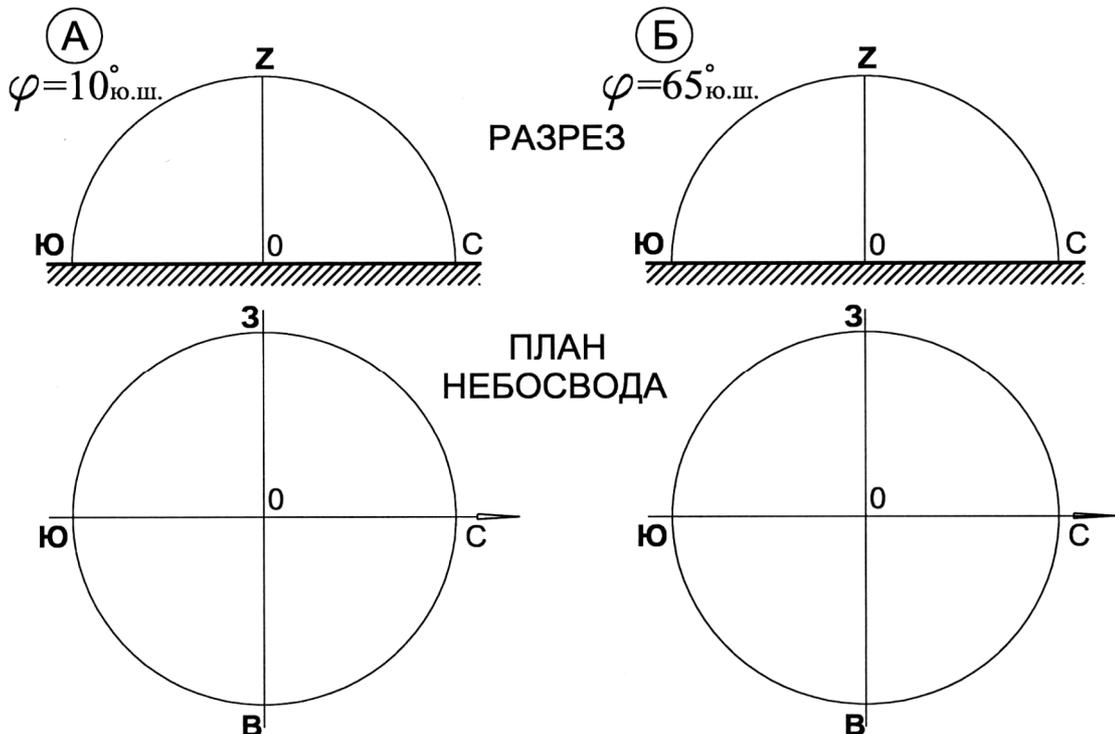


Рис. 24 А, Б.

РАЗДЕЛ II. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ ПРОЕКЦИЙ СОЛНЕЧНЫХ ТРАЕКТОРИЙ НА ПЛОСКОСТЬ ЗЕМЛИ И СТЕРЕОНА СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ

ЗАДАЧА №5. Определить направление тени от вертикали Н в день летнего солнцестояния в 14 часов (рис. 25).

РЕШЕНИЕ: Направление тени находится как продолжение линии, соединяющей горизонтальную проекцию положения Солнца на его траектории в 14 часов с центром окружности (плана условного небосвода). Положение исследуемого объекта Н всегда является центром полусферы небосвода, опирающегося на плоскость земли по линии горизонта ЛГ. Линия 14ч. – Н является горизонтальной проекцией солнечного луча в этот миг.

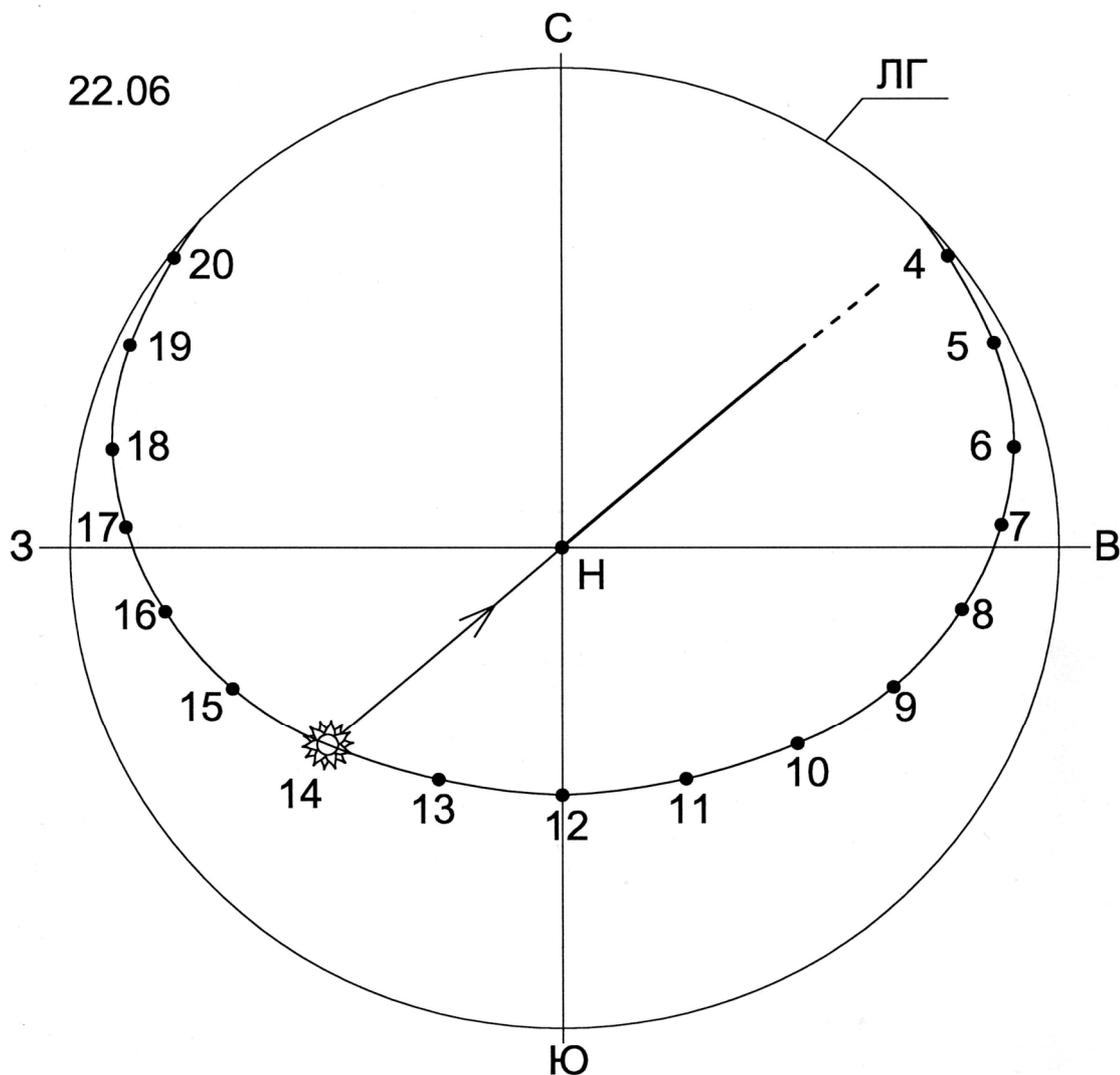


Рис. 25. Определение направления тени от вертикали Н в 14 часов.

ЗАДАЧА №6. Определить высоту стояния Солнца (угол наклона солнечных лучей к плоскости земли h_{14}) и длину тени от шеста H в день летнего солнцестояния в 14 часов (рис. 26).

РЕШЕНИЕ: Линия “Проекция Солнца в 14 часов – центр окружности H ”, проведенная при решении задачи № 5 в плане, является, как было сказано, направлением тени. Эта же линия может изображать разрез земной поверхности, а окружность, изображающая в плане линию горизонта, в этом случае станет совмещенным с ней разрезом небосвода.

Поскольку точка 14 часов является горизонтальной проекцией Солнца, то положение Солнца на разрезе небосвода определится пересечением перпендикуляра, восстановленного из точки 14 часов на горизонтальной проекции (плане) солнечной траектории, с полуокружностью небосвода. Линия, проведенная из точки расположения Солнца на разрезе небосвода в центр окружности, изобразит луч Солнца, по которому осуществляются все дальнейшие построения в этот час, а угол между ним и плоскостью земли – искомая высота стояния Солнца h_{14} . Зная заданную высоту шеста H , легко определить, на основе параллельности солнечных лучей, и длину падающей от него на землю тени (шест H , тень L_{14}).

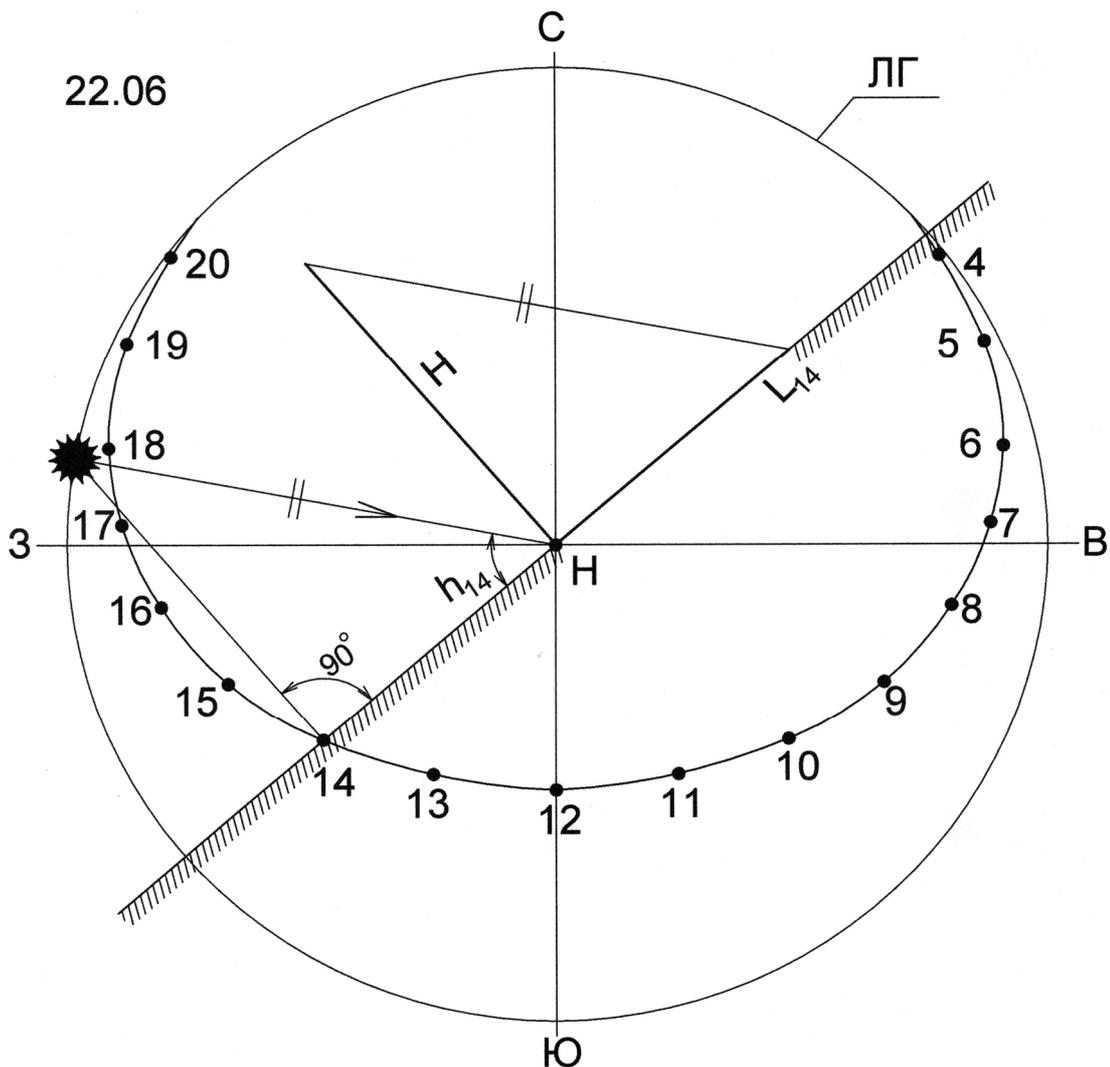


Рис. 26. Определение направления и длины тени от вертикали H в 14 часов.

Имея горизонтальную проекцию Солнца на плане условного небосвода в виде окружности выбранного диаметра, ориентированной по сторонам горизонта, несложно и без траектории аналогичным графическим построением определить азимут и высоту его стояния в данный момент, а также, зная высоту заданной вертикали H , построить тень от нее на земле, или, имея тень, определить высоту этой вертикали (шеста) H .

ЗАДАЧА №7. По известным горизонтальным проекциям Солнца C_1 и C_2 построить тени от шеста H (вариант А или Б).

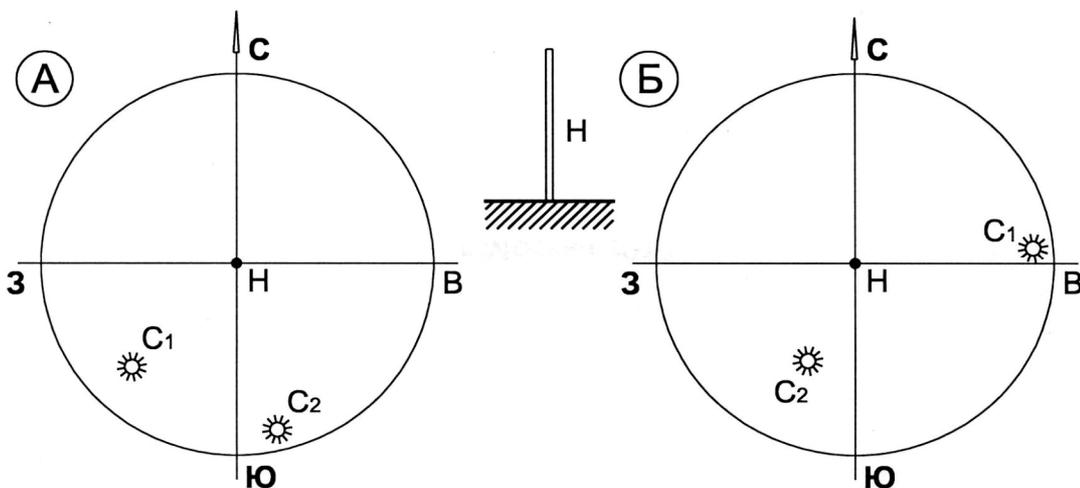


Рис. 27 А, Б.

ЗАДАЧА №8. По известным проекциям Солнца C_1 и C_2 и известным теням L_1 и L_2 определить высоты шестов H_1 и H_2 (вариант А или Б).

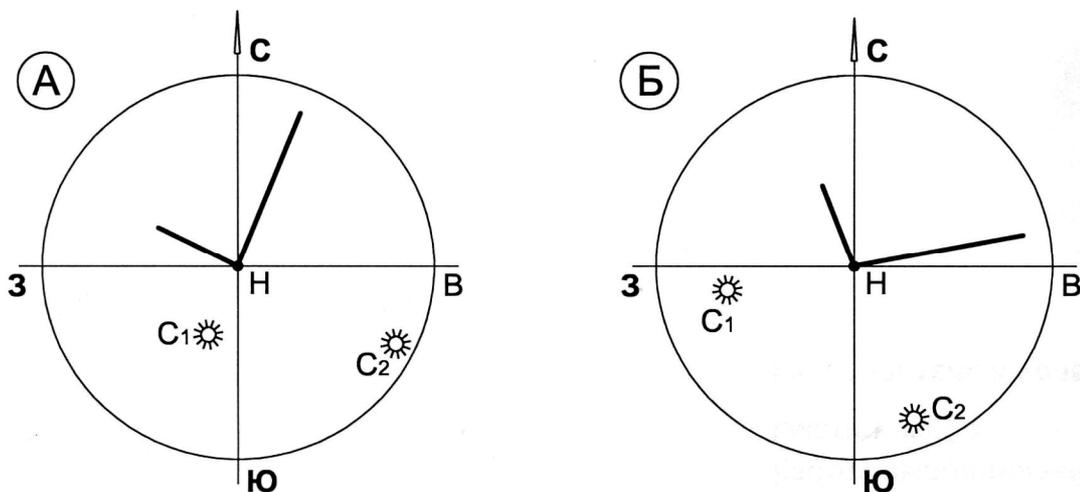


Рис. 28 А, Б.

Далее следует серия задач, графически решаемых на плане небосвода, часто совмещаемом с его разрезом, на основе вышеизложенных закономерностей стереометрии солнечных лучей. В каждой задаче, как правило, присутствует четыре параметра: географическая широта φ , проекция Солнца в характерные дни года (22.03 и 22.09 или 22.06, 22.12), высота вертикали (шеста) H и длина тени от нее L в определенный момент дня. Два из четырех факторов обычно заданы, два других требуется определить. В некоторых задачах поставлены и дополнительные вопросы.

Часть задач сформулирована для относительно простых по геометрии лучей случаев в дни весенне-осеннего равноденствия, т.е. для “базовой” траектории Солнца, когда все его лучи лежат в одной плоскости, наклоненной к плоскости горизонта, как уже показывалось, под углом $90^\circ - \varphi^\circ$. Другая часть задач посвящена тенеобразованию в дни летнего и зимнего солнцестояний. Но решаются эти задачи, как правило, с определением и использованием геометрии лучей “базовой” траектории в дни равноденствия.

ЗАДАЧА №9. Определить высоту шеста H и найти горизонтальную проекцию Солнца в дни равноденствия по известной тени от шеста для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$) для варианта А или Б.

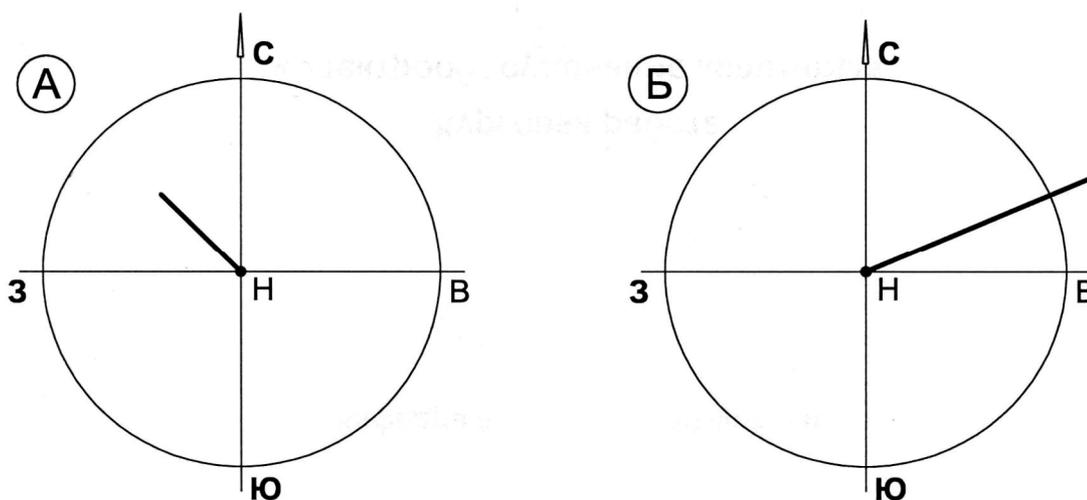


Рис. 29 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: определяем положение полуденного Солнца для $\varphi = 30^\circ$ с.ш. на разрезе небосвода по меридиану С-Ю, совмещенным с планом. Находим горизонтальную проекцию полуденного Солнца C_{12} , а также длину полуденной тени L_{12} (все тени от вертикали H заканчиваются на одной прямой З-В). На разрезе небосвода от конца полуденной тени проводим луч, параллельный полуденному. Он пересекает вертикаль, восстановленную из точки H на плане, показывая искомую высоту шеста.

Вариант Б решить самостоятельно для любой другой широты по заданию преподавателя.

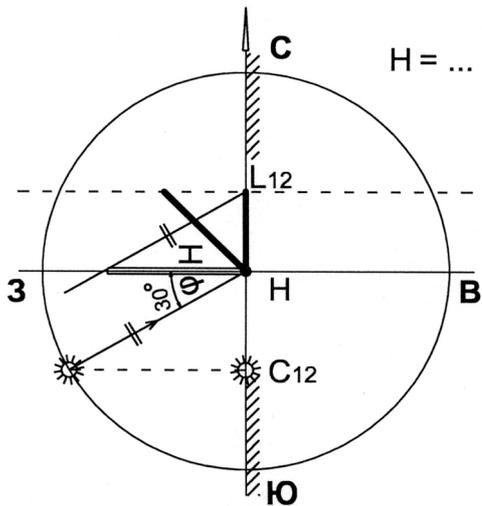


Рис. 30. Графическое определение высоты шеста Н.

ЗАДАЧА №10. Построить тени от шеста Н в дни равноденствия и горизонтальную проекцию траектории Солнца для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$) для варианта А, Б или В.

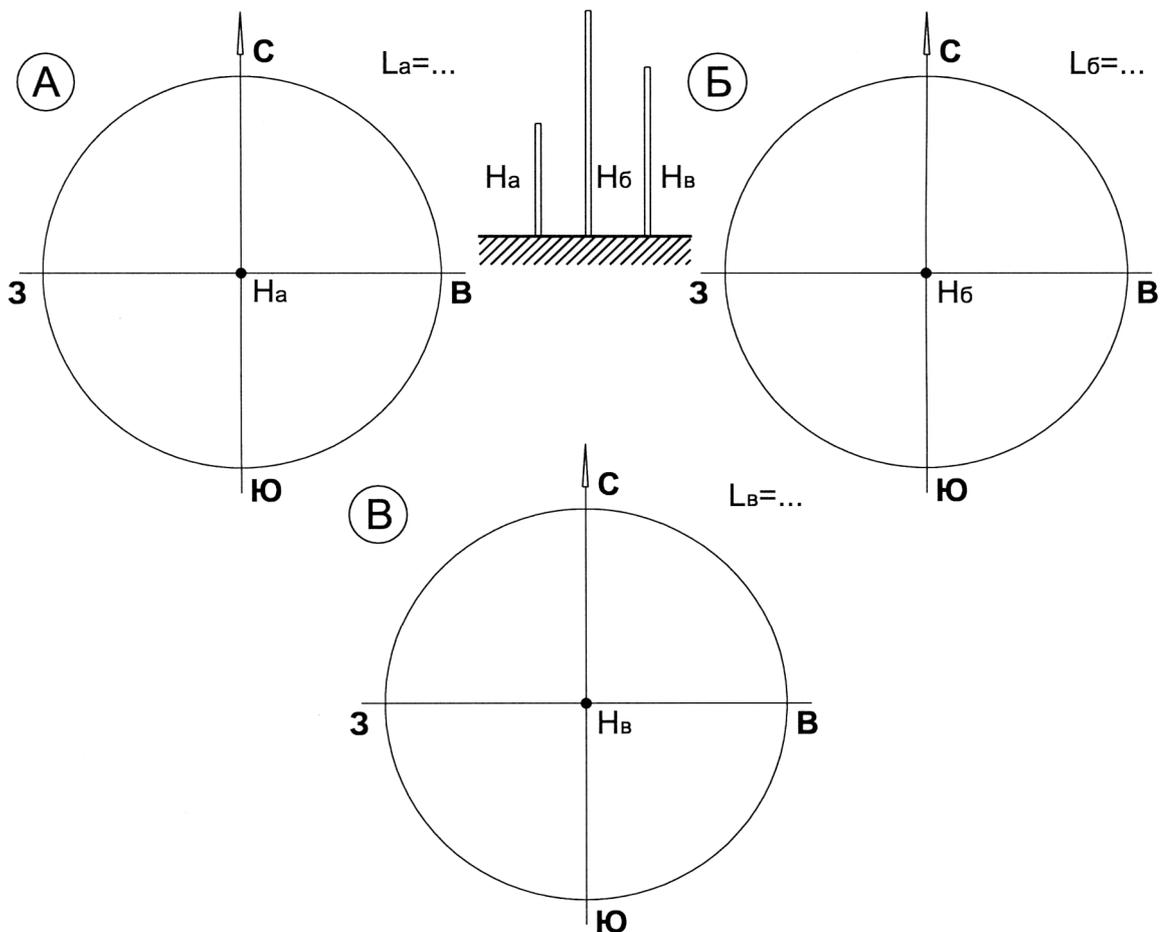


Рис. 31 А, Б, В.

ЗАДАЧА №11. Определить проекции Солнца в полдень и в момент восхода и захода 22.03 и 22.09, 22.06 и 22.12 и построить полуденные тени в эти дни для шеста H для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$) для варианта А или Б.

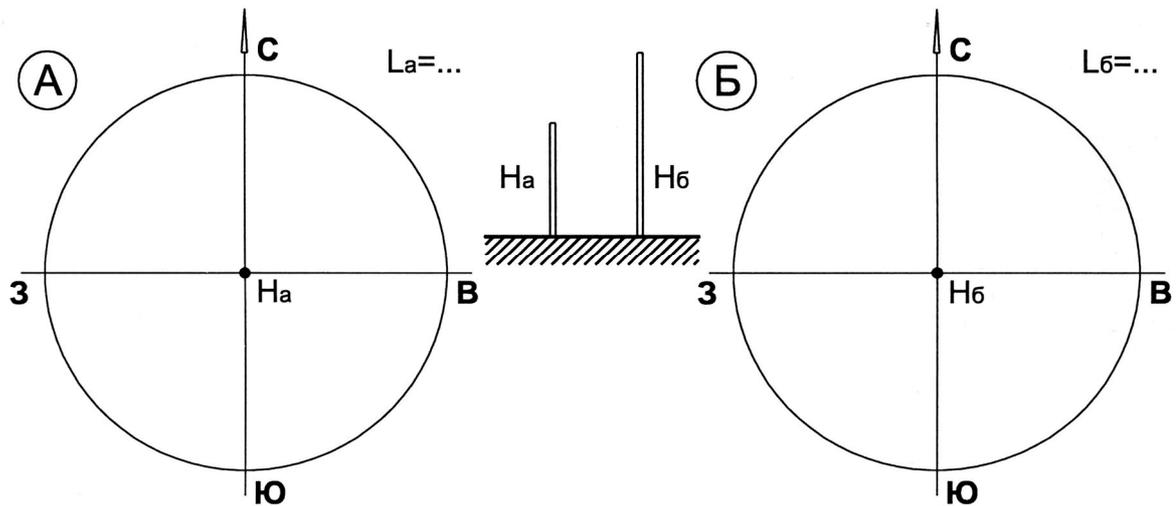


Рис. 32 А, Б.

ЗАДАЧА №12. По известным теням L_1 и L_2 определить высоты шестов H_1 и H_2 в дни равноденствия для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$) для варианта А или Б.

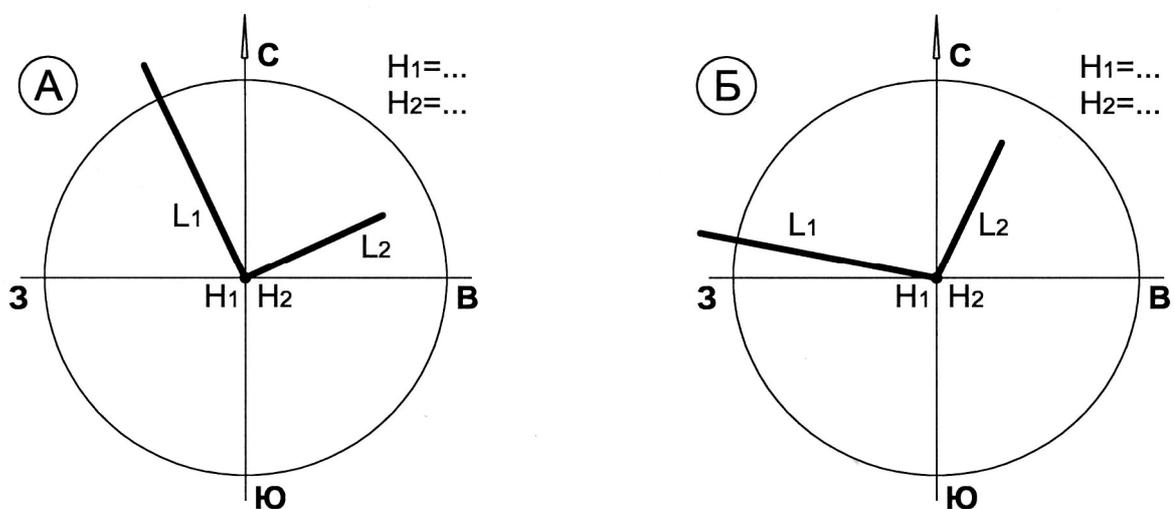


Рис. 33 А, Б.

ЗАДАЧА №13. Определить высоту шеста H , если тень от него в дни равноденствия достигает точки M для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$) для варианта А или Б.

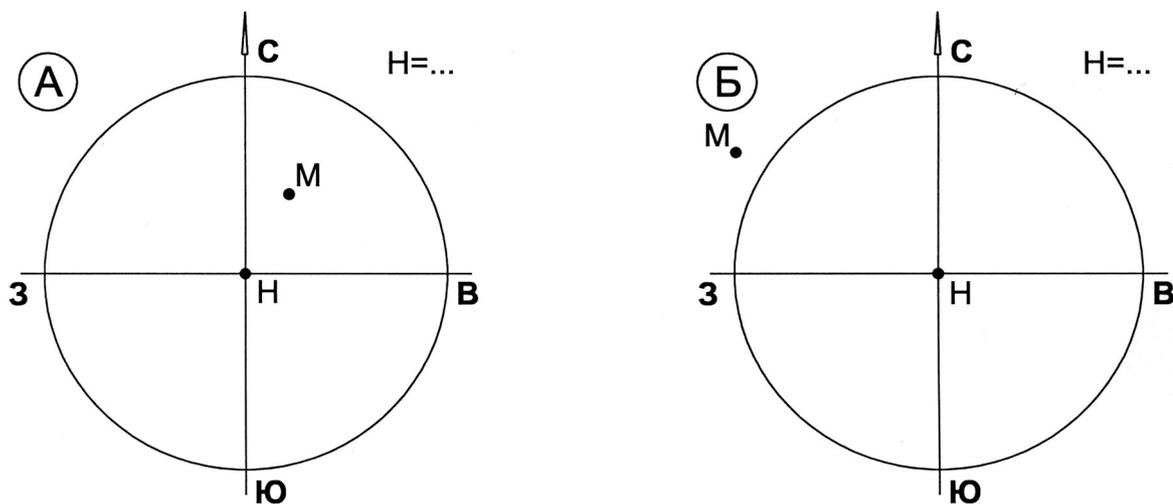


Рис. 34 А, Б.

ЗАДАЧА №14. По известной тени L_1 от шеста в дни равноденствия определить его высоту H , длину тени от него L_2 и горизонтальные проекции Солнца в эти моменты для $\varphi = 30^\circ$ (или $40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$) для варианта А или Б.

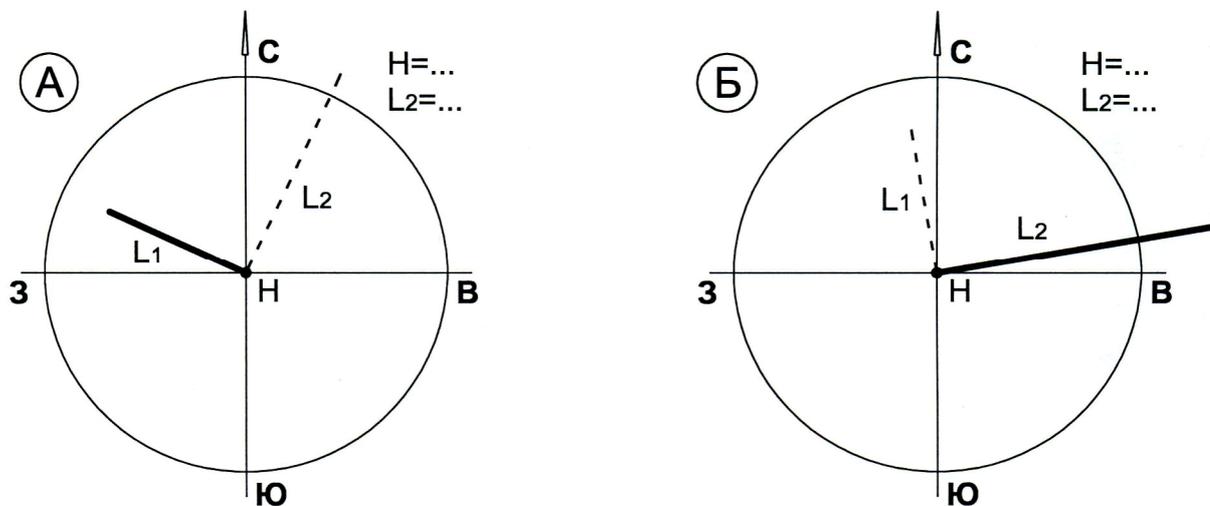


Рис. 35 А, Б.

ЗАДАЧА №15. По известной полуденной тени L_{VI} 22.06 определить высоту H шеста, найти горизонтальные проекции Солнца в полдень 22.03, 22.09 и 22.12 и построить в это время тени от шеста $L_{III, IX}$ и L_{XII} для одной из указанных широт в варианте А или Б.

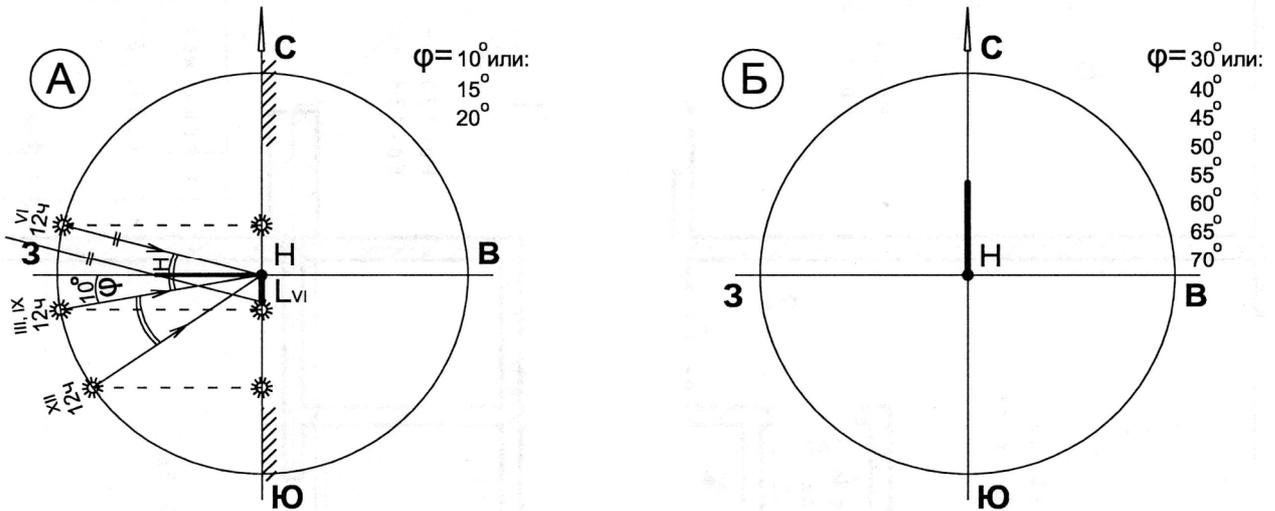


Рис. 36 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: на разрезе небосвода (по меридиану С-Ю) определяем положение полуденного Солнца для $\varphi = 10^\circ$ с.ш. в дни равноденствия, затем его положение в дни солнцестояний ($23,5^\circ$ к северу и югу). Радиальные линии показывают направление полуденных лучей. Проведя луч, параллельный полуденному 22.06, от конца указанной тени, находим высоту шеста H (см. также рис. 30). Зная H , нетрудно определить тени от него в марте-сентябре и декабре (см. рис. 26). Горизонтальные проекции полуденного солнца в характерные дни года находятся так же элементарно.

Вариант Б решить самостоятельно.

ЗАДАЧА №16. По известной полуденной тени L_{VI} 22.06 определить высоту H шеста, найти горизонтальные проекции Солнца в полдень и в моменты его восхода и захода 22.03, 22.09 и 22.12 и построить в это время тени от шеста $L_{III, IX}$ и L_{XII} для одной из указанных широт в варианте А или Б.

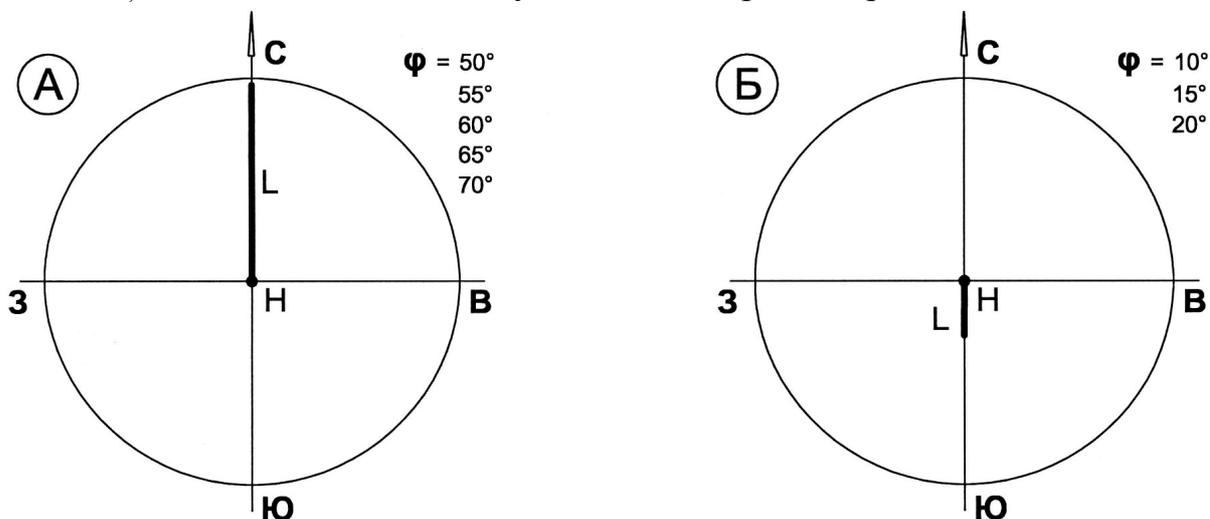
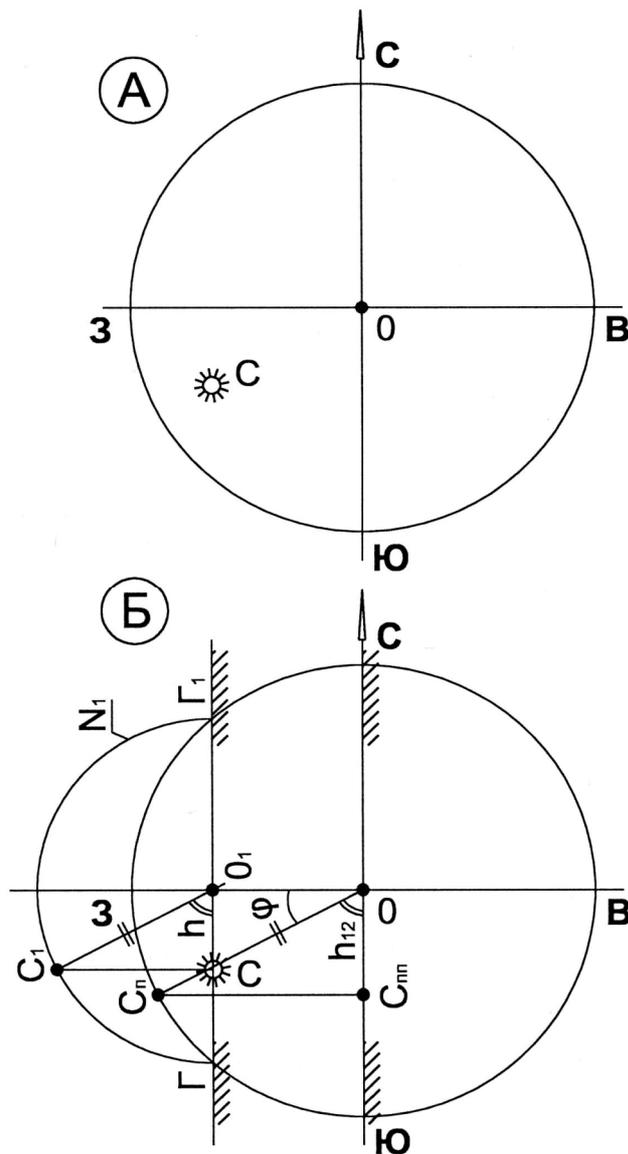


Рис. 37 А, Б.

ЗАДАЧА №17. По известной горизонтальной проекции Солнца C в дни равноденствия определить географическую широту φ (рис. 38А).



наклона этой плоскости над горизон-
решения задачи №17.

РЕШЕНИЕ: Эта задача может быть решена несколькими способами на основе “базовой” траектории, когда известны точки восхода (В) и захода (З) Солнца, все лучи его лежат в одной плоскости, наклоненной над горизонтом под углом $90^\circ - \varphi^\circ$. Под таким же углом падает полуденный луч в плоскости меридиана С-Ю. Горизонтальная проекция солнечной траектории представляет собой полуэллипс, малая ось которого определяется проекцией полуденного Солнца (см. рис. 11).

Вариант решения №1. Если разрезать небосвод через т. С параллельно меридиану С-Ю и изобразить полученный контур небосвода N_1 радиусом $O_1\Gamma$, то на этом контуре нетрудно найти проекционную высоту стояния Солнца во фронтальной плоскости этого разреза, восстановив перпендикуляр из т. С до пересечения с контуром N_1 (т. C_1). Линия C_1O_1 и есть наклон солнечной траектории, т.е. плоскости, в которой лежат все солнечные лучи. Угол
Рис. 38А. Вариант №1 графического

том равен h . Проведя из центра небосвода O линию, параллельную C_1O_1 , получим положение полуденного Солнца C_{II} на пересечении ее с разрезом небосвода по меридиану С-Ю. Этот полуденный луч на разрезе и показывает φ , а также высоту стояния Солнца h_{12} , равного h . Нетрудно найти его горизонтальную проекцию на плане C_{III} (рис. 38А).

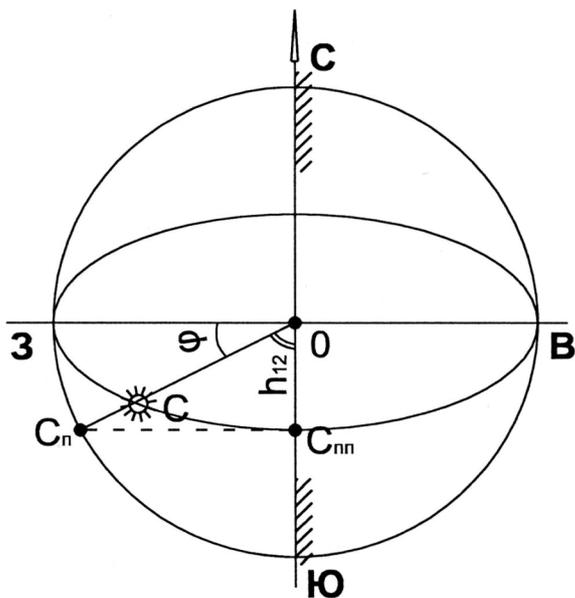


Рис. 40. Вариант №3 графического решения задачи №17.

Вариант решения №3 – компьютерный. Компьютерные программы–трехмерки элементарно изображают эллипс на плане небосвода. Тот найденный эмпирическим подбором эллипс, который пройдет через т. С, и является горизонтальной проекцией солнечной траектории на данной широте. Точка ее пересечения с меридианом С-Ю является горизонтальной проекцией полуденного Солнца $C_{пп}$. Восстановив из нее перпендикуляр до полуокружности небосвода (на его разрезе, совмещенном с планом), получим точку $C_{п}$ и линию $C_{п}O$ – направление полуденного луча, который показывает φ и h_{12} (рис. 40).

PS. Поощряется поиск и других существующих вариантов решения этой задачи.

ЗАДАЧА №18. По известным горизонтальным проекциям Солнца C_1 и C_2 в дни равноденствия определить географические широты φ_1 и φ_2 в варианте А или Б.

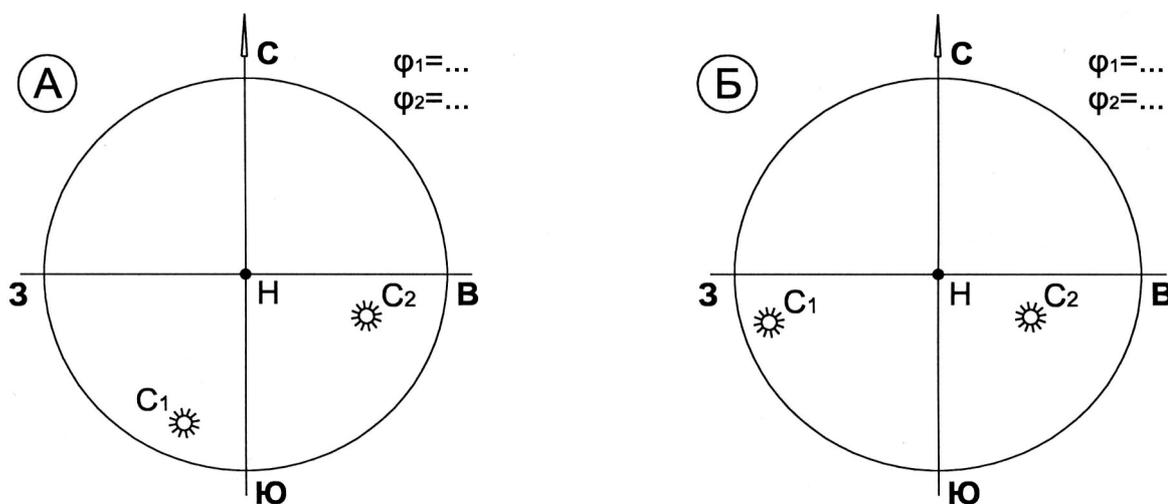
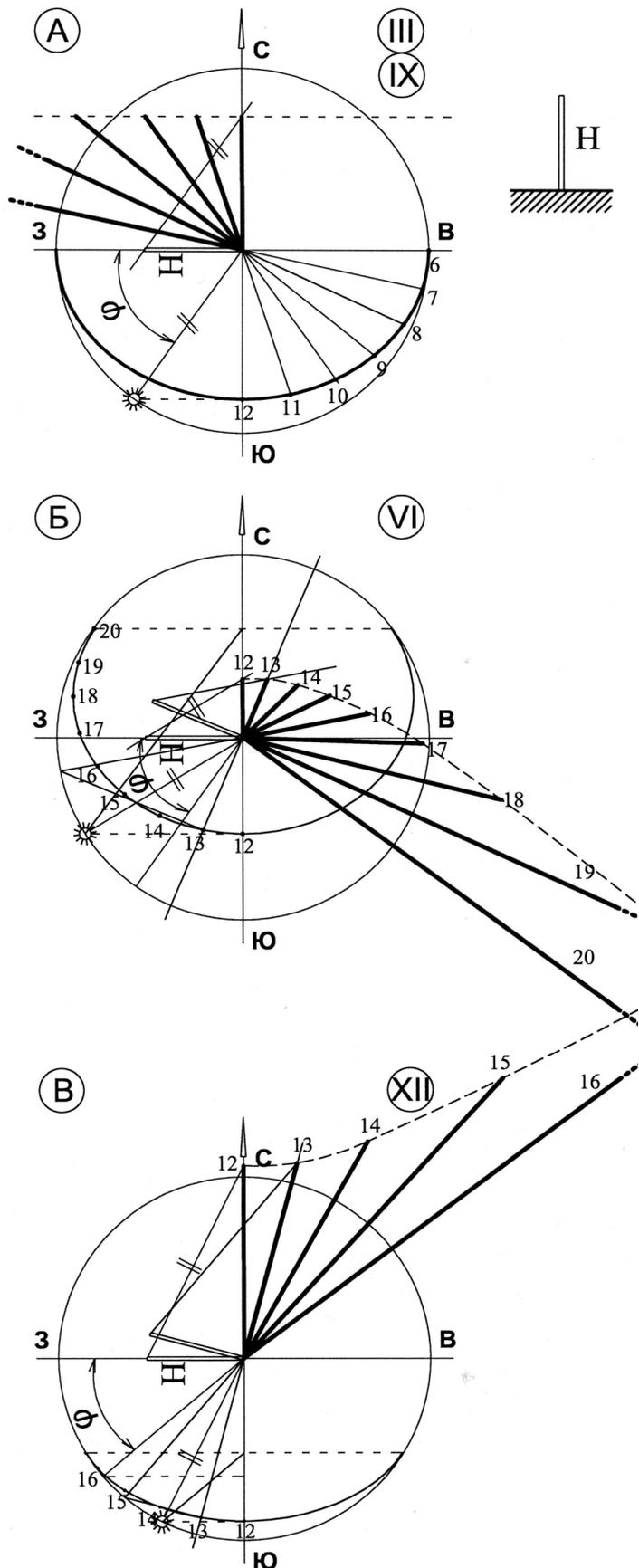


Рис. 41 А, Б.

ЗАДАЧА №19. Построить “конверт” теней от вертикали Н в характерные дни года на широте φ . Для решения задачи можно использовать самостоятельно построенные траектории (рис. 11, 15, 18).



РЕШЕНИЕ: Имея построенные траектории, нетрудно определить направление и длину тени (см. рис. 26) в любой час дня. Соединив концы построенных теней, получим их “конверт”, причем для дней равноденствия достаточно определить лишь длину полуденной или любой другой тени (А). В дни солнцестояний (как и в другие месяцы года, кроме марта и сентября) рисунок теней представляется как более или менее развернутый веер с двумя симметричными “крыльями”. Параболическая кривая, соединяющая концы теней, является следствием пересечения конической поверхности летнего (Б) и зимнего (В) стереона с горизонтальной плоскостью земли.

PS. Этот метод может быть использован для построения инсографиков для 22.06 и 22.12. Для этого вертикаль Н разбивается на n -ное количество отрезков, равных 1 см, в результате получается шкала превышений затеняющих объектов в нужном масштабе (см. раздел VII).

Рис. 42. Построение “конверта” теней от вертикали Н 22.03 – 22.09, 22.06 и 22.12 на широте φ .

ЗАДАЧА №20. Построить “конверт” теней от вертикали Н в характерные дни года на широте 0° (или 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° - по заданию преподавателя), используя для этого самостоятельно построенные траектории или солнечные карты (см. рис.). Изобразить весенне-осеннюю, летнюю или зимнюю геометрию солнечных лучей и теней на изометрии небосвода (рис. 43Г).

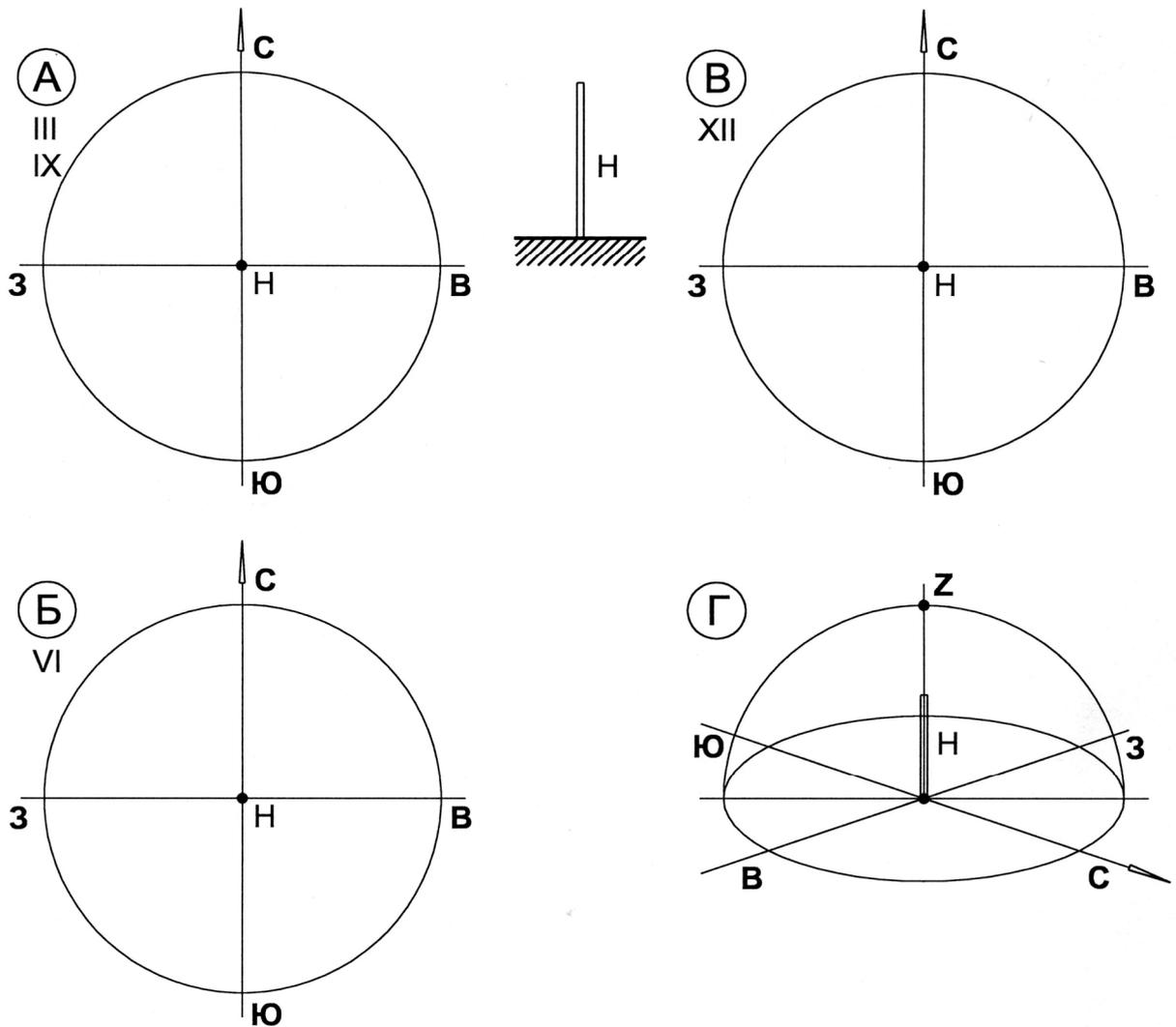


Рис. 43. Построение “конверта” теней от вертикали на широте $\varphi = \dots\dots\dots^\circ$ с.ш. для 22.03 – 22.09 (А), 22.06 (Б) и 22.12 (В) со схематическим изображением их на изометрии небосвода.

ЗАДАЧА №21. По известной горизонтальной проекции Солнца построить тень L от шеста H в дни равноденствия и определить φ в варианте А или Б.

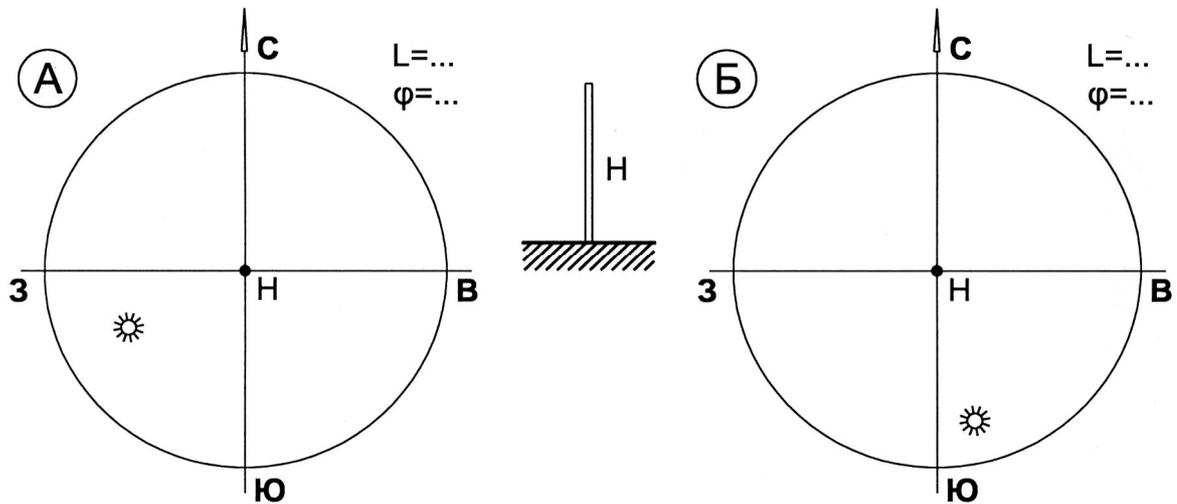


Рис 44 А, Б.

ЗАДАЧА №22. По известной горизонтальной проекции Солнца построить тень L_1 (L_2) от шеста H_1 (H_2), определить φ и построить горизонтальную проекцию солнечной траектории в дни равноденствия в варианте А или Б.

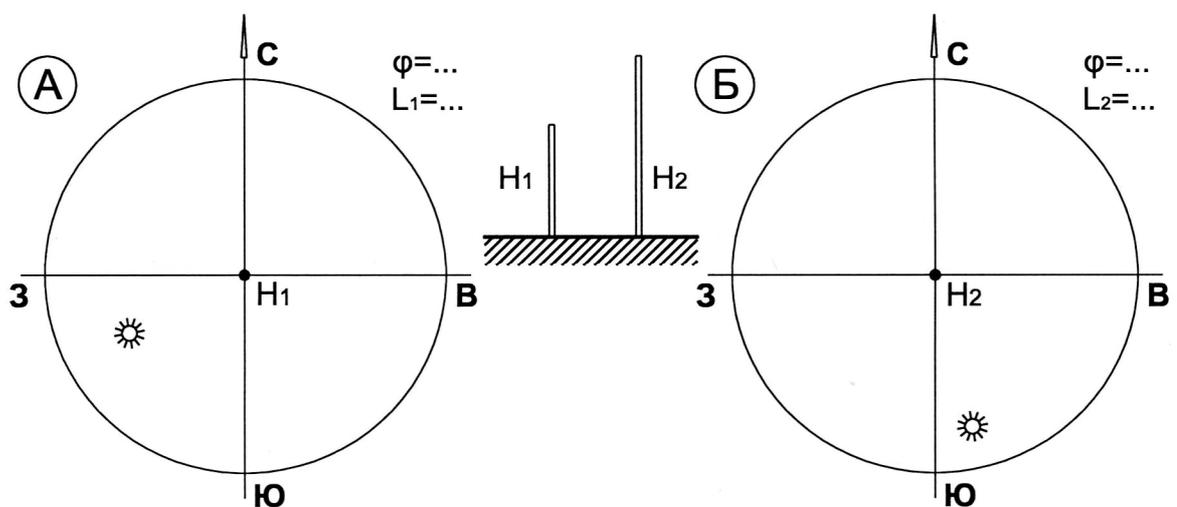


Рис 45 А, Б.

ЗАДАЧА №23. По известным горизонтальным проекциям Солнца C_1 и C_2 в дни равноденствия построить тени L_1 и L_2 от шеста H и определить φ_1 и φ_2 в варианте А или Б.

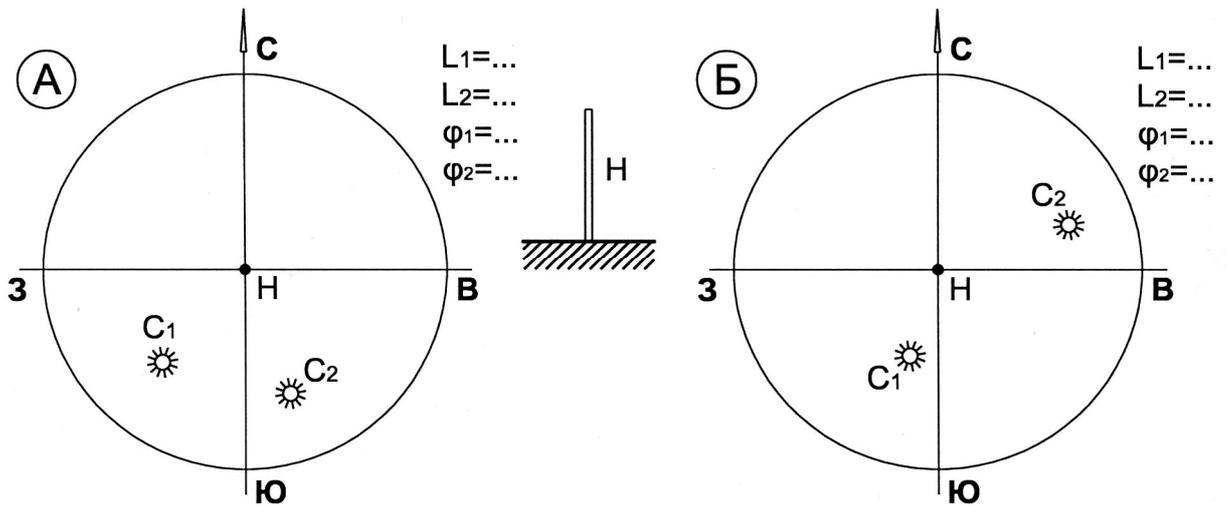


Рис 46 А, Б.

ЗАДАЧА №24. По известной горизонтальной проекции Солнца в дни равноденствия и известной высоте шеста H определить географическую широту φ в варианте А или Б.

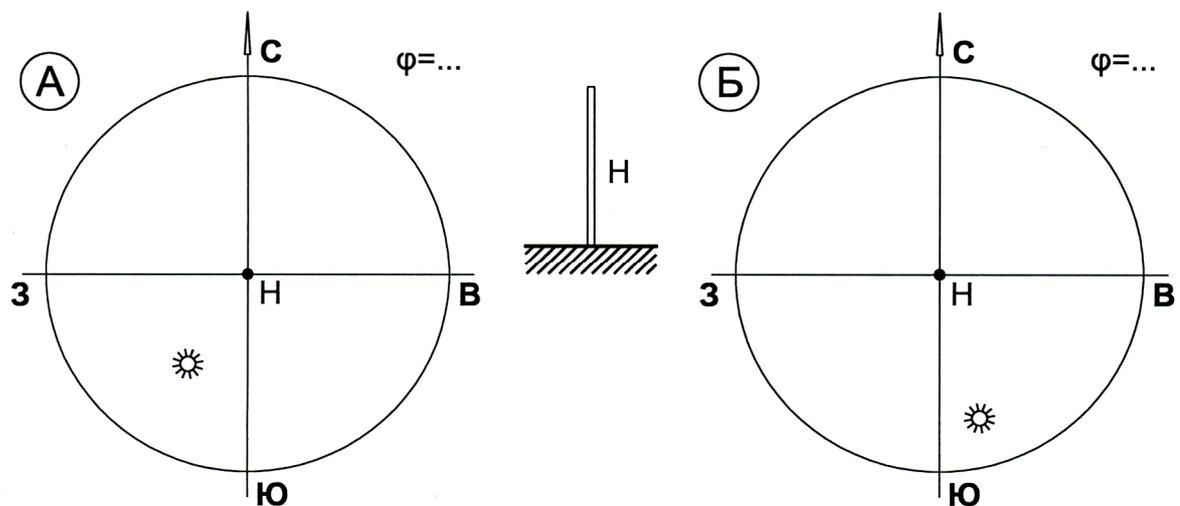


Рис 47 А, Б.

ЗАДАЧА №25. Определить, на каких широтах φ_1 и φ_2 тени от шестов H_1 и H_2 в дни равноденствия достигнут точки M для варианта А или Б.

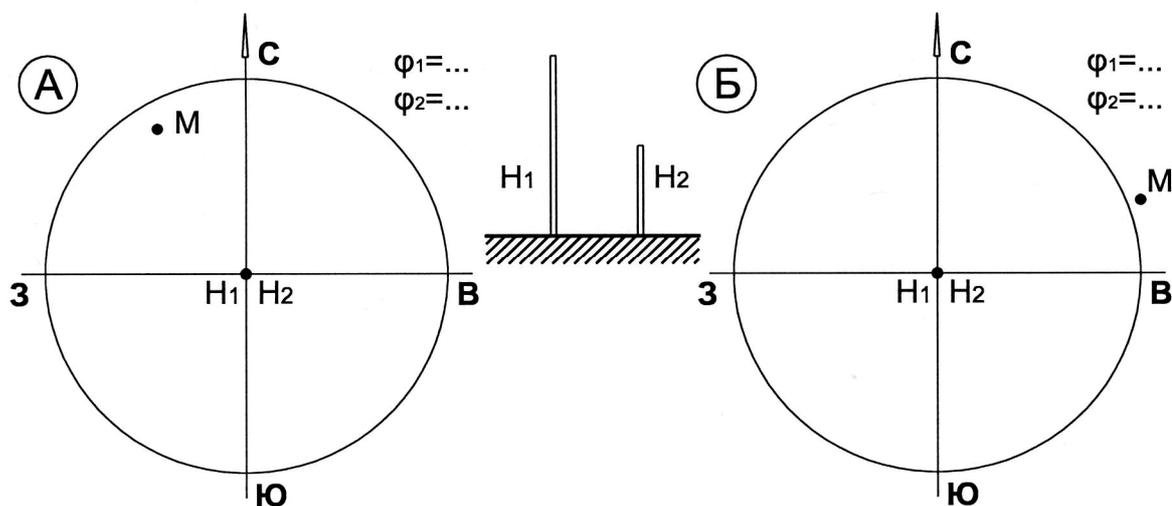


Рис 48 А, Б.

ЗАДАЧА №26. По известной горизонтальной проекции Солнца в дни равноденствия и известной высоте шеста H определить географическую широту φ и построить горизонтальную проекцию траектории Солнца для варианта А или Б.

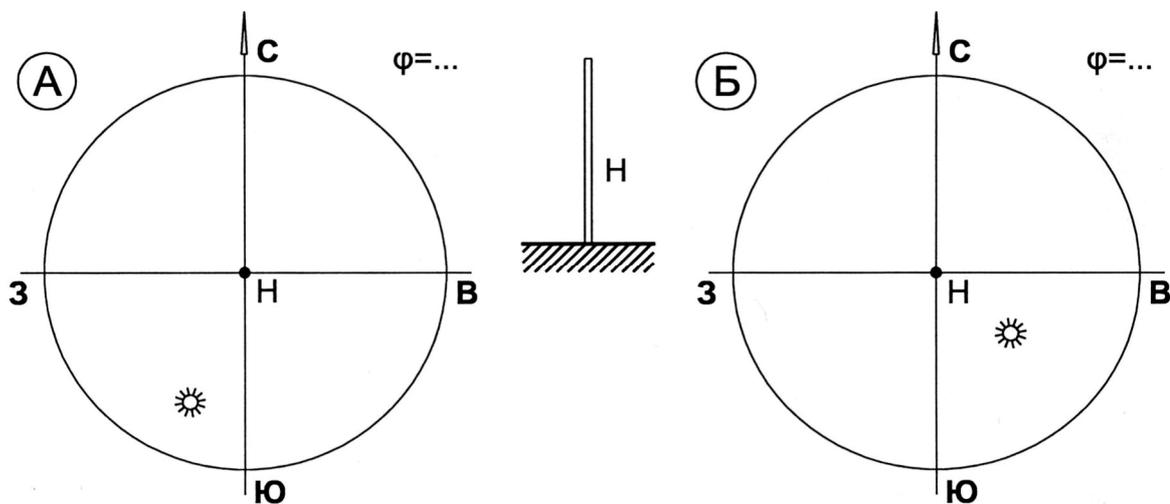


Рис 49 А, Б.

ЗАДАЧА №27. По известной тени от шеста Н определить φ и построить горизонтальную проекцию траектории Солнца в дни равноденствия для варианта А или Б.

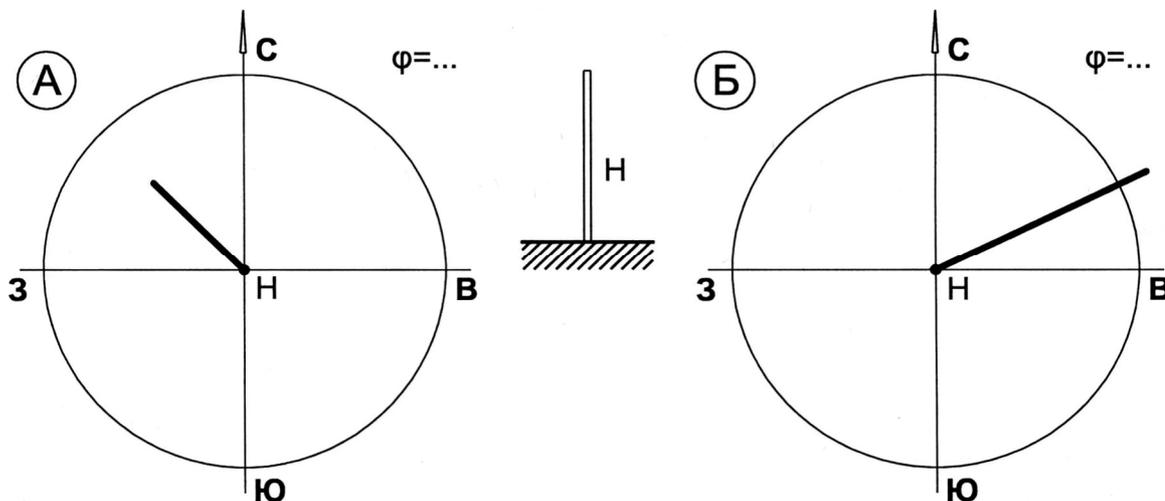


Рис 50 А, Б.

ЗАДАЧА №28. По известной тени от шеста Н определить φ и найти горизонтальную проекцию Солнца в дни равноденствия, определить точки его восхода и захода в дни солнцестояний для варианта А или Б.

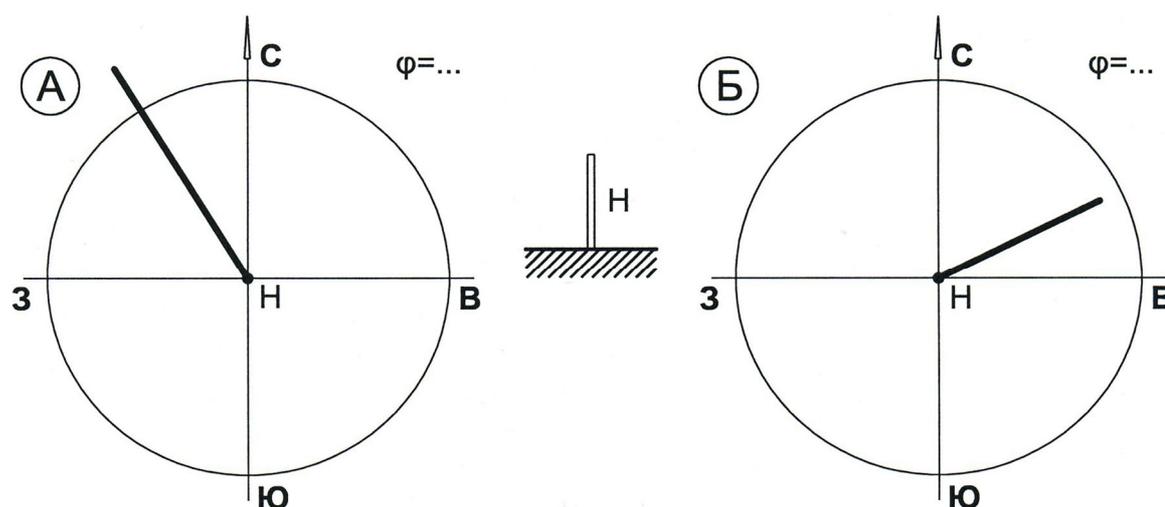


Рис 51 А, Б.

ЗАДАЧА №29. Определить, на какой широте φ и в какое время дня t 22.03 и 22.09 длина тени L равна высоте шеста H . Доказать графическим построением, в т.ч. горизонтальной проекции траектории Солнца (вариант А или Б).

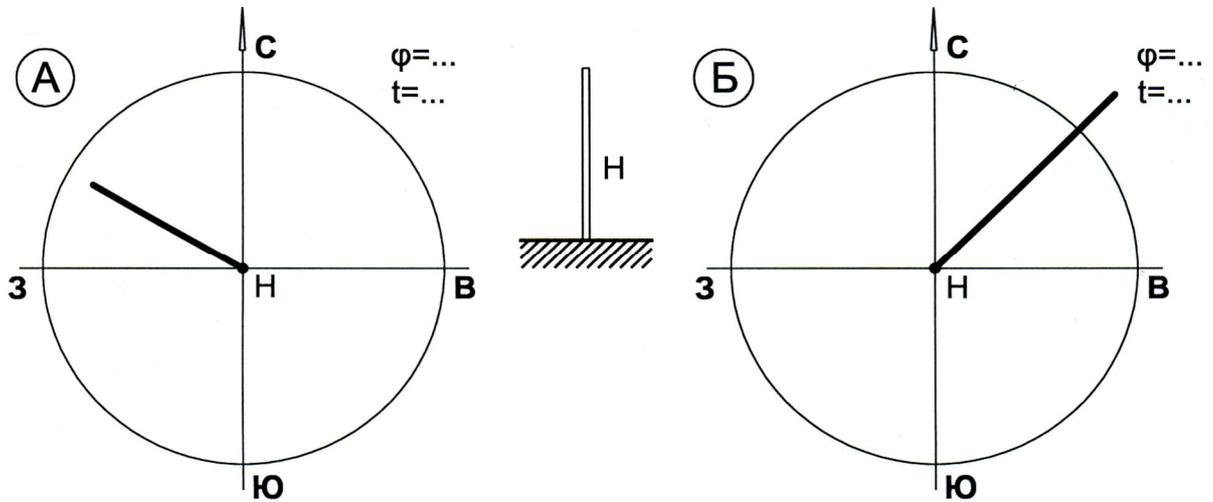
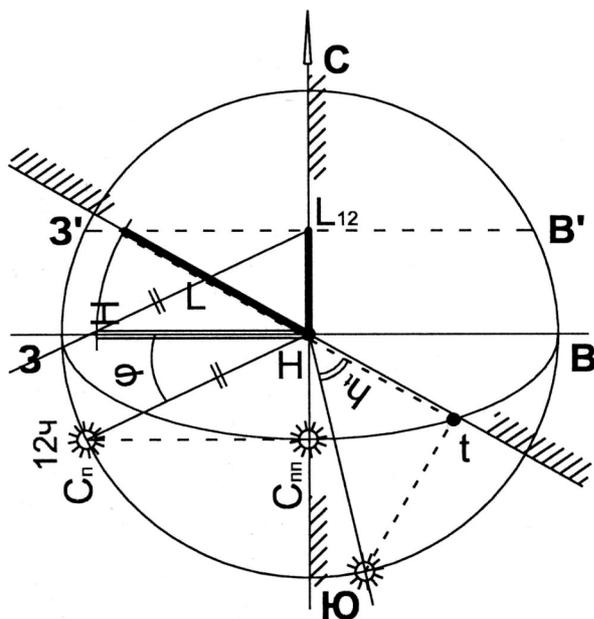


Рис 52 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: определив длину полуденной тени L_{12} и зная высоту H , определяем положение полуденного Солнца на разрезе небосвода $C_{П}$, затем его проекцию на плане $C_{ПП}$. На ее основе строим горизонтальную проекцию солнечной траектории (см. рис. 12). На линии $З'В'$ окончания всех теней от шеста H радиусом, равным его высоте, делаем засечку и соединяем эту точку с центром небосвода (эта пунктирная линия – тень от шеста, равная его



высоте H), затем продлеваем пунктир до пересечения с траекторией. Эта часть пунктира - горизонтальная проекция солнечного луча в момент t , когда длина тени равна высоте шеста на широте φ в дни равноденствия.

Нетрудно определить и высоту стояния солнца над горизонтом h_t в момент t (рис. 53).

Вариант Б решить самостоятельно.

Рис. 53. Графическое определение широты φ и времени дня t , когда длина тени от шеста H равна его высоте.

ЗАДАЧА №30. Показать графическим построением:

Вариант А: на каких широтах и в какой характерный день года T длина тени L от шеста H равна его высоте: $L = H$?

Вариант Б: та же задача для $L = 1,5H$. Вариант В: та же задача для $L = 0,5H$.

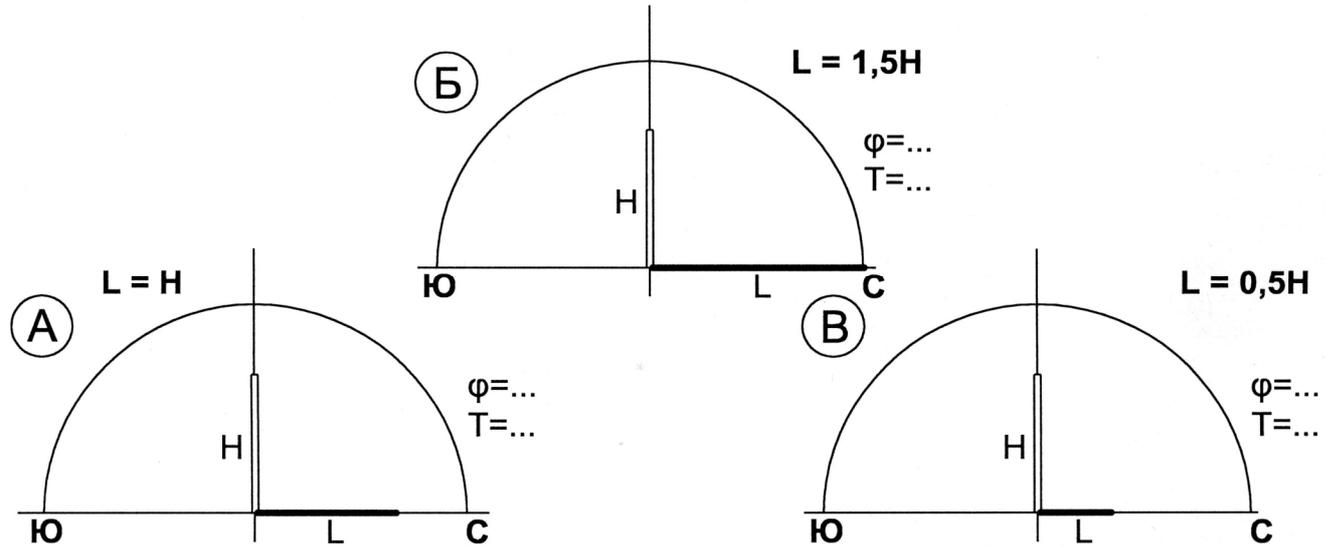


Рис. 54 А, Б, В.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: очевидно, что длина тени L равна высоте шеста H в полдень 22.03 и 22.09 на широте $\varphi = 45^\circ$. В итоге это условие соблюдается на широте $\varphi = 68,5^\circ$: полуденный луч весенне-осеннего солнца, напрямую связанный с широтой φ , опускается ниже полуденного луча в день летнего солнцестояния на $23,5^\circ$. В декабре аналогичное построение дает результат $\varphi = 45^\circ - 23,5^\circ = 21,5^\circ$, т.е. широта в пределах тропического пояса.

Варианты Б и В решить самостоятельно.

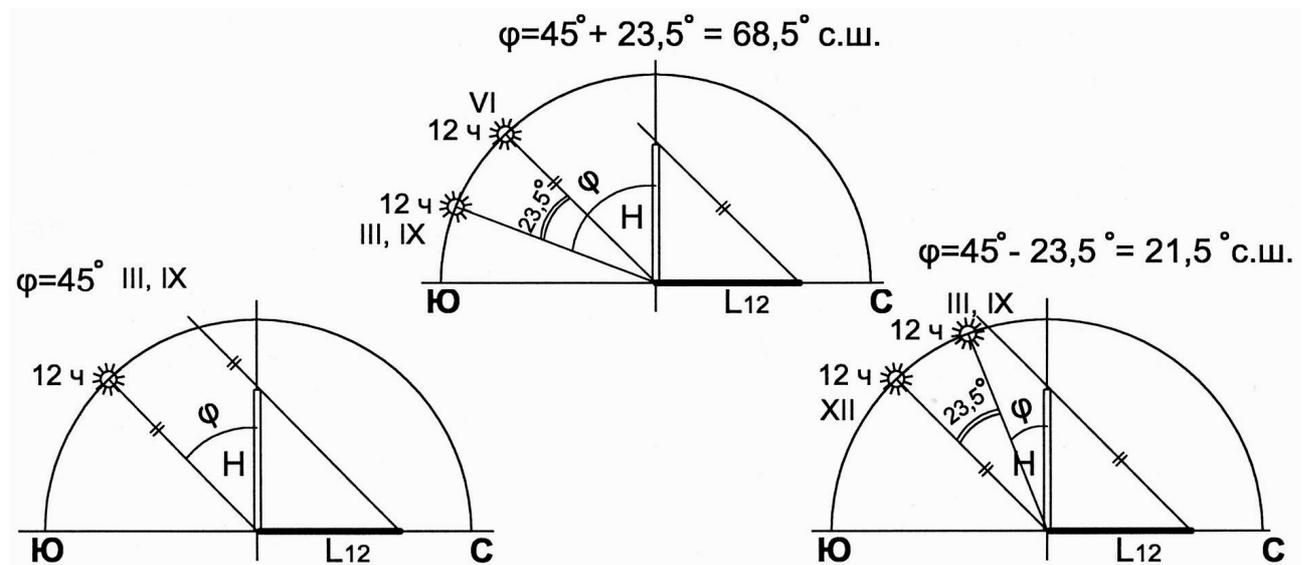


Рис. 55. Графическое решение задачи №30А.

ЗАДАЧА №31. По известной полуденной проекции Солнца 22.06 и высоте шеста H определить широту φ и полуденные проекции Солнца летом $C_{ЛЛ}$, в дни равноденствия $C_{ПР}$ и зимой $C_{ПЗ}$, точки его восхода и захода 22.03 – 22.09 и 22.12 и длину теней L_{VI} , $L_{III, IX}$ и L_{XII} в полдень от шеста H для варианта А или Б.

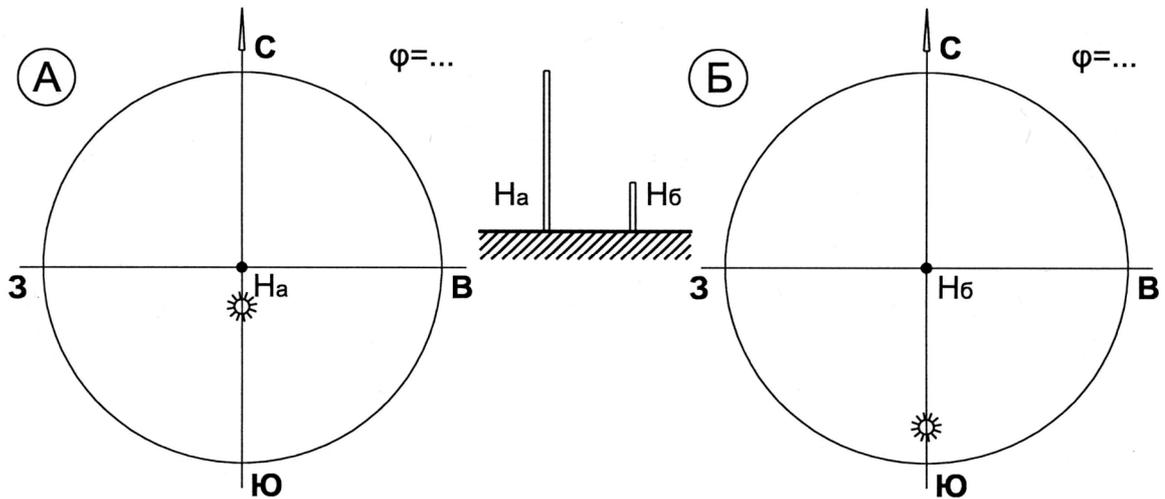
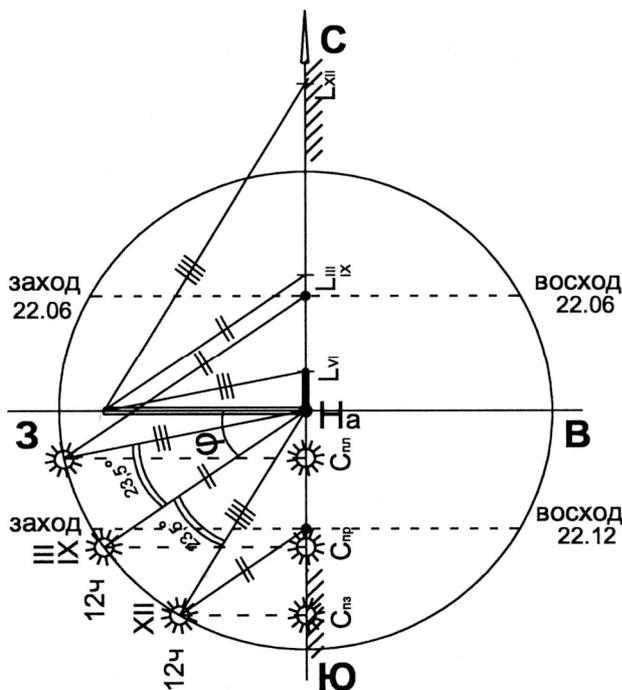


Рис 56 А, Б.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: поскольку географическая широта φ определяется по полуденному солнцу в дни равноденствия, на разрезе С – Ю находится положение летнего, весенне-осеннего и зимнего солнца, а также соответствующие направления полуденных лучей. Они определяют длины полуденных теней L_{VI} , $L_{III, IX}$ и L_{XII} от шеста H . Точки восхода и захода диктуются наклоном “базовой” траектории.

Вариант Б решить самостоятельно.



№31А.

Рис. 57. Графическое решение задачи

ЗАДАЧА №32. По известной полуденной тени от шеста Н 22.06 определить φ и горизонтальные проекции Солнца 22.03, 22.09 и 22.12 и найти полуденные тени в эти дни от шеста для варианта А или Б.

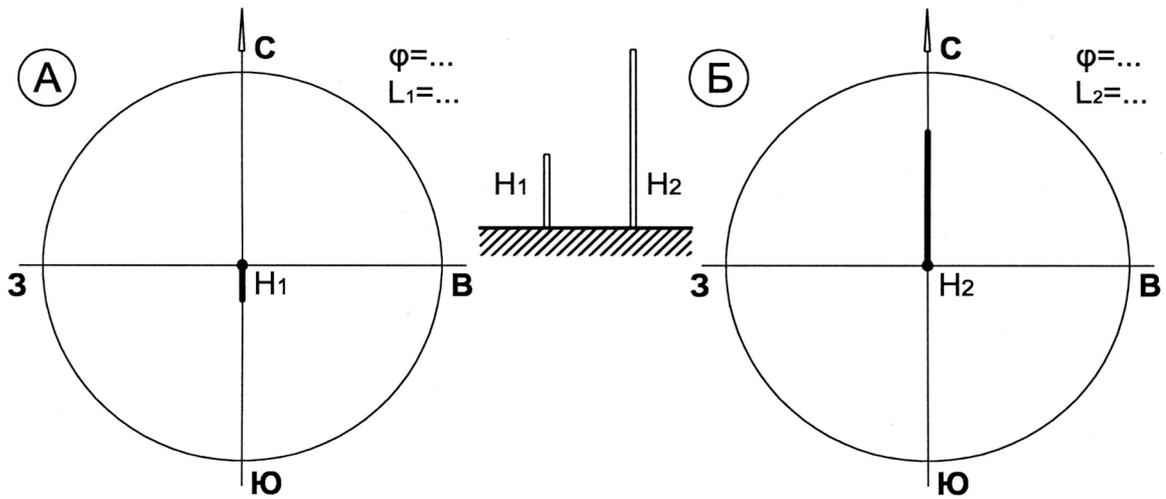


Рис. 58 А, Б.

ЗАДАЧА №33. По известной полуденной проекции Солнца 22.06 определить φ , найти полуденные проекции Солнца 22.03, 22.09 и 22.12 и построить тени от шеста Н для варианта А или Б.

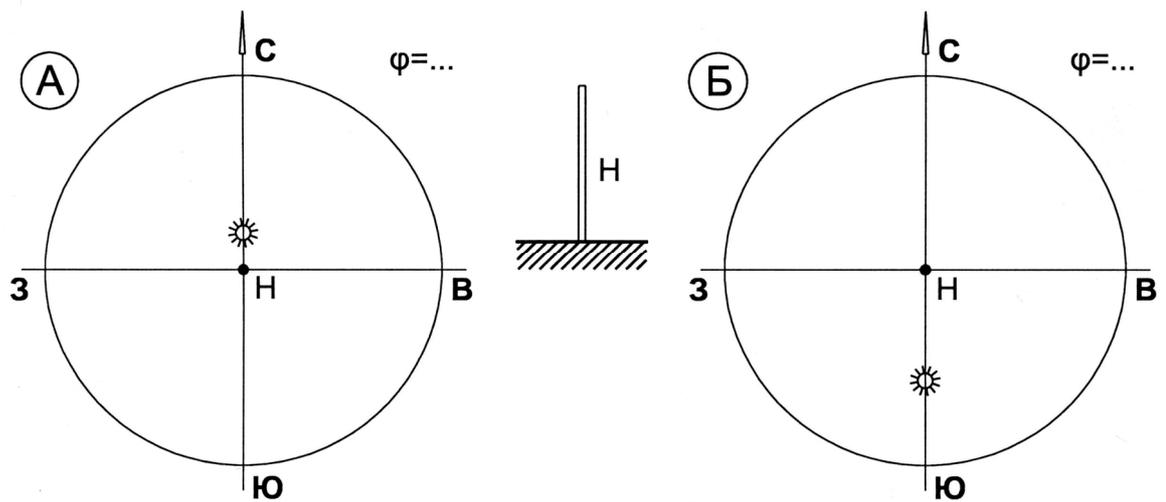


Рис. 59 А, Б.

ЗАДАЧА №34. По известной полуденной тени L и проекции Солнца 22.06 определить высоту шеста H , широту φ , найти полуденные проекции Солнца и тени от шеста 22.03, 22.09 и 22.12 для варианта А или Б.

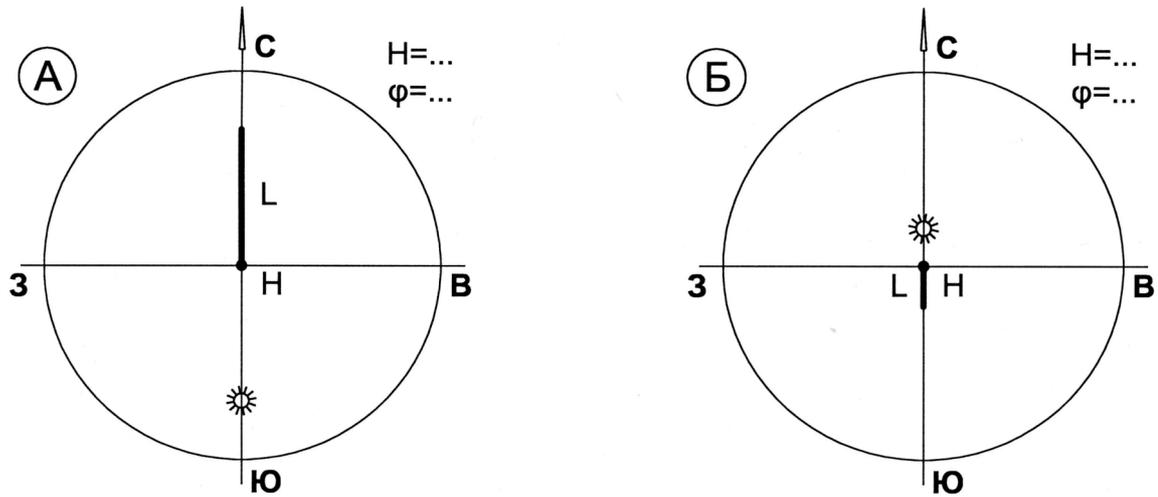


Рис. 60 А, Б.

ЗАДАЧА №35. По известной полуденной тени L и проекции Солнца 22.06 определить высоту шеста H , широту φ , найти полуденные проекции Солнца и точки его восхода и захода 22.03 – 22.09 и 22.12 для варианта А или Б.

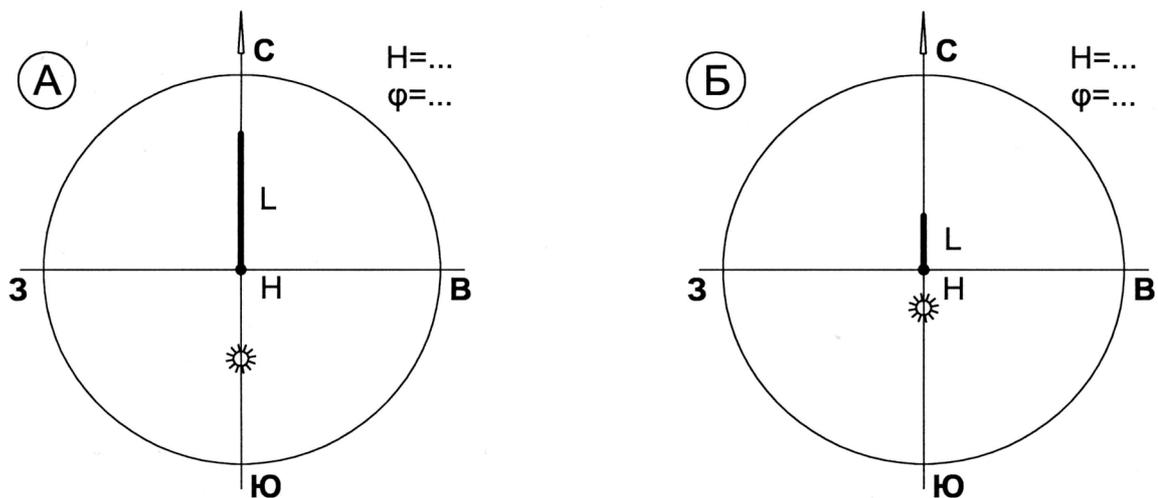


Рис. 61 А, Б.

ЗАДАЧА №36. По известной полуденной проекции Солнца 22.12 и длине тени L от шеста H определить его высоту, широту φ и длину тени в полдень 22.06 и 22.03 – 22.09 в варианте А или Б.

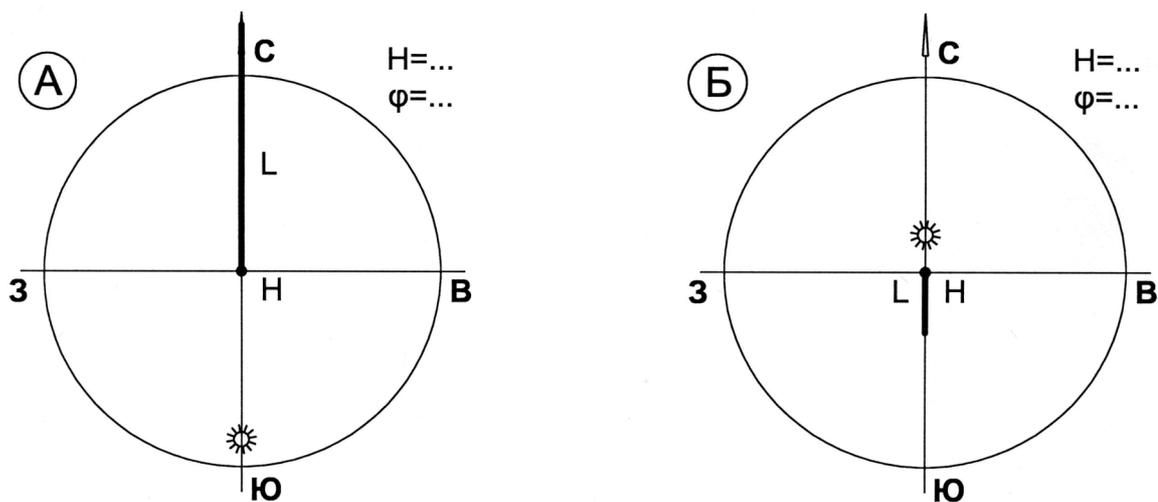


Рис. 62 А, Б.

ЗАДАЧА №37. Определить, на какой широте России φ и в какое время года T и дня t длина тени L равна высоте шеста H . Для доказательства использовать солнечные карты в диапазоне широт России φ 40° - 70° , определив предварительно азимут A и высоту стояния Солнца h в варианте А или Б.

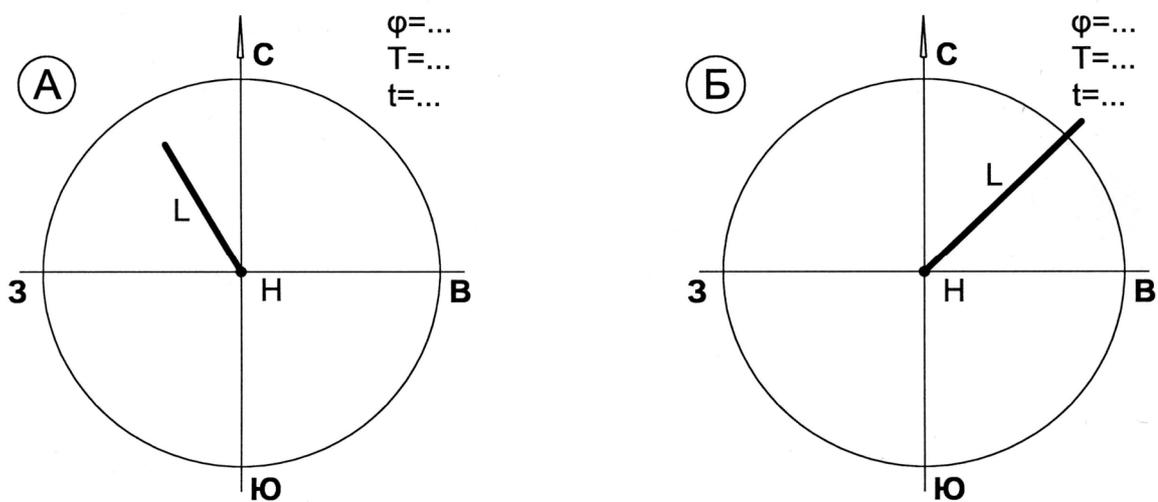


Рис. 63 А, Б.

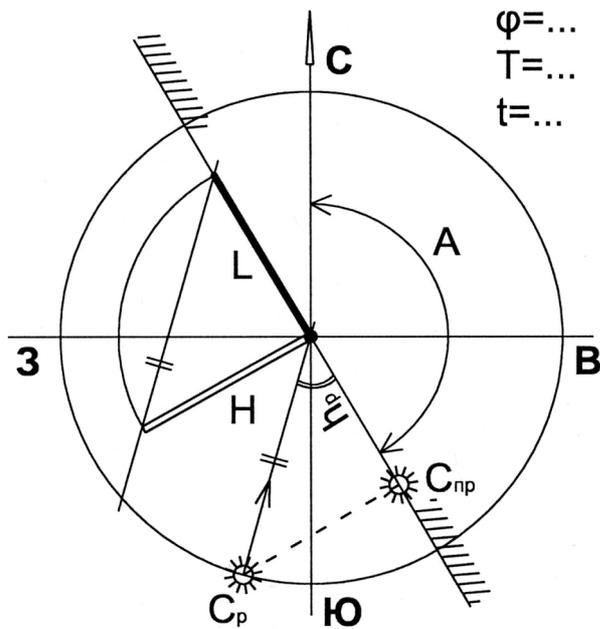


Рис. 63А. Графическое решение задачи №37А.

РЕШЕНИЕ: Вариант А: на разрезе небосвода в плоскости заданной тени изображается шест $H = L$, определяется положение “расчетного” Солнца на небе C_p и его проекция на плане $C_{пр}$ (рис. 63А). Высота его стояния над горизонтом h_p определяется направлением солнечного луча, а азимут A – его горизонтальной проекцией. Зная эти координаты, по солнечным картам для различных широт (от 0° до 70° с.ш. с шагом 5°) можно аналитически или непосредственным совмещением солнечной карты с рис. 63 (вариант А) того же масштаба

определить месяц и время дня по траектории, проходящей через точку $C_{пр}$, когда длина тени от шеста H равна его высоте.

Вариант Б решить самостоятельно по заданию преподавателя.

ЗАДАЧА №38. По известным теням от шеста H определить географическую широту φ и а) построить горизонтальную проекцию траектории Солнца в дни равноденствия; б) определить высоту стояния Солнца в 10 и 15 часов для варианта А или Б.

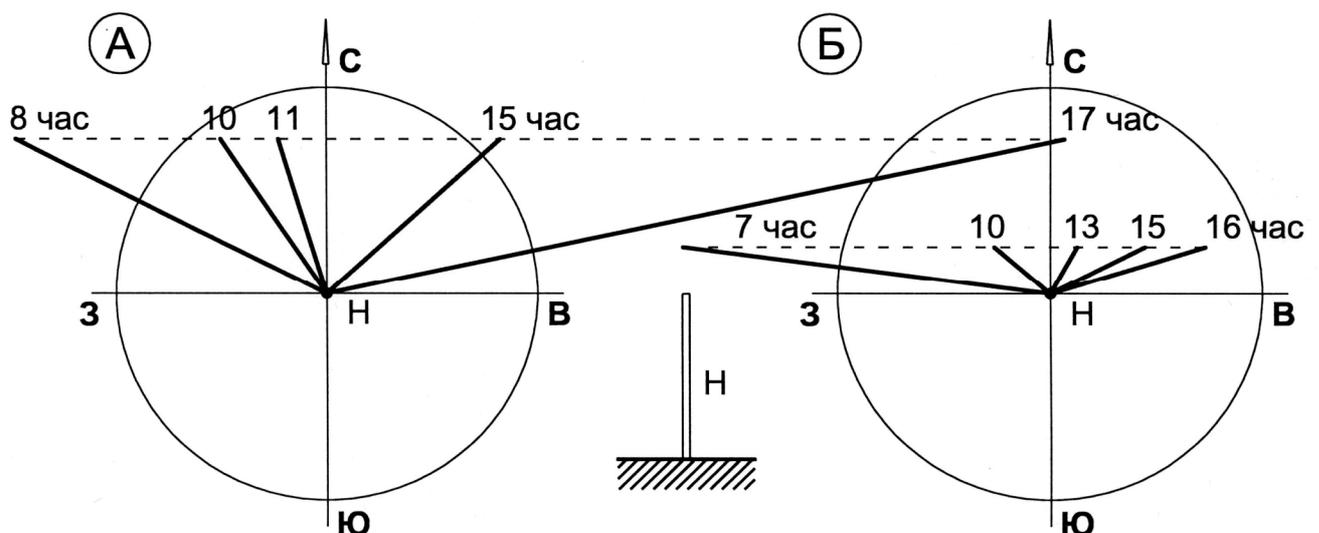


Рис. 64 А, Б.

РАЗДЕЛ VII. ПОСТРОЕНИЕ ИНСОЛЯЦИОННОГО ГРАФИКА И ЗАДАЧИ ПО ЕГО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ.

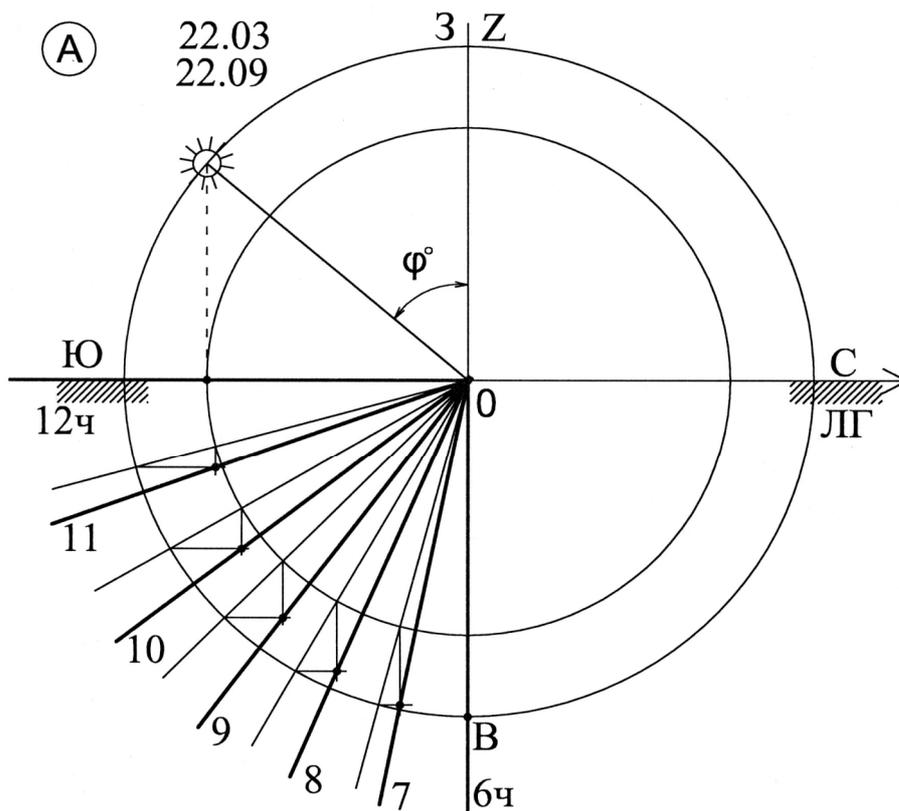
В практике реального проектирования для расчета инсоляции и солнцезащиты традиционно применяются инсоляционные графики, отпечатанные фотоспособом на прозрачной пленке (или элементарно вычерченные на кальке) для расчетного месяца и определенной широты. И хотя сегодня многие задачи инсоляции решаются с помощью компьютерных программ (которые нужно иметь и уметь их применять), построение графиков и пользование ими достаточно удобно, просто (при знании основ начертательной геометрии), не требует много времени и дает вполне точные для практики результаты.

Разработка инсографиков начинается с определения горизонтальных проекций Солнца через каждый час, на основе которых строятся проекции траекторий (см. рис. 11-12, 14-15, 18 и др.). Для инсографика траектории не нужны, а используются горизонтальные проекции солнечных лучей, радиально и симметрично (относительно меридиана С-Ю) расходящиеся из центра графика, совмещаемого с исследуемой (расчетной) точкой (рис. 6, 8А-8В, 20, 22 и др.). Азимутальные направления этих проекций и углы между ними различны на разных широтах и в разные сезоны года.

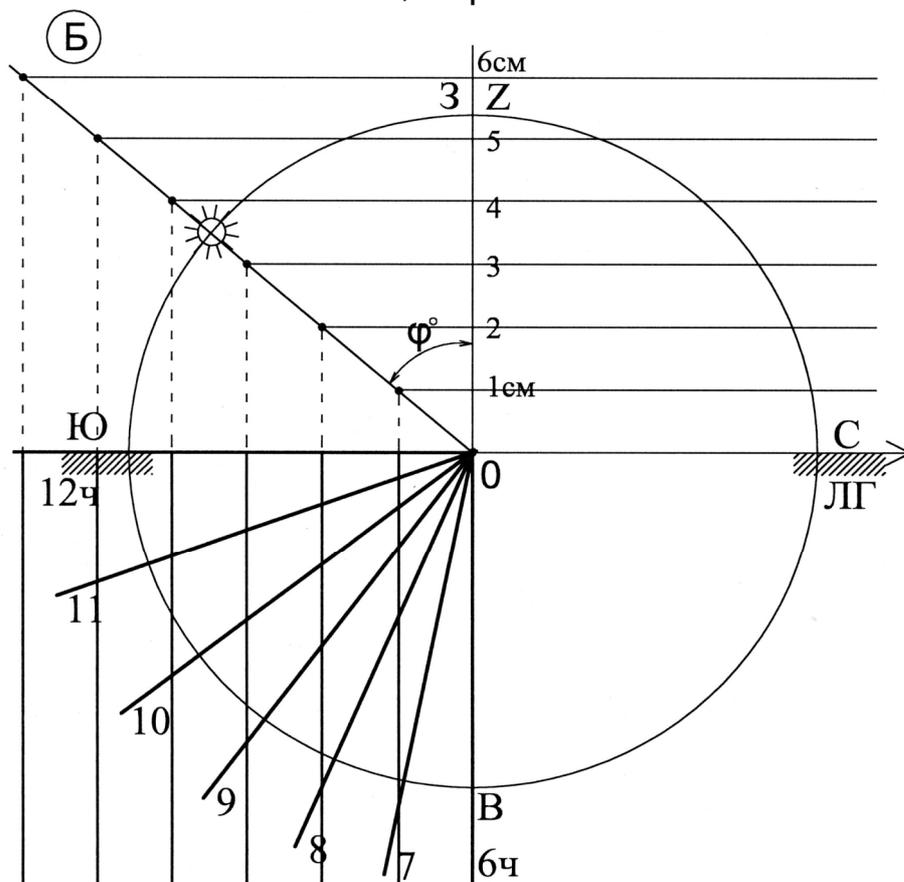
Инсографик состоит из двух наложенных друг на друга «шкал»: а) вышеуказанные радиальные проекции солнечных лучей и б) параллели В-З с равными интервалами для дней равноденствия, превращающиеся в параболы для других дней года. Расстояния между параллелями на инсографике в дни равноденствия являются следами пересечения условных (вспомогательных) горизонтальных плоскостей, возвышающихся над «нулевым» горизонтом с равным и известным (заданным) интервалом, с наклонной «базовой» плоскостью, в которой лежат все солнечные лучи (угол наклона ее над горизонтом $90^\circ - \varphi^\circ$). В другие дни года параллели превращаются в параболы, являющиеся следами пересечения условных горизонтальных плоскостей, возвышающихся с тем же равным интервалом над горизонтом (в плоскости которого всегда лежит расчетная точка), с конической поверхностью, образуемой солнечными лучами (см. стереоны солнечных лучей и рис. 8Б – 8В).

Инсографик для дней равноденствия – самый простой по геометрии понимания, построения и пользования. Это основной рабочий инструмент при решении нормативно-проектных задач инсоляции в центральной зоне РФ. Построение его производится в следующем порядке:

1. На плане небосвода определяются горизонтальные проекции Солнца через каждый час (а для большей точности – через 30, 20, 15 или 10 мин.) – см. рис. 11-12. Из центра небосвода (т.0) проводятся радиальные линии через полученные проекции Солнца – это горизонтальные проекции солнечных лучей (первая «шкала» инсографика). Построения можно производить на ЮВ четверти плана небосвода – рис. 106А.



Этап 1. Построение «шкалы» №1 инсографика – проекции солнечных траекторий на плане небосвода (совмещенном с его разрезом) – см. рис. 12.



Этап 2. Построение «шкалы» №2 инсографика – метрической шкалы превышений затеняющих объектов над расчетной точкой 0.

30м	25м	20м	15м	10м	5м	0м	- M 1:500
60м	50м	40м	30м	20м	10м	0м	- M 1:1000
120м	100м	80м	60м	40м	20м	0м	- M 1:2000

Б.

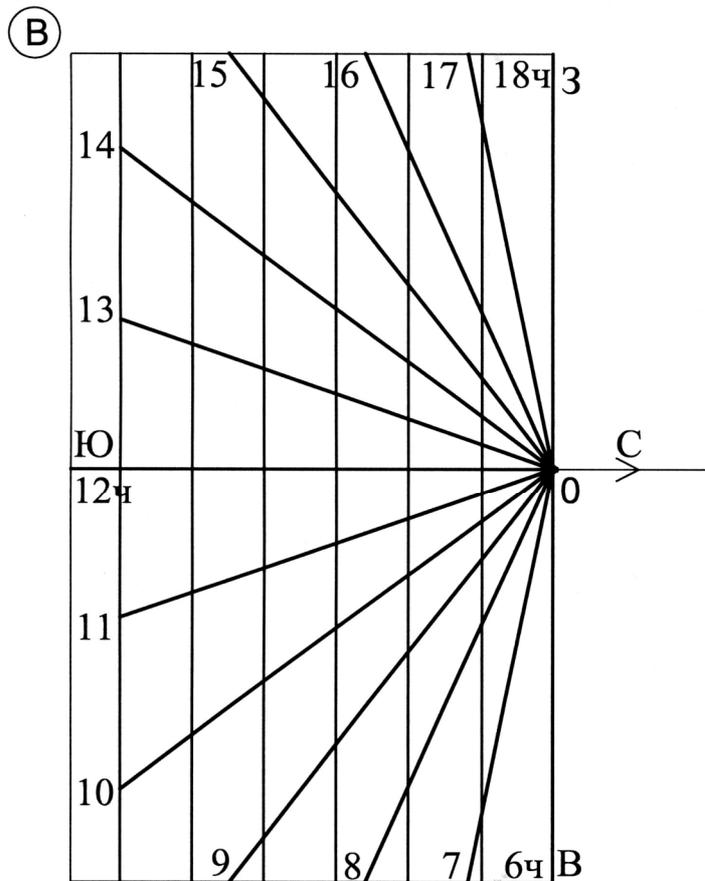
Рис. 106 А,

2. На разрезе небосвода (совмещенном с планом) по линии OZ над линией горизонта с интервалом в 1 см (а для большей точности – через 1, 2 или 5 мм) проводятся горизонталы до пересечения с наклонной плоскостью, в которой лежат все солнечные лучи.

3. Точки пересечения на разрезе условных горизонталей с наклонной плоскостью солнечных лучей спроецировать на план и провести через них параллели $Z-B$, являющиеся на плане небосвода проекциями следов пересечения вышеуказанных плоскостей. Эти параллели – метрическая шкала превышений условных (вспомогательных) горизонталей наклонной плоскости солнечной траектории над исследуемой точкой на данной широте, которые служат для определения длины теней.

Равные расстояния между параллелями можно прошкалировать в любом необходимом масштабе (совместимым с масштабом расчетного чертежа) – рис. 106Б, поскольку в основу шкалы превышений положен 1 см.

4. Горизонтальные проекции дополуночных солнечных лучей (с 6 до 12 час.) и параллели метрической шкалы превышений в ЮВ секторе горизонта зеркально перенести в послеполуночную область (ЮЗ сектор плана небосвода) и обозначить часы дня (с 12 до 18 час.) – рис. 106В.



30м 25м 20м 15м 10м 5м 0м - М 1:500
 60м 50м 40м 30м 20м 10м 0м - М 1:1000
 120м 100м 80м 60м 40м 20м 0м - М 1:2000

Рис. 106 В.

5. График выполняется тушью на кальке или прозрачной пленке, линии вспомогательных построений стираются. В итоге он выглядит как на рис. 106В. Официальный инсографик НИИ строительной физики на 23.03 и 23.09 для $\varphi=55^\circ$ с.ш. и масштаба 1:500 выглядит как на рис. 107.

Этап 3. Завершение построения инсографика для дней равноденствия на широте φ .

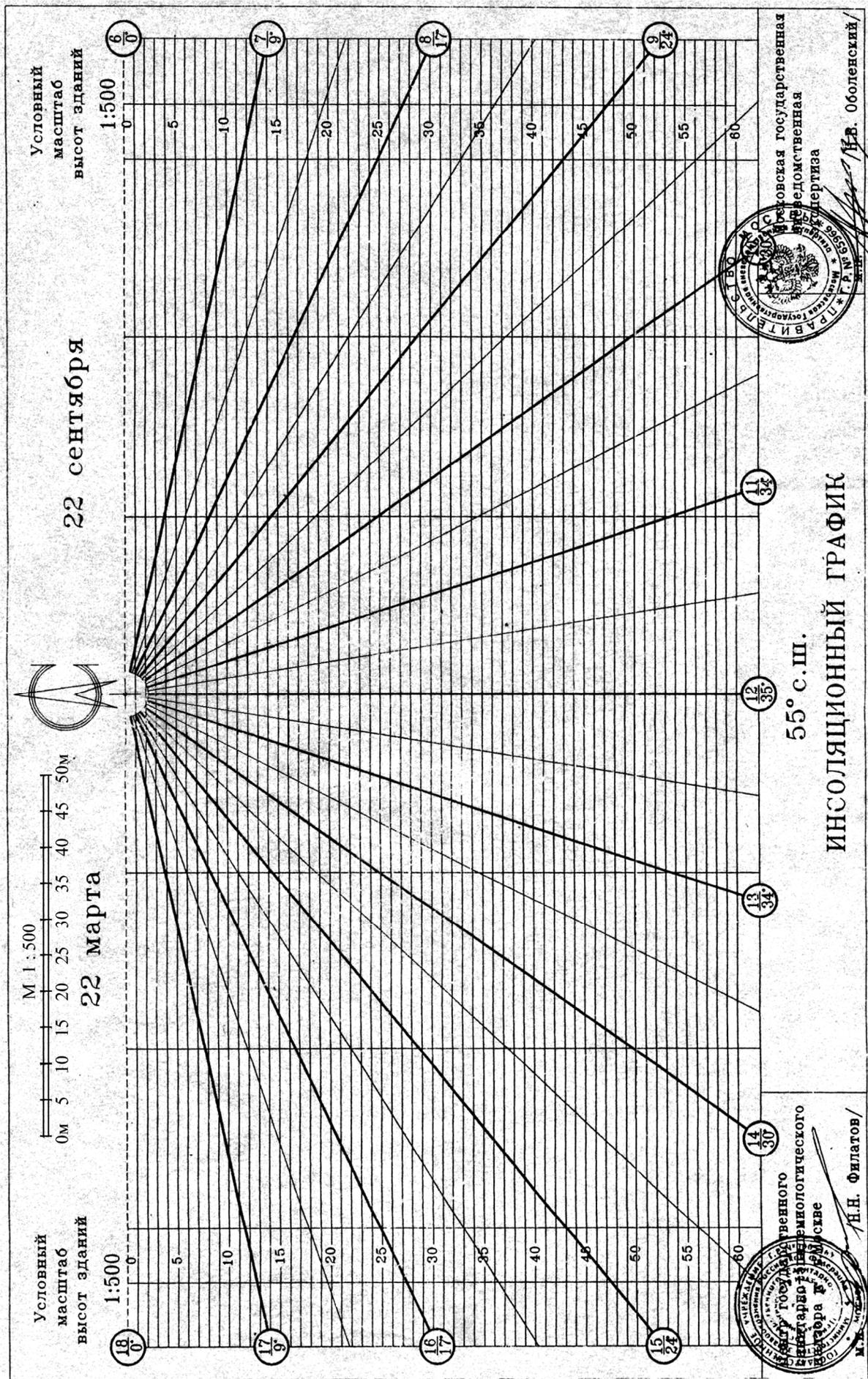


Рис. 107. Инсограф в уменьшенном виде (линейный масштаб см. сверху).

Практическое применение инсографика иллюстрируется серией типичных задач по определению продолжительности инсоляции территорий и помещений.

ЗАДАЧА №70. Определить продолжительность инсоляции расчетной точки М на земле в дни равноденствия в условиях застройки в Москве при высоте зданий «А» = 20м, «Б» = 15м и «В» = 6м (рис. 108).

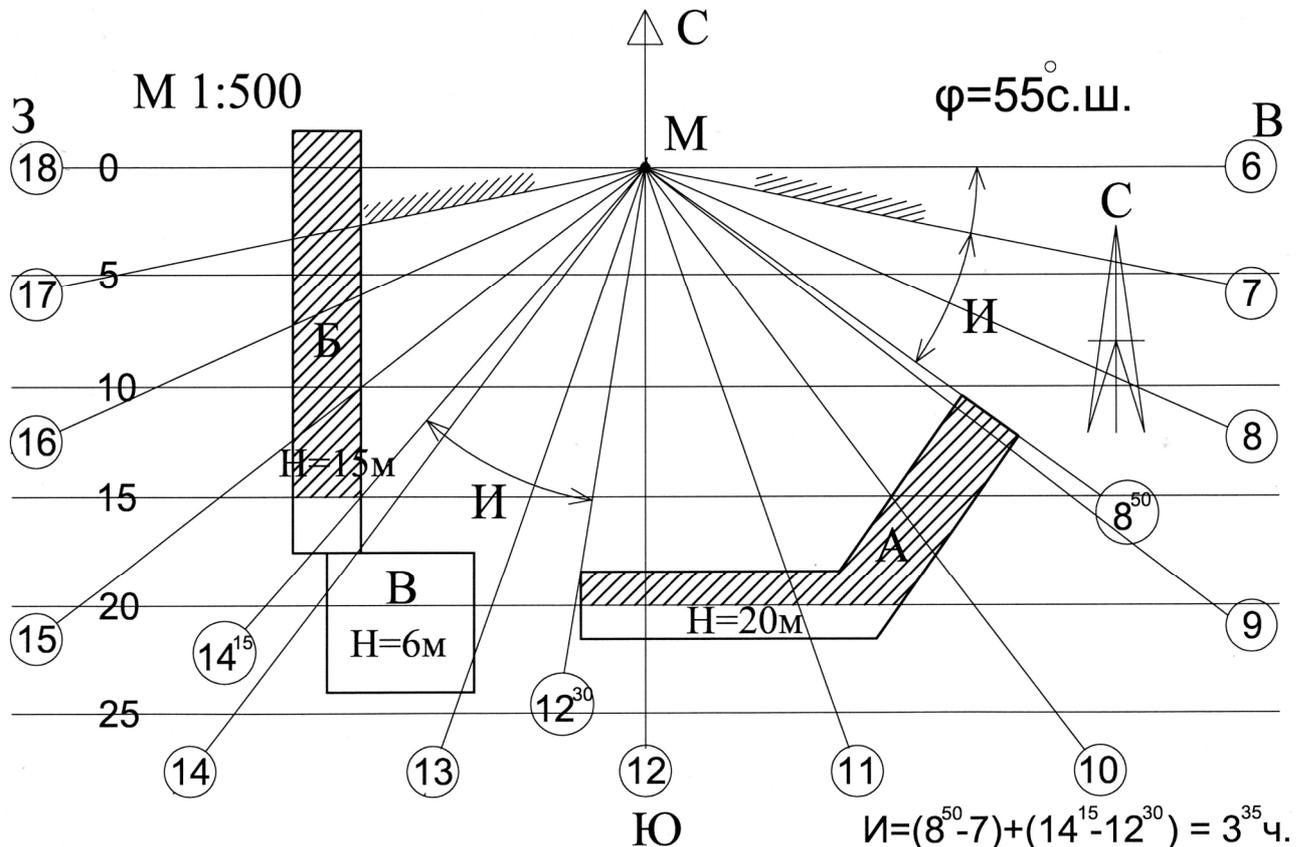


Рис. 108. Определение продолжительности инсоляции точки на земле.

РЕШЕНИЕ:

1. Центр инсографика совмещается с исследуемой точкой М и ориентируется по меридиану С-Ю в соответствии с ориентацией генплана. Масштаб шкалы превышений графика должен соответствовать масштабу чертежа.

2. План здания «А» пересекается горизонталью $H = 20\text{м}$ (превышение венчающего парапета или карниза здания над точкой М). Это значит, что заштрихованная часть здания затеняет точку с 8 час. 50 мин. до 12 час. 30 мин. Солнце освещает точку М с восхода до 8^{50} , затем скрывается за домом (т.е. тень от него наползает на точку) и выходит из-за его угла в 12^{30} (тень сползает с точки).

3. План здания «Б» пересекается горизонталью $H = 15\text{м}$: заштрихованная часть плана показывает затеняющее действие соответствующей части дома, тень от незаштрихованной части не дотягивается до точки. Соответственно, Солнце скрывается за карнизом (парапетом) дома «Б» в 14 час. 15 мин. и его лучи не попадают в расчетную точку до захода.

Учет **первых двух факторов** в расчетах инсоляции с помощью инсографика рассмотрен в задаче №70. При этом нужно отметить, что природная продолжительность «инсоляционного дня» на разных широтах отличается: на юге угол наклона солнечной траектории над горизонтом больше, чем на севере, поэтому разница в продолжительности светового дня (с восхода до захода Солнца) и инсоляционного (эффективное УФ-облучение) дня ощутима: в Сочи не учитываются первые и последние 50 мин. светового дня, в Мурманске – первые и последние 2 часа светового дня. Начало и конец инсоляции связаны с поднятием Солнца над горизонтом на угловую высоту $\geq 10^\circ$.

Третий фактор связан с габаритами окна в плане: при широком окне и тонкой стене теневого угла окна не превышает обычно $8-10^\circ$ (рис. 110А), в старых зданиях с толстыми стенами и узкими окнами он больше – $15 - 20^\circ$, а в комнатах с лоджиями еще больше (рис. 110Б).

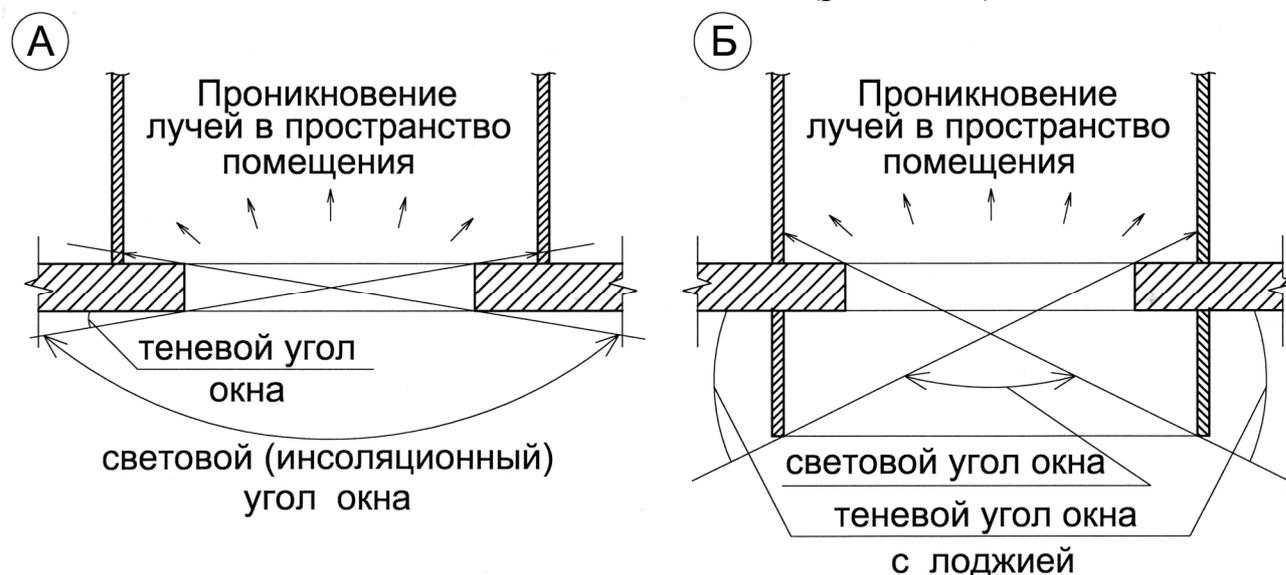


Рис. 110А, Б. Определение теневого угла окна на плане помещения.

1. Поэтому решение задачи №71 аналогично задаче №70 в учете двух первых факторов (см. рис. 109).

2. Теневого угла окна расчетной комнаты определяется по конкретному проекту (или задается преподавателем – см. рис. 98, 100-101). В данной задаче он принят равным 15° . Проведя из т. М (на рис. 109) линии теневого угла в обе стороны от окна, видим, что с утра он не влияет на инсоляцию, а после полудня прекращает инсоляцию помещения в 14 час. 50 мин.

3. В итоге инсоляция данного помещения складывается из трех промежутков: с 9^{20} до 10^{50} , с 11^{55} до 13^{00} и с 14^{10} до 14^{50} час., т.е. в сумме составляет 3 час. 15 мин., что отвечает нормативным требованиям, в т.ч. по условию, что один из промежутков инсоляции длится более 1 часа.

В случае с лоджией (рис. 110Б) продолжительность инсоляции помещения существенно сокращается в зависимости от геометрических параметров затеняющей лоджии.

В действующих нормах (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01) для максимально возможного увеличения продолжительности инсоляции через светопроем предложен сомнительный способ определения теневого (и светового) угла окна по переплетам (рис. 111) под предлогом, что солнечный луч, попадая на откос и подоконник окна, уже инсолирует внутреннее пространство помещения. На практике это дает выигрыш до 10–15 мин.

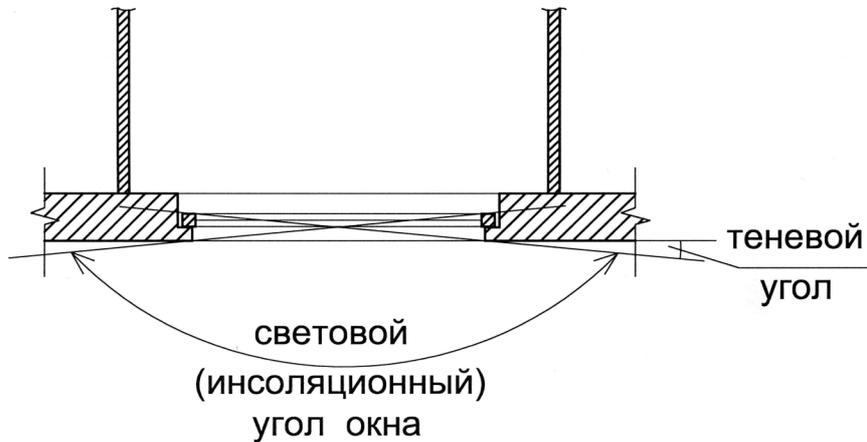


Рис. 111. Схема определения теневого угла по действующей методике расчета инсоляции.

ЗАДАЧА №72. Определить зону инсоляции в помещении в дни равноденствия в Москве (без учета затенения окружающей застройкой) в вариантах ориентации C_1 , C_2 или C_3 (ориентация и расчетный час дня – по заданию преподавателя) – рис. 112.

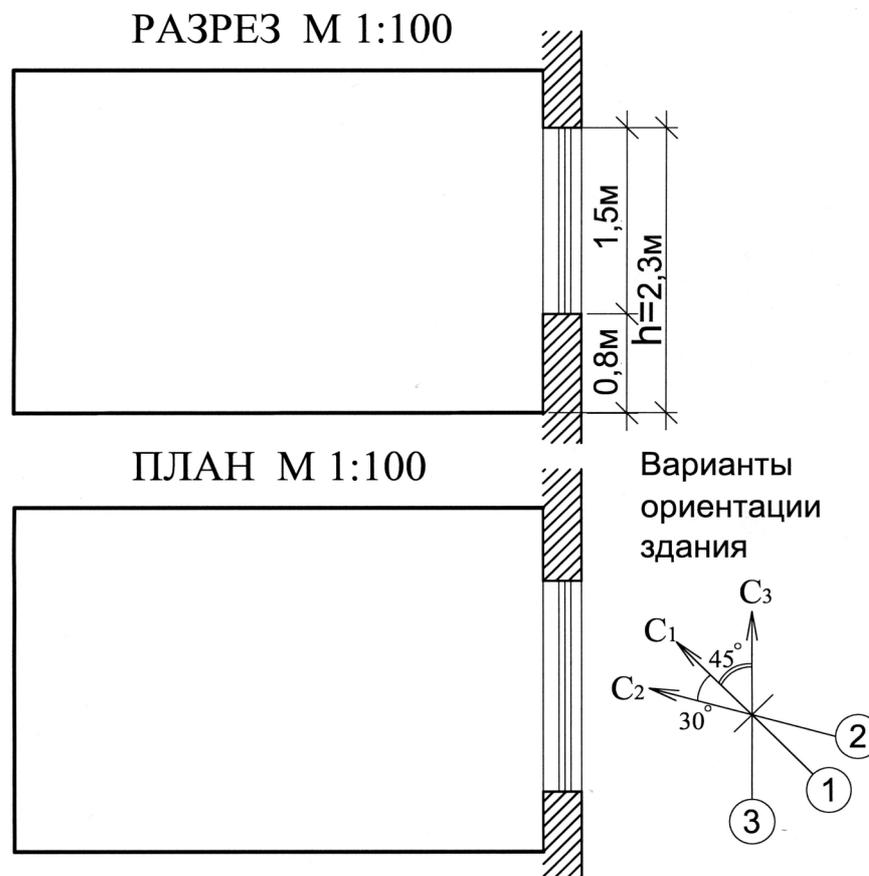


Рис. 112. Определение зон инсоляции в помещении при заданной ориентации (шкала превышений графика прошкалирована в М 1:100).

РЕШЕНИЕ: 1. При построении зон инсоляции (а по существу – теней от граней светопроема на полу и стенах помещения) график разворачивается на 180° : проекции солнечных лучей становятся направлениями теней от вертикали в соответствующие моменты дня. На плане помещения выбирается внешний угол окна (т.О), с которым совмещается центр графика, ориентированного в соответствии с ориентацией окна (в примере C_1 – на ЮВ).

2. На рис. 113А на плане и разрезе определены границы инсолируемого участка помещения (пол) в 10 час., на рис. 113Б – в 12 час. (пол и стена).

Последовательность построения по законам начертательной геометрии показана стрелками. Исходным параметром, с чего начинаются построения, служит высота до верха окна $h = 2,3\text{ м}$ в т.О (пересечение вертикального откоса с горизонтальной перемычкой – см. разрез). В масштабе чертежа (и графика) вертикаль O дает через т. O_1 отмеченную пунктиром тень, которая перемещается по полу в течение дня (с 6 до 13^{50} ч.). Аналогичную тень через т. O_2 дает подоконник.

Варианты ориентации помещения C_2 и C_3 решить самостоятельно.

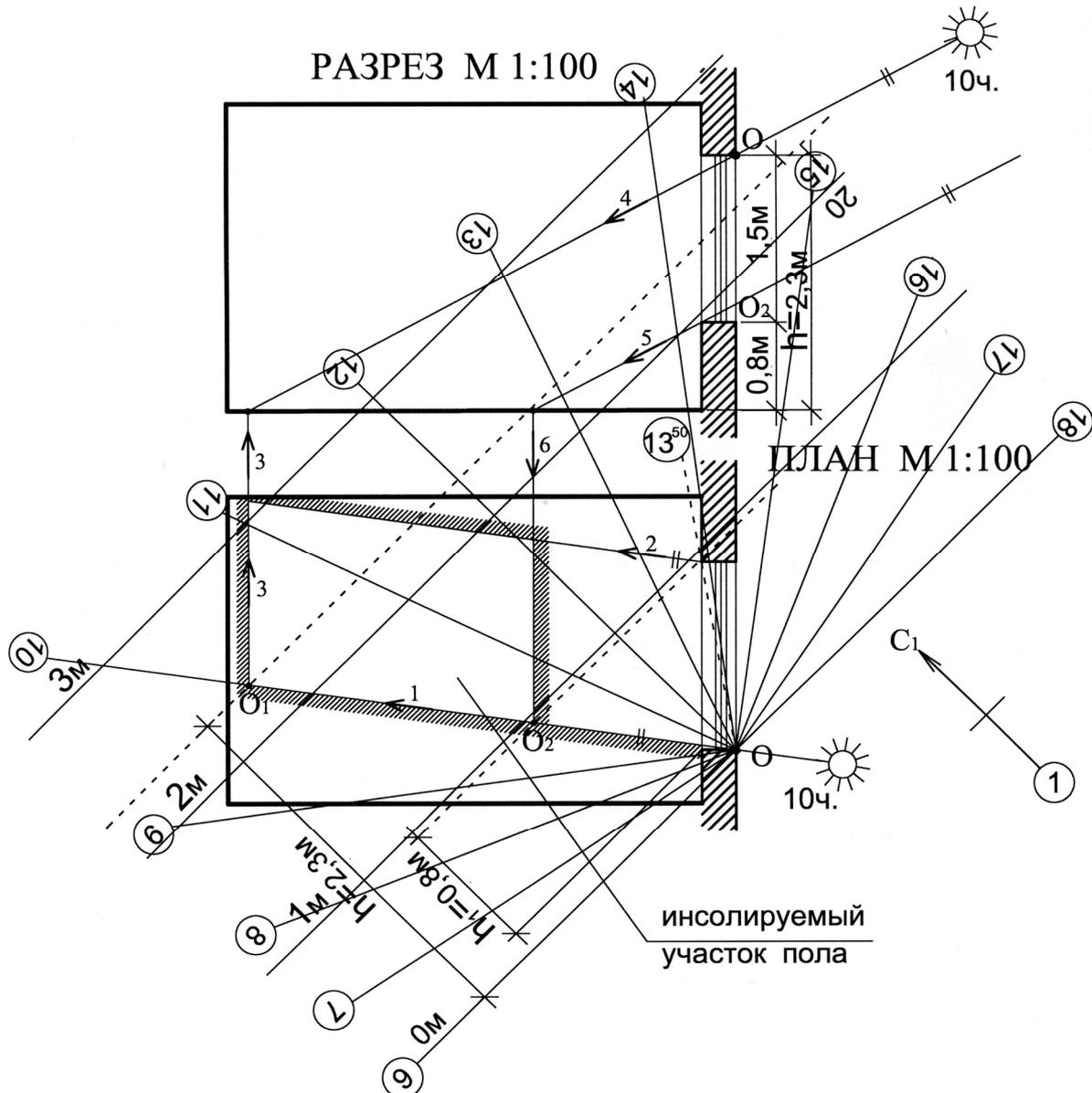


Рис. 113А. Графическое определение зоны инсоляции в помещении в 10 час. при варианте ориентации C_1 .

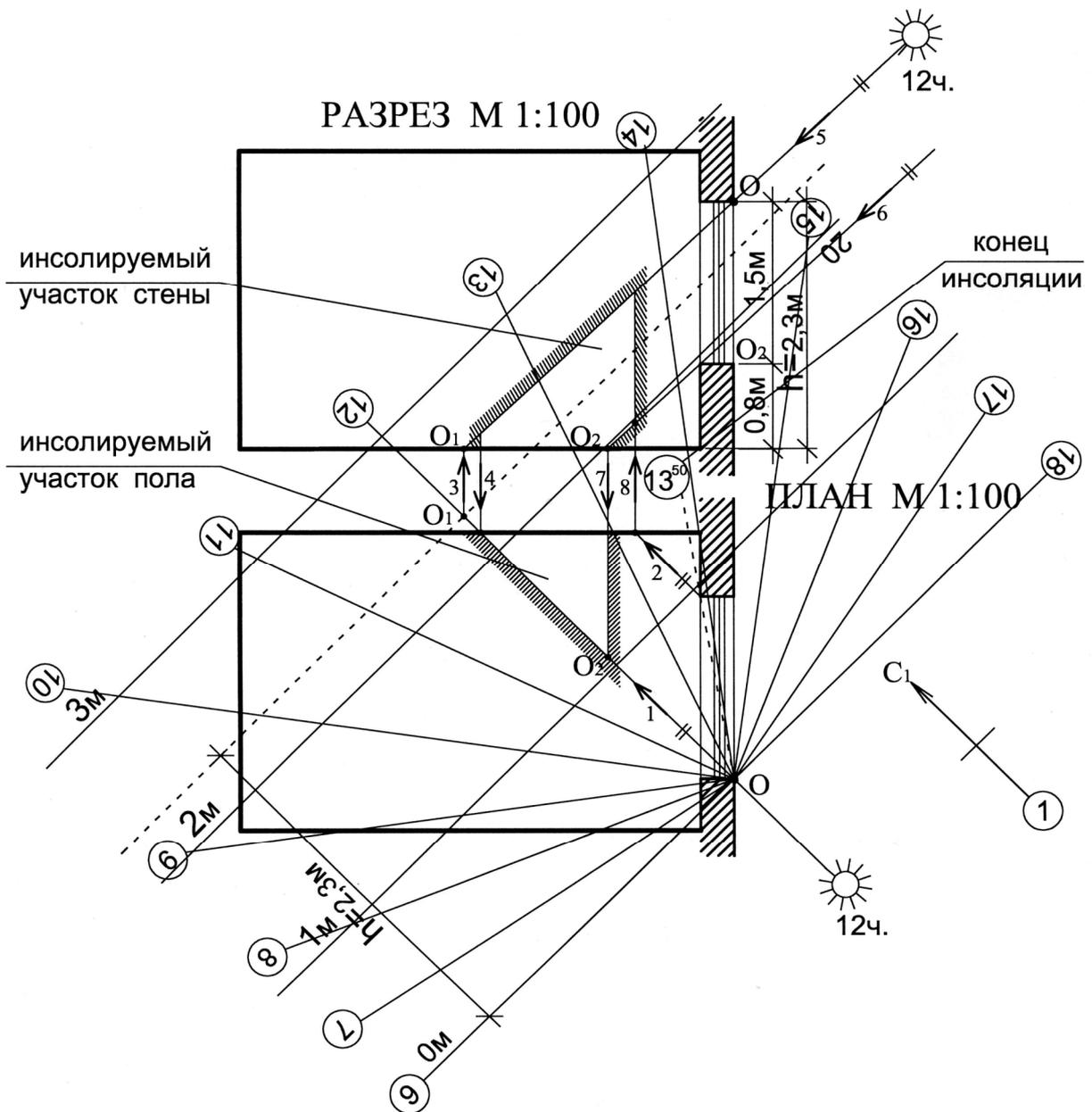


Рис. 113Б. Графическое определение зоны инсоляции в помещении в 12 час. при варианте ориентации C_1 .

ЗАДАЧИ №№73 – 75.

Определить зону инсоляции в помещении 22.03, 22.09, $\varphi = 55^\circ$ с.ш. в вариантах ориентации C_1 , C_2 или C_3 (ориентация и расчетный час дня – по заданию преподавателя) – рис. 114 – 116.

ЗАДАЧА №73. Расчетные часы: C_1 – 9 час, 13 час, 14 час; C_2 – 10 час, 12 час, 13 час; C_3 – 8 час, 10 час, 12 час.

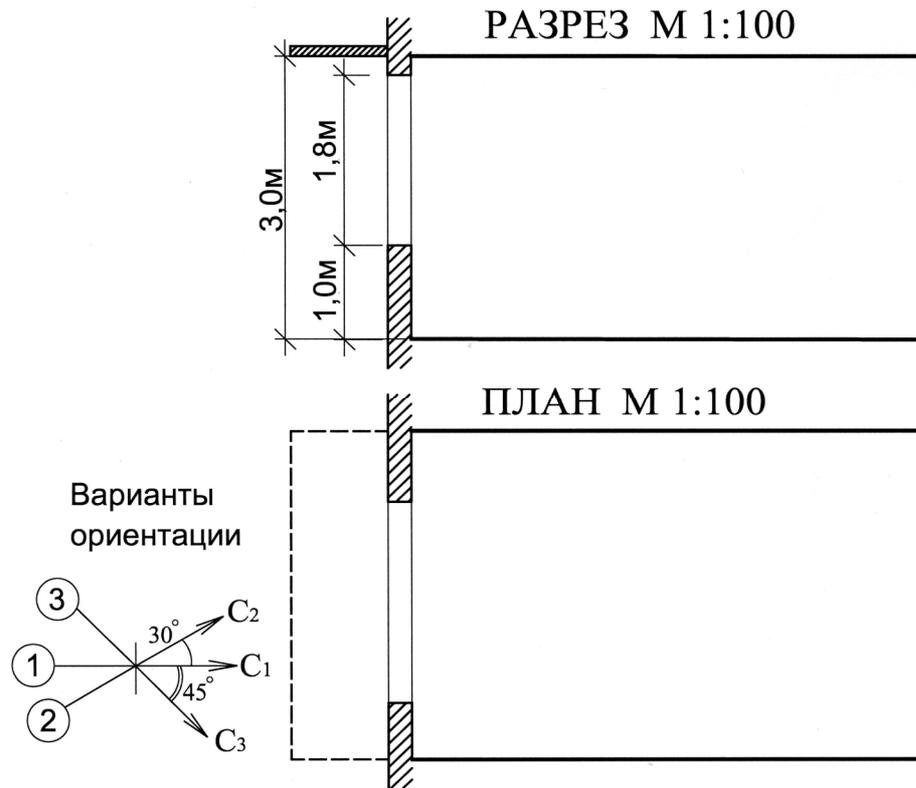


Рис. 114.

ЗАДАЧА №74. Расчетные часы: C_1 – 10 час, 13 час, 15 час; C_2 – 9 час, 12 час, 14 час; C_3 – 11 час, 14 час, 16 час.

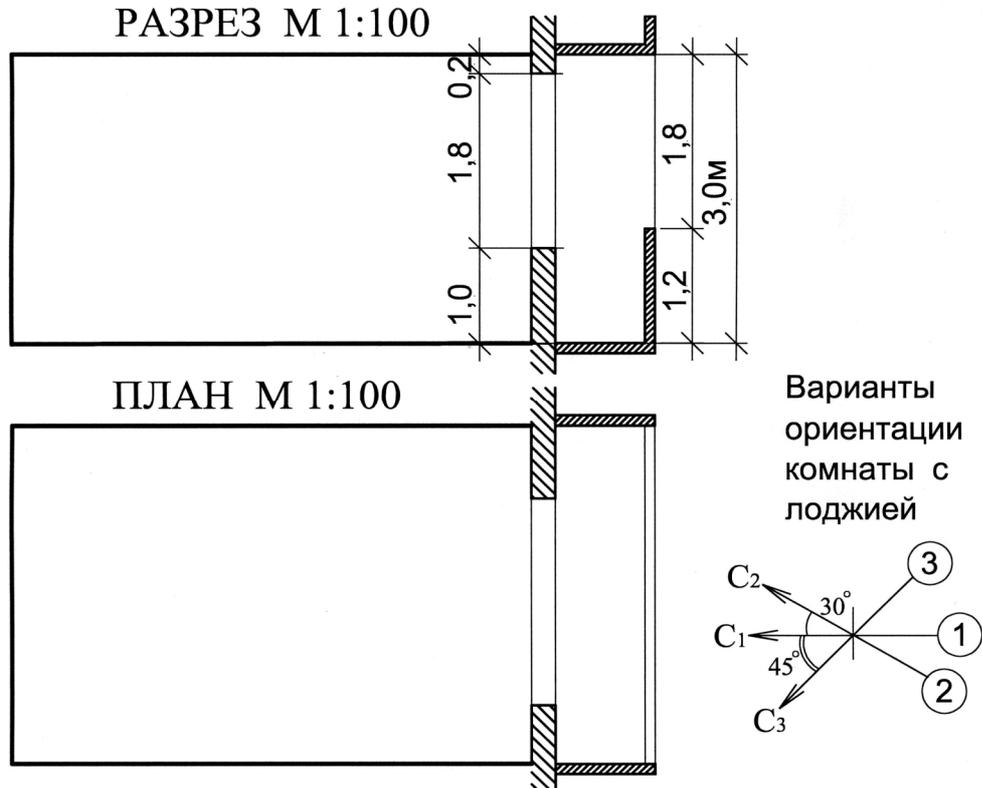


Рис. 115.

ЗАДАЧА №75. Расчетные часы: C_1 – 10 час, 12 час, 14 час; C_2 – 9 час, 11 час, 13 час; C_3 – 8 час, 10 час, 12 час.



Рис. 116.

ЗАДАЧА №76. Построить тень на фасаде здания А, отбрасываемую зданием Б в дни равноденствия на широте $\varphi = 55^\circ$ с.ш. в час. солнечного дня, для варианта ориентации генплана C_1 , C_2 или C_3 (вариант и расчетный час дня задаются преподавателем) – рис. 117.

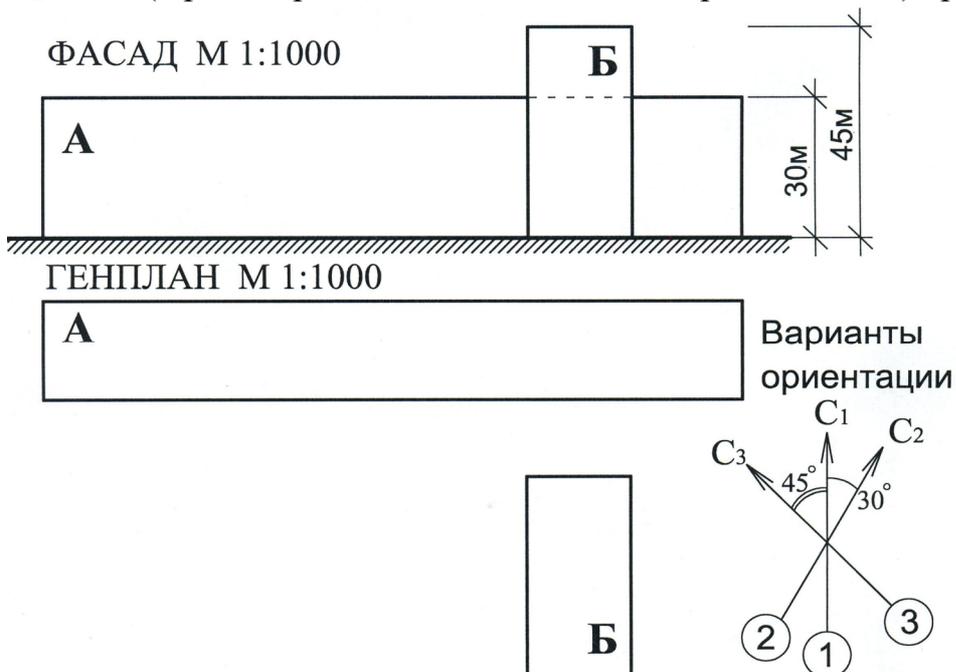


Рис. 117. Построение тени на фасаде здания.

РЕШЕНИЕ:

1. На генплане М 1:1000 выбирается угол О затеняющего здания Б и центр инсографика (прошкалированного в М 1:1000 и повернутого на 180°) совмещается с этой точкой, а проекция его полуденного луча ориентируется в соответствии с ориентацией генплана С₁.

2. На плане пунктиром отмечается горизонталь, соответствующая высоте здания Б (45м), на которой будут заканчиваться все тени на земле от угла О.

3. В заданный час (например, в 9 час. утра) определяется направление и длина тени от угла О. Другие тени строятся по законам начертательной геометрии. Последовательность решения задачи показана стрелками с цифрами (рис. 118).

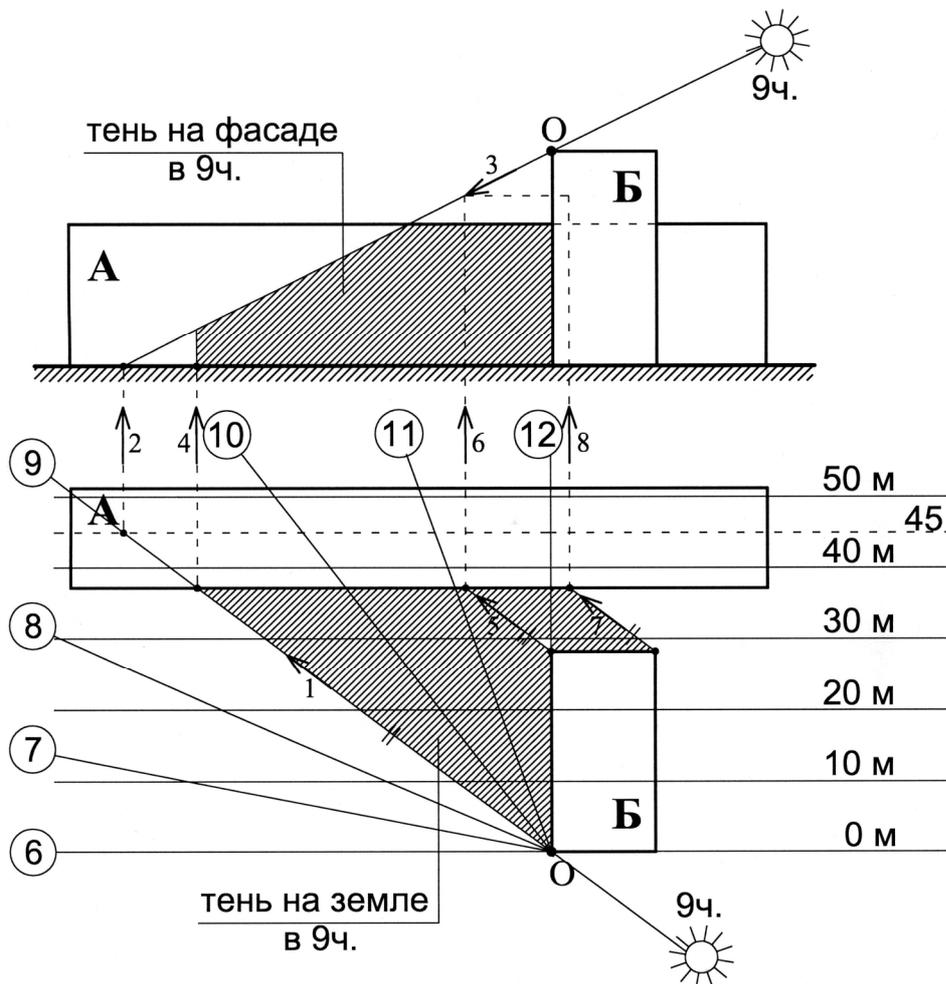


Рис. 118. Построение тени от дома Б на фасаде здания А и на земле в 9 час. в дни равноденствия.

ЗАДАЧИ №№ 77-78. Построить тень на фасаде здания А от здания Б на широте $\varphi = 55^\circ$ с.ш. 22.03 и 22.09 для варианта ориентации C_1 , C_2 или C_3 (вариант ориентации и расчетный час дня задаются преподавателем).

ЗАДАЧА №77. Расчетные часы: C_1 – 9 час, 11 час; C_2 – 10 час, 12 час; C_3 – 11 час, 13 час.

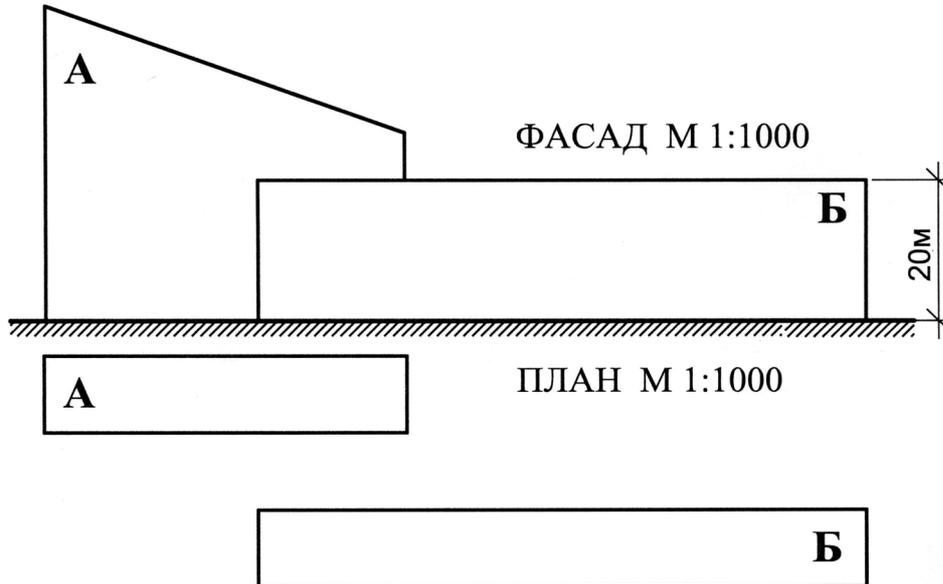
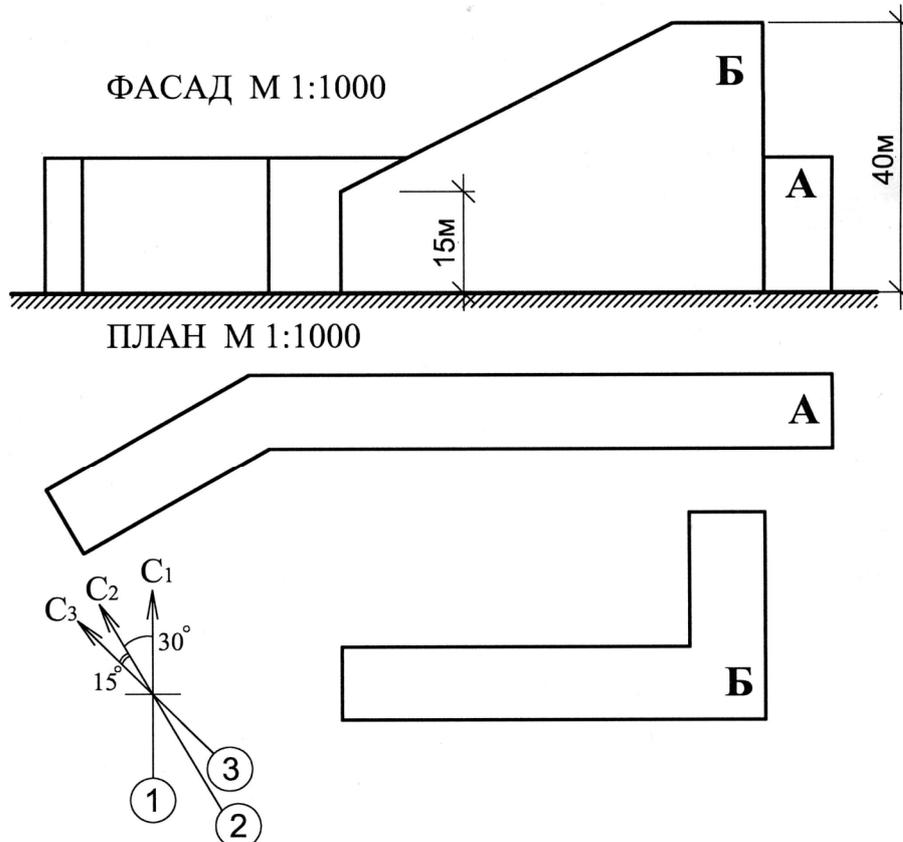


Рис. 119.

ЗАДАЧА №78. Расчетные часы: C_1 – 9 час, 11 час; C_2 – 10 час, 13 час; C_3 – 11 час, 13 час.



Варианты ориентации
к рис. 119, 120

Рис. 120.

ЗАДАЧА №79. Показать ход тени через каждый час на фасаде здания с выступающим блоком в дни равноденствия на широте $\varphi = 55^\circ$ с.ш. при вариантах ориентации C_1 , C_2 или C_3 (по заданию преподавателя).

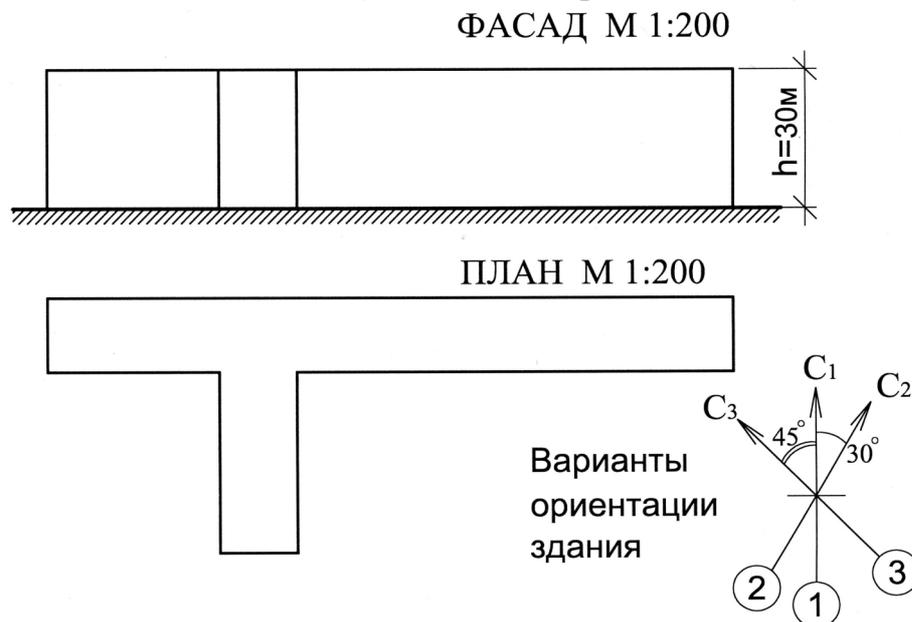


Рис. 121. Построение хода тени на фасаде основного здания от выступающего блока.

РЕШЕНИЕ:

1. Перевернутый на 180° график сориентировать на плане по меридиану С-Ю, совместив его центр с углом выступающего блока по варианту ориентации C_2 (рис. 122).

2. Найти на плане первоначальное направление тени от угла (вертикали) O в момент восхода Солнца (бч.), которое оказывается на пересечении соответствующей азимутальной линии графика с линией основного фасада в т.А на плане.

3. Поскольку в момент восхода лучи Солнца идут параллельно горизонтальной плоскости земли, тень от т.О на фасаде будет на том же уровне, т.е. на карнизе. Для того, чтобы найти действительное положение тени на карнизе, достаточно провести вертикаль из т. А на плане до пересечения с линией карниза в т.А на основном фасаде.

4. Точка Б на пересечении линии горизонта $h = 30\text{м}$ (высота дома по инсографу) с линией основного фасада на плане определяет место, где тень переходит с фасада на землю.

5. Соединив пунктиром на фронтальной плоскости фасада точки А и Б, получим след хода тени на фасаде от точки О.

6. Вертикали, восстановленные из точек пересечения азимутальных (часовых) линий графика с линией фасада на плане до линии следа тени АБ на фасаде, определяют рисунок тени от выступающего блока для соответствующих часов дня.

7. Полученное построение показывает, что затенение правой части основного фасада выступающим блоком начинается в 10 час. 20 мин. и заканчивается в 15 час. 30 мин. (Солнце уходит с фасада).

Аналогично можно определить характер затенения с восхода до 10 час. 20 мин. Варианты ориентации C_1 и C_3 решить самостоятельно.

ЗАДАЧИ №№ 80-81. Показать почасовой ход тени на фасаде здания 23.03, 29.09 для $\varphi = 55^\circ$ с.ш. при вариантах ориентации C_1 , C_2 или C_3 (по заданию преподавателя).

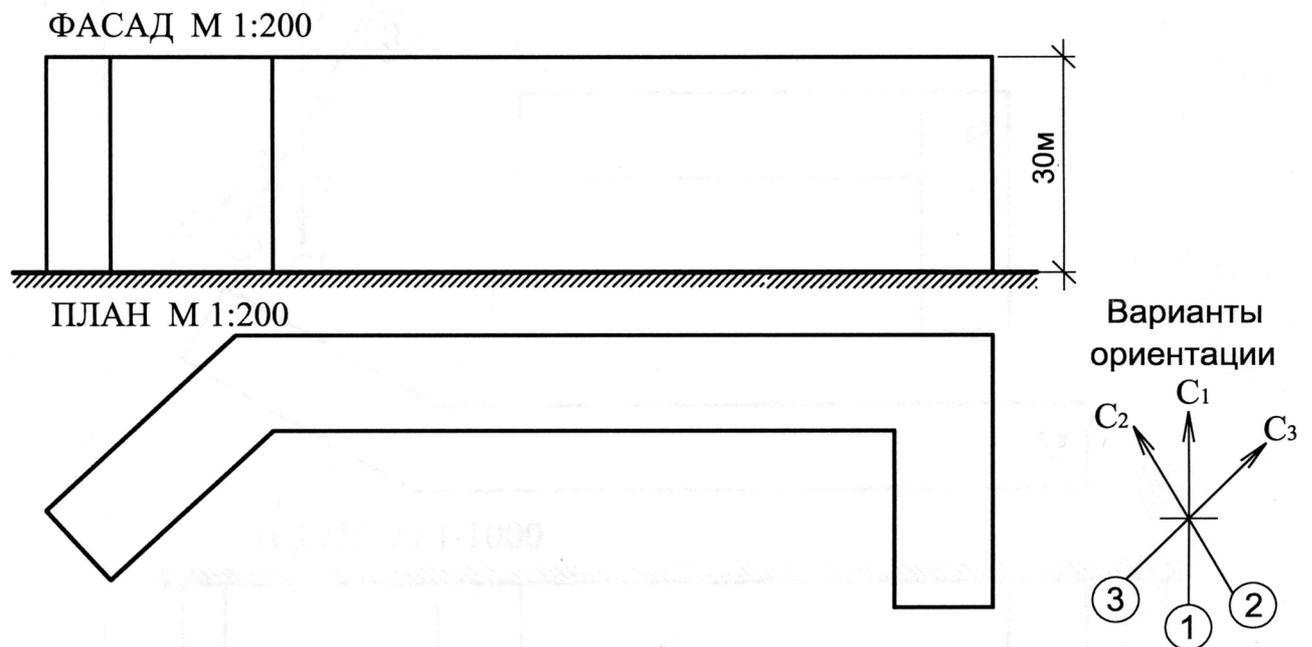


Рис. 123. Задача № 80.

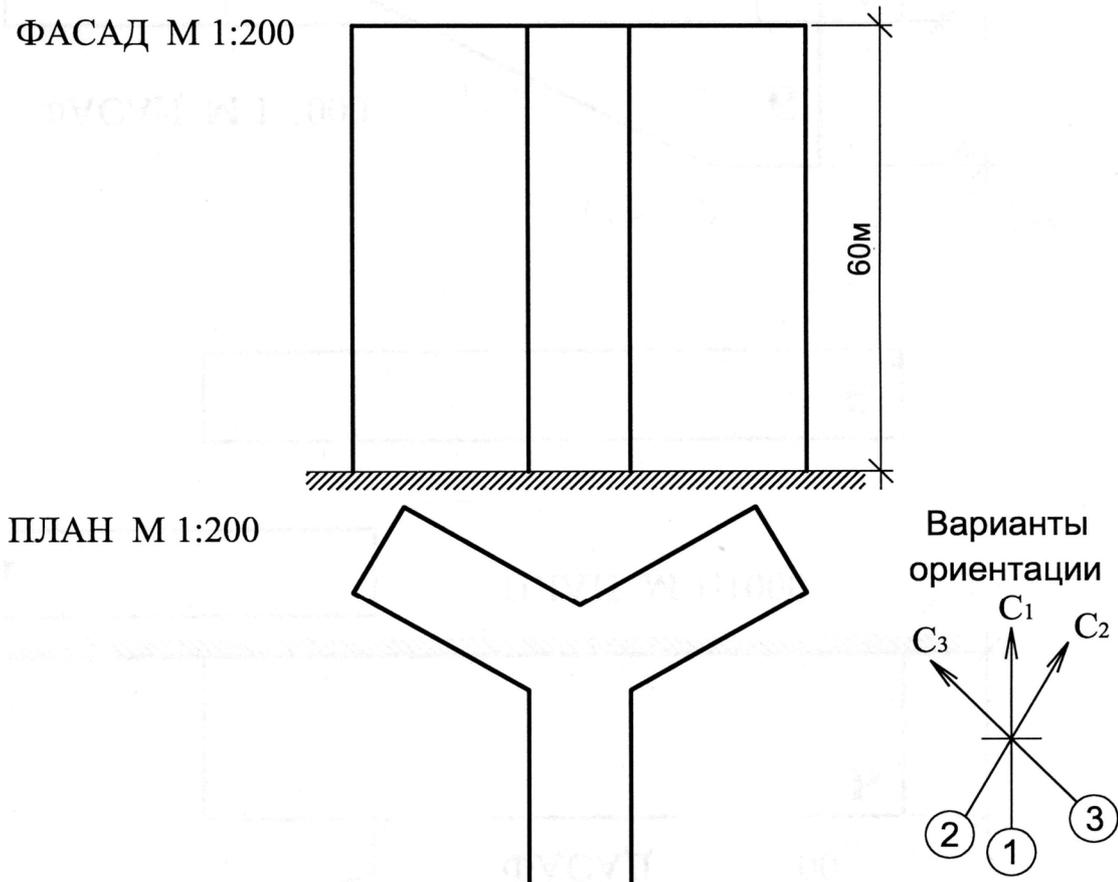


Рис. 124. Задача № 81.

ЗАДАЧА №82. Построить тень от козырька в ... час. на фасаде со светопроемом в дни равноденствия на широте $\varphi = 55^\circ$ с.ш. при вариантах ориентации C_1 , C_2 или C_3 (ориентация и расчетный час – по заданию преподавателя) – рис. 125.

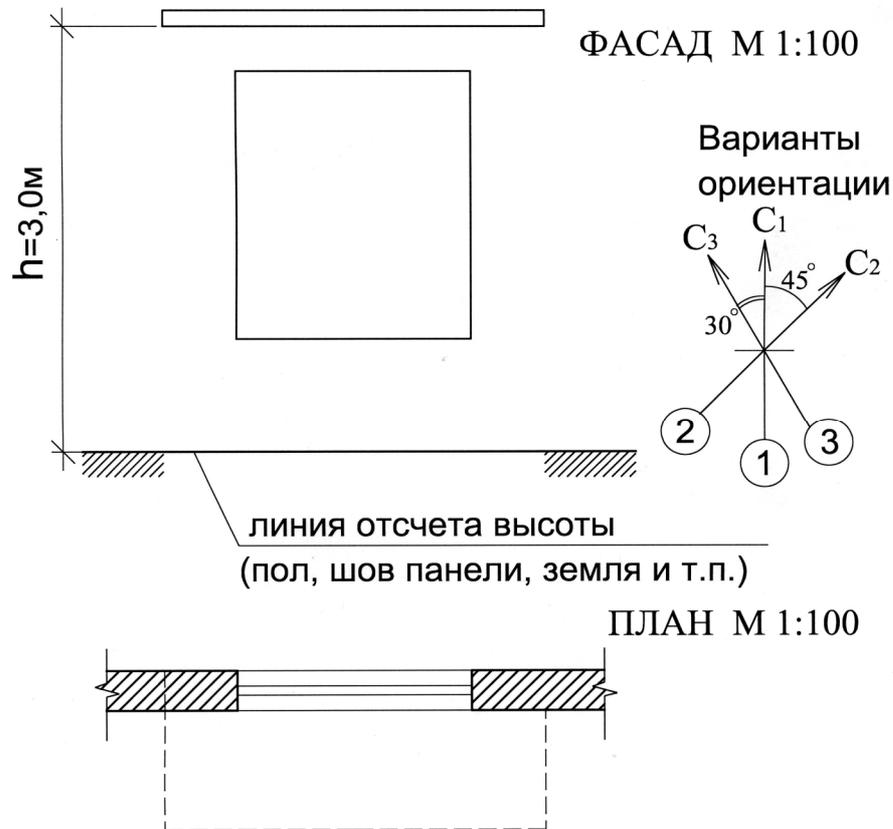


Рис. 125. Построение тени от козырька в 11 час. для варианта ориентации C_2 .

РЕШЕНИЕ:

1. Центр перевернутого на 180° инсографика совместить с характерной точкой O затеняющего козырька на плане и сориентировать его по сторонам горизонта с соответствием с заданным вариантом C_2 – рис. 126.

2. Мнимая вертикаль OO_1 на фасаде, как бы «подпирающая» выступающий угол O козырька, отбросила бы тень на «земле» (условная горизонталь как линия отсчета высоты), заканчивающуюся в т. A плана на линии превышения графика $h = 3\text{м}$.

3. Азимутальная 11-часовая тень от вертикали O на плане закончится в т. A . Спроецировать точку A на фасадный разрез земли в т. A_1 и определить направление тени на плоскости стены от выступающей грани козырька OA_1 .

4. Глубина этой тени на стене и стекле окна на фасаде определяется точкой 3 . Дальнейшее построение по законам начертательной геометрии показано пронумерованными стрелками.

Рисунок тени в другие часы и при других ориентациях выполнить самостоятельно.

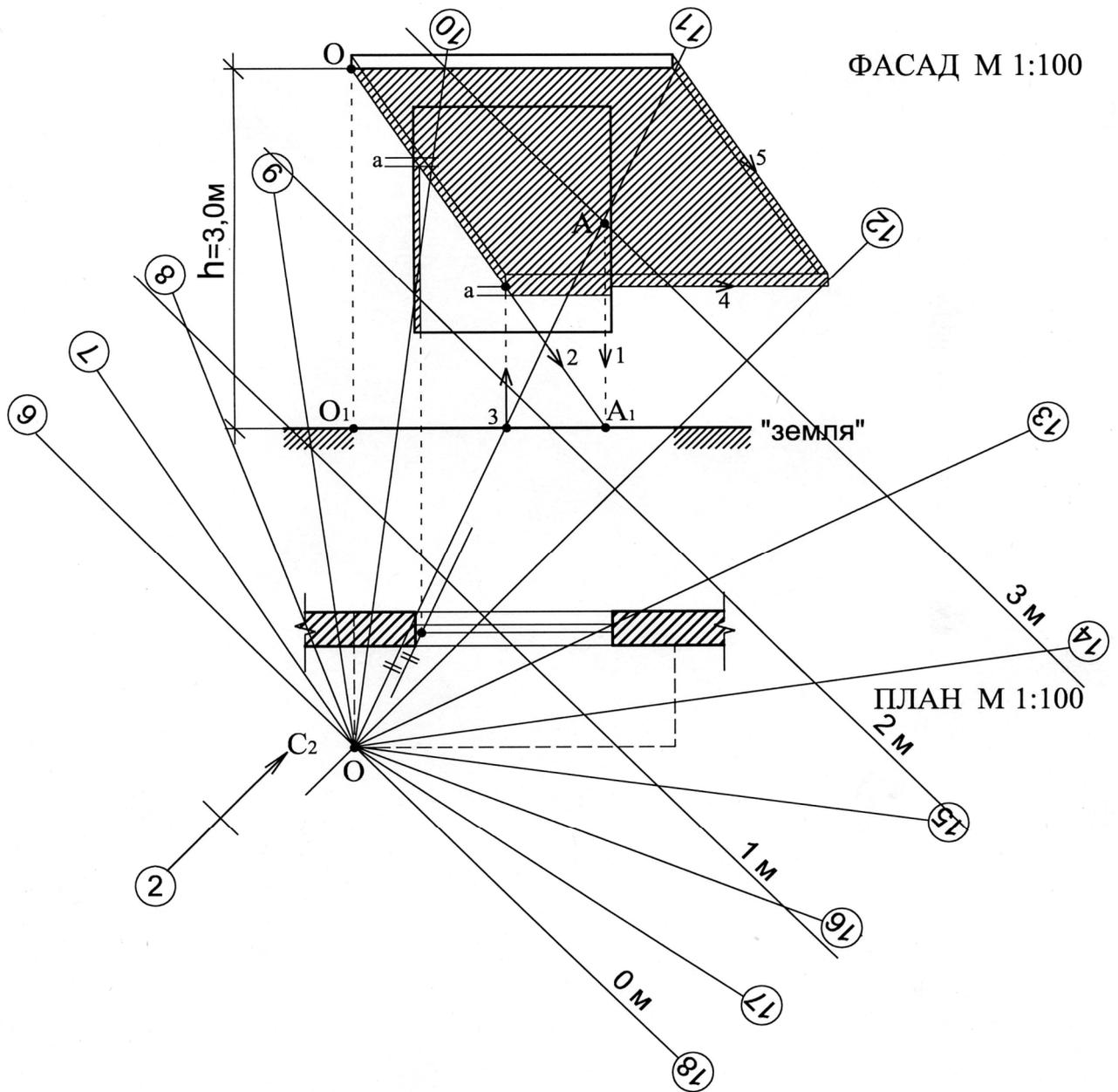


Рис. 126. Построение тени от козырька на ЮВ фасаде здания в 11 час. для варианта ориентации C_2 .

Учебное издание

Николай Иванович Щепетков

**Сборник задач по архитектурной светологии
Часть вторая: Свет Солнца в архитектуре**

Под редакцией Н.И.Щепеткова

Издание подготовлено на кафедре
«Архитектурной физики»

Подписано в печать 21.11.11
Формат 60x90/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 8,75.
Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт
(государственная академия)»
107031, Москва, ул. Рождественка, д.11,
Тел.: (495) 625-50-82, (495) 624-79-90.