



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

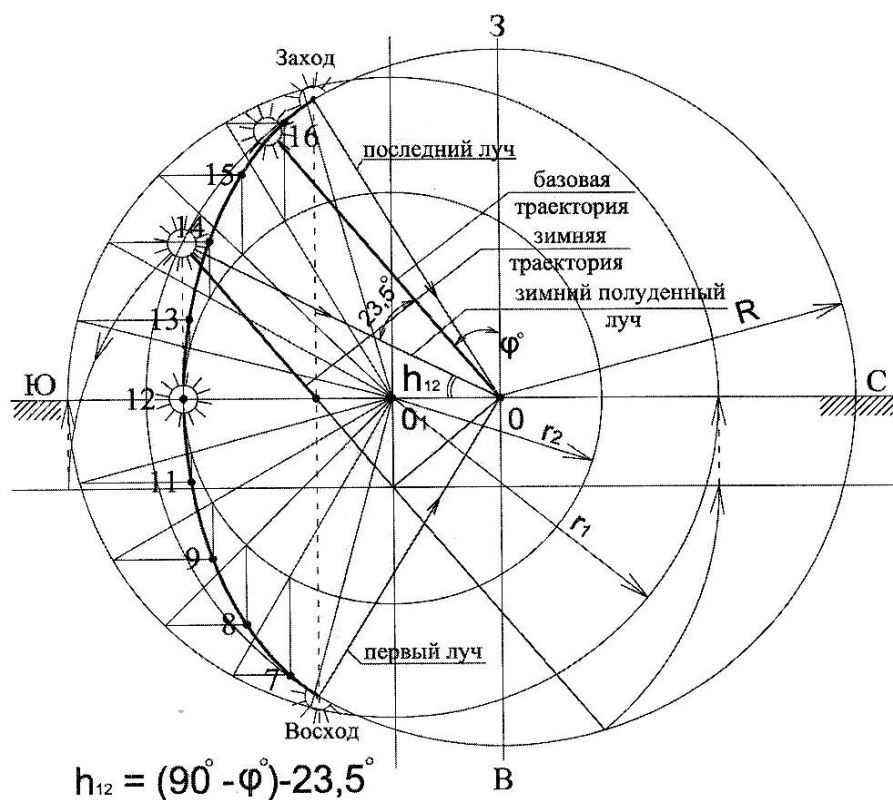
Белорусский национальный  
технический университет

Кафедра «Градостроительство»

Н. Н. Шуляковская

# АРХИТЕКТУРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Пособие к выполнению курсовой работы  
«Аэрация и инсоляция жилой застройки»  
по дисциплине «Архитектурная физика»



Минск  
БНТУ  
2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Градостроительство»

Н. Н. Шуляковская

АРХИТЕКТУРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ  
ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ОБРАЗОВАНИЙ

Пособие к выполнению курсовой работы  
«Аэрация и инсоляция жилой застройки»  
по дисциплине «Архитектурная физика»  
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»  
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2017

УДК 697.95+699.885(075.8)

ББК 38.762.2я7

Ш96

Рецензенты:

канд. архитектуры, доцент Панченко Т. А. (кафедра «АПиР»  
УО «Брестский государственный университет»),

канд. архитектуры, главный архитектор проекта Лагутёнок Д. В.  
(УП «БелНИИПградостроительства»)

**Шуляковская, Н. Н.**

Ш96

Архитектурно-экологические обоснования формирования жилых градостроительных образований: пособие к выполнению курсовой работы «Аэрация и инсоляция жилой застройки» по дисциплине «Архитектурная физика» для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн» / Н. Н. Шуляковская. – Минск : БНТУ, 2017. – 59 с.

ISBN 978-985-583-118-2.

В пособии содержится информация, необходимая для выполнения студентами специальностей «Архитектура» и «Архитектурный дизайн» курсовой работы по дисциплине «Архитектурная физика»: необходимые для расчета и проектирования нормативные материалы в целях приобретения навыков ведения научных исследований, инженерных расчетов в области аэрационных процессов и светотехнических явлений, предъявляемые требования, описывается порядок выполнения курсовой расчетно-графической работы.

УДК 697.95+699.885(075.8)

ББК 38.762.2я7

ISBN 978-985-583-118-2

© Шуляковская Н. Н., 2017

© Белорусский национальный  
технический университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Исходные данные и состав курсовой расчетно-графической работы .....	4
2. Порядок выполнения курсовой расчетно-графической работы и необходимые расчеты .....	4
2.1. Определение плотности застройки жилой территории.....	7
2.2. Исследование условий аэрации городской застройки и зданий .....	10
2.3. Исследование условий инсоляции городской застройки и зданий.....	29
Рекомендуемая литература.....	48
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Задачи по инсоляции.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Примеры решения фасадов с остеклением различной ориентации жилых зданий.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Примеры типовых жилых схем, используемых для застройки микрорайонов .....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Пример задания .....	58

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовая расчетно-графическая работа составлена на основе типовой учебной программы дисциплины «Архитектурная физика» и имеет целью показать взаимосвязь дисциплин, изучаемых студентами архитектурной специальности в процессе проектирования. Курсовая работа состоит из трех частей: оценки показателей плотности, инсоляции, аэрации жилой застройки. Результаты расчетов, выполненных по каждой части, взаимосвязаны и являются исходными данными для последующих этапов проектирования. При правильной организации подготовки и выполнения курсовой расчетно-графической работы студенты получают возможность приобретения навыков ведения научных исследований, инженерных расчетов в области аэрационных, акустических процессов обработки экспериментальных данных, полученных математическим и графическим путем.

### **1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Курсовая расчетно-графическая работа выполняется на основе оценки показателей плотности, аэрации и инсоляции застройки и разработки архитектурно-планировочных требований к городской застройке и зданиям. По заданному плану застройки (масштаб М 1 : 1000) производится анализ существующих зданий: этажность, форма зданий в плане, положение географического севера, предполагаемые границы участка застройки.

Заданную схему плана застройки следует рассматривать как основу для выполнения курсовой работы. Допускается внесение изменений в архитектурно-планировочное решение застройки, однако они должны быть согласованы с руководителем проектирования.

### **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ И НЕОБХОДИМЫЕ РАСЧЕТЫ**

Выполнение работы начинается с анализа расположения предложенной территории жилой застройки в градостроительном плане города. Анализируются близость производственных объектов, наличие развитой инфраструктуры, характер объемно-пространственной организации и композиции жилой застройки, озеленение и обводнение территорий.

Следующим шагом является определение границы участка жилой застройки.

Определение границ участка застройки осуществляется по согласованию с преподавателем согласно ТКП 45-3.01-116–2008 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки» (п. 6.1.3, 7.4, 9.2, 2.2.4).

Согласно п. 6.1.3 ТКП 45-3.01-116–2008 необходимо выделить следующие структурно-планировочные элементы:

— до 10 га включительно (квартал) — территория, не расчлененная улицами, в структуре которой размещаются жилая застройка, объекты общественного социально-гарантированного обслуживания;

— от 11 до 50 га включительно (группа кварталов или микрорайон) — территория, не расчлененная магистральными и районными улицами, в пределах которой размещаются жилая застройка, учреждения и предприятия социально-бытового обслуживания, учебно-воспитательные учреждения, иные объекты, не противоречащие жилой функции.

Согласно Системе регламентов Генерального плана г. Минска на одного проживающего в жилом доме требуется  $13 \text{ м}^2$  придомовой территории, из них на одного проживающего должно быть  $9 \text{ м}^2$  озелененной территории (табл. 9.1 ТКП 45-3.01-116–2008), рис. 2.1.

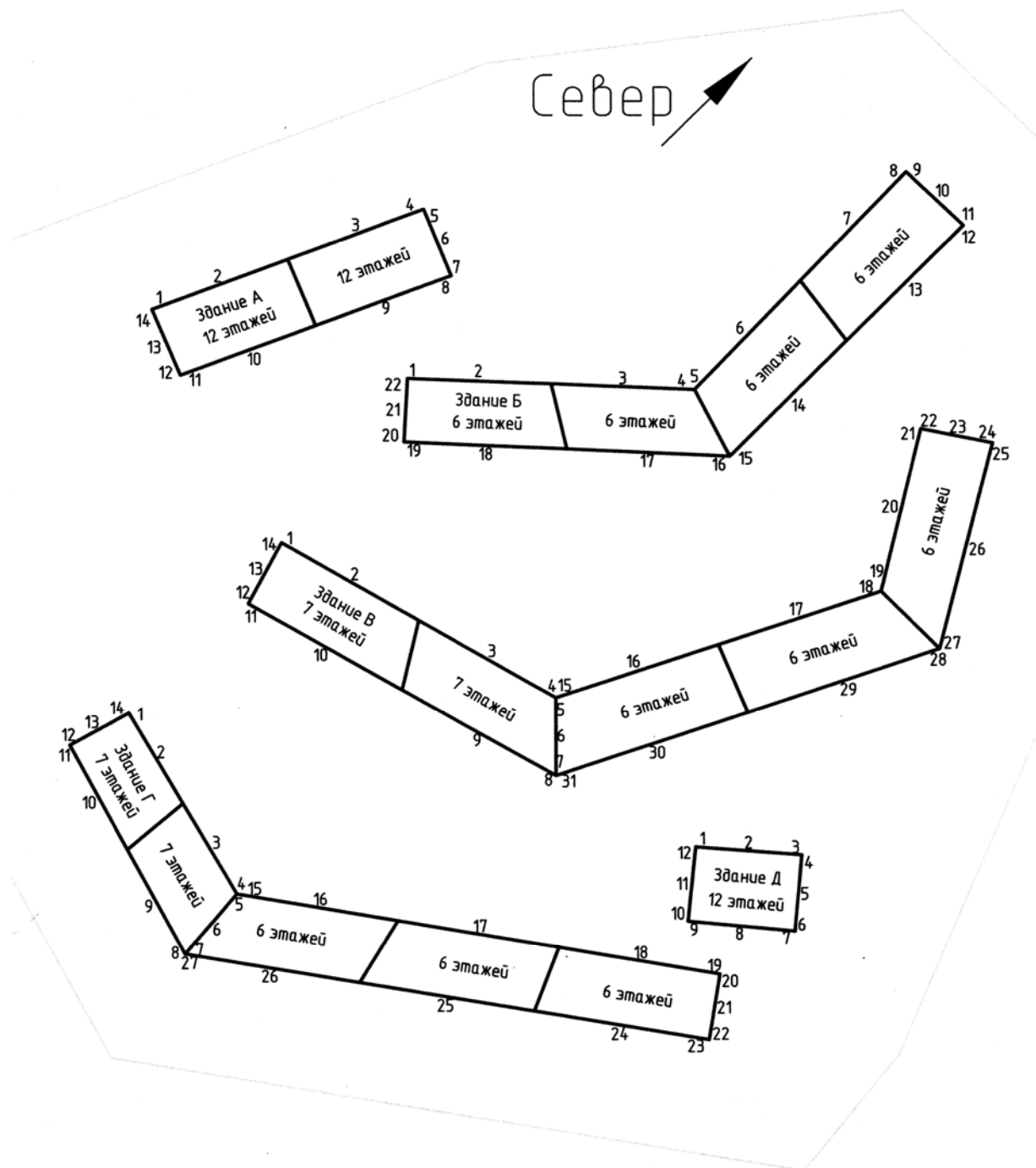


Рис. 2.1. Границы участка жилой застройки. Нанесение характерных точек

*Придомовой территорией* является земельный участок, предназначенный для строительства и обслуживания жилого дома. Придомовая территория включает:

- 1) часть земельного участка, занятую строением дома;
- 2) часть земельного участка, необходимую для его эксплуатации, в том числе для размещения элементов озеленения и благоустройства (проезды, парковки, детские, игровые, физкультурные и хозяйственные площадки, зоны тихого отдыха взрослых).

При расчетах следует учитывать классификацию жилых домов, принятую в СТБ 1154:

- по этажности (малоэтажные — 1–3 этажа, среднеэтажные — 4–5 этажей, многоэтажные — 6–9 этажей, повышенной этажности — 10 этажей и более);
- числу квартир (многоквартирные, блокированные, одноквартирные);
- наличию приусадебных участков (усадебные).

Согласно п. 6.2.7 ТКП 45-3.01-116–2008 минимальные расстояния от окон жилых домов следует принимать до площадок, м:

— для занятий физкультурой (в зависимости от шумовых характеристик)	—		не менее 10;
— хозяйственных целей	—	то же	20;
— выгула собак	—	“	40;
— для автостоянки	—		по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Минимальное расстояние от жилых домов

Здания и границы участков, до которых определяется расстояние	Минимальное расстояние от стен многоуровневых автостоянок и границ участков открытых одноуровневых автостоянок, м, при количестве автомобилей				
	До 10 включительно	11–50	51–100	101–300	Свыше 300
Фасады жилых домов и торцы с окнами	10	15	25	35	50
Торцы жилых домов без окон	10	10	15	25	35
Общественные здания	10	10	15	25	25
Границы участков школ, детских учреждений, площадок отдыха, спорта	15	25	25	50	*
Границы лечебных учреждений стационарного типа	25	50	*	*	*
* Определяется по согласованию с органами государственного санитарного надзора.					
1. Подъезды к отдельно стоящим автомобильным стоянкам и парковкам вместимостью более 50 машино-мест должны быть удалены от окон жилых зданий, рабочих помещений общественных зданий, от границ участков школ, детских дошкольных и лечебных учреждений не менее чем на 10 м.					
2. В условиях усадебной застройки расстояние устанавливается до границ приусадебных земельных участков.					
3. Встроенные и пристроенные автомобильные стоянки, в том числе паркинги и гаражи, должны проектироваться по действующим ТНПА.					

Расстояния от площадок для мусоросборников до физкультурных площадок, площадок для игр детей и отдыха взрослых, а также до границ детских дошкольных учреждений, лечебных учреждений и учреждений питания следует принимать не менее 20 м, а от площадок для хозяйственных целей до наиболее удаленного входа в жилое здание — не более 50 м.

Определение параметров плотности, аэрации и инсоляции зависит от качества проводимого анализа жилых территорий по соответствующим показателям. Характер оценки жилых территорий носит описательный характер с математическим анализом всех коэффициентов. Их изменение будет зависеть от новых архитектурно-планировочных решений рассматриваемой застройки.

## 2.1. Определение плотности застройки жилой территории

Характер объемно-пространственной организации и композиции жилой застройки зависит и предопределяются интенсивностью застраиваемой территории, т. е. ее плотностью. Согласно п. 6.2.4 ТКП 45-3.01-116–2008 *плотность* показывает эффективность градостроительного использования жилых территорий и обусловлена типологией жилых домов, характером их блокировки, организацией междомовых территорий (количество автостоянок, площадок для отдыха, озелененных пространств).

Плотность жилой застройки регламентируют следующие показатели:

плотность населения — количество жителей на 1 га территории, чел./га;

плотность жилищного фонда — количество общей площади жилищного фонда (суммарной по этажам) на 1 га территории, м<sup>2</sup> общ. пл./га;

количество квартир на 1 га территории, квартир/га;

коэффициент застройки — соотношение застроенной и всей территории, %, доля единицы.

Для выполнения курсовой работы плотность жилой застройки необходимо рассматривать в соответствии с реальными условиями предлагаемого участка городской территории, табл. 2.2.

Таблица 2.2

### Типы застройки

Тип застройки	Плотность жилищного фонда, м <sup>2</sup> общ. пл./га, не менее
Многоквартирная повышенной этажности	9000
Многоквартирная многоэтажная	5000
Многоквартирная среднеэтажная и малоэтажная	2500
Усадебная высокоплотная (размеры участка от 0,02 до 0,04 га)	1500
Усадебная среднеплотная (размеры участка от 0,04 до 0,10 га)	1000
Усадебная низкоплотная (размеры участка от 0,10 до 0,15 га)	750
Смешанная высокоплотная	2000
Смешанная среднеплотная	1000
Для жилого района необходимо снижать расчетные показатели плотности на 15–20 % с учетом размещения на их территории общественных и производственно-деловых объектов районного и городского значения.	



**Плотность жилой застройки** в курсовой расчетно-графической работе для расчета аэрации и инсоляции участка жилой застройки определяется:

- величиной разрывов между зданиями;
- габаритами (параметрами) жилых зданий;
- продолжительностью и временем инсоляции;
- ориентации окон;
- координатами солнца.

К параметрам жилых зданий относятся: **длина, ширина, высота и ориентация окон жилых зданий.**

Если высота больше ширины и меньше длины или наоборот, то такие здания называются *линейными*. Если ширина много больше высоты, то такое здание – *плоское*. Если высота много больше длины, то такое здание *башенное* (квадратное, круглое, прямоугольное), рис. 2.2.

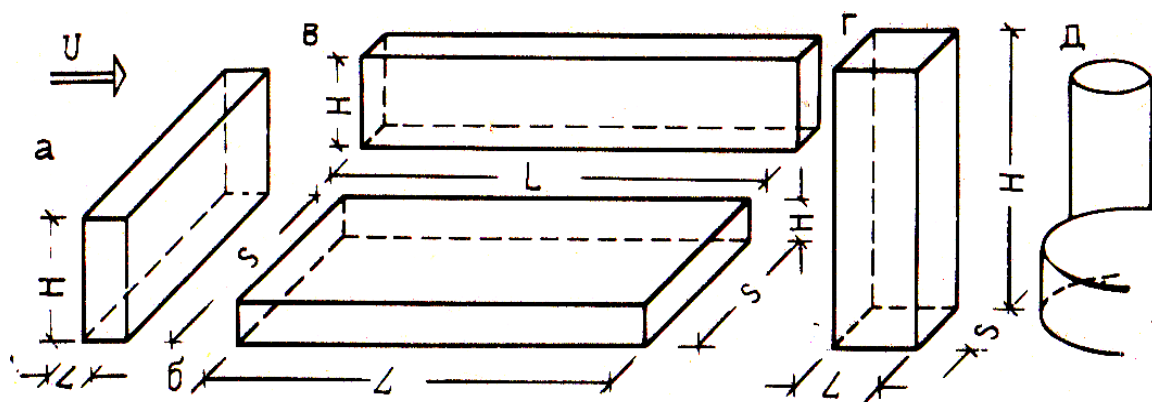


Рис. 2.2. Классификация простых форм зданий:  
 $a$  и  $b$  – линейные;  $b$  – плоские;  $c$  – башенные прямоугольные;  $d$  – круглые

В аэродинамике зданий и сооружений обычно приняты следующие обозначения:

$H$  – высота;  $L$  – длина;  $S$  – ширина.

**Длина жилых зданий  $L$**  оказывает значительное влияние на рост процента застройки с увеличением длины для любой этажности. В проектной практике применяются дома длиной 120–150 м для девятиэтажной застройки и выше и порядка 75–120 м для пятиэтажной.

Для расчетов применительно к курсовой работе необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

для пяти этажей – 75 м при широтной ориентации и 100 м при других позициях;

девяти этажей и выше – соответственно 120 и 150, 170, 200 м.

**Ширина жилых зданий  $S$**  значительно влияет на рост плотности застройки. Наиболее рациональная ширина корпуса 12–13 м, для увеличения комфортности метрических параметров жилья возможно увеличение от 16–18, 20–22, 28–32 м. Для расчетов необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

усредненная ширина с учетом климатических зон в границах общепринятых серий типовых проектов 12,5–13 м;

для северных зон – 13 м;

для центральной и южной зон 12,5 м.

Ширина корпуса более 14 м характерна для домов башенного типа с учетом теплотехнической способности ограждающих конструкций зданий.

**Высота жилых зданий** ( $H$  – этажность) оказывает существенное влияние на плотность застройки, которая обратно пропорциональна росту этажности: чем выше этажность застройки, тем меньше процент застройки при любой ориентации, на любой широте и имеет тенденцию к практическому затуханию при застройке выше 12 этажей домами только линейного типа одинаковой этажности. Однако, применяя дома комбинированной этажности и длины, включая дома башенного типа или нетрадиционных структур, высотность застройки может расти до 16 и выше этажей (что важно для крупных городов).

**Ориентация окон жилых зданий** при любой этажности оказывает влияние на плотность застройки, так как величина разрывов между домами (а следовательно и величина участка) резко увеличивается для домов, инсоляция которых обеспечивается только в утренние и вечерние часы (с 7 до 10 и с 14 до 17 ч). Из этого следует, что, применяя дома только одной ориентации, легко прийти к стереотипу строчной застройки.

Для жилых кварталов и микрорайонов характерны разные приемы застройки, отличающиеся неодинаковым расположением домов по отношению к красной линии улиц и линии застройки, что формирует огромные по размерам дворные территории. Линия застройки определяет границы застраиваемой территории.

Для проведения исследований в курсовой расчетно-графической работе наиболее интересны центральные части крупных и средних городов, как имеющие территории вторичного использования, а именно, в уже сложившейся застройке вкрапления вновь построенных жилых домов точечного типа, что приводит к уплотнению и тем самым усугубляет неблагоприятные факторы инсоляции и проветривания.

Проанализировав преобладающее количество жилых домов того или иного типа и остановившись на одном из планировочных приемов, необходимо определить:

**плотность застройки жилой территории микрорайона** – отношение суммарной площади под застройкой жилыми домами к общей площади жилой территории:

$$П_3 = \frac{F_3 \cdot 10^2}{F_ж}, \%,$$

где  $F_3$  – суммарная площадь под застройкой только жилыми домами;

$F_ж$  – площадь жилой территории микрорайона (следует указать, что жилая территория вычленяется только в микрорайоне и больше ни в какой другой структурно-планировочной единице).

Зная число домов и их габариты, подсчитаем суммарную площадь и выразим ее в общем виде:

$$F_3 = D \sum aL,$$

где  $D$  – число домов;

$a$  – ширина жилого здания;

$L$  – длина жилого здания.

Зная примерные размеры жилой территории микрорайона, можно определить **число домов** (и участков), которые нужно разместить на этой территории:

$$D = \frac{F_{\text{ж}}}{S_{\text{д}}},$$

где  $S_{\text{д}}$  – площадь участка для одного дома.

## 2.2. Исследование условий аэрации городской застройки и зданий

Учет ветровых условий имеет большое значение при проектировании городской среды: ветер должен рассеивать вредные вещества, выбрасываемые промышленными предприятиями, смешивать их с массами чистого воздуха (снижая тем самым концентрацию вредностей) и относить потоки дыма, газов и пыли в сторону от жилой застройки.

В курсовой работе при расчетах аэрационных потоков рассмотрен метод деформации воздушного потока с учетом рельефа местности и жилой застройки (авторы А.Д. Давенпорт, А.Ф. Вайз, В.М. Пивкин).

Ветровой режим на территории Беларуси обусловлен общей циркуляцией атмосферы над континентом Евразии и Атлантическим океаном и определяется существованием центров действия атмосферы: исландской депрессии – на протяжении всего года, сибирского антициклона – зимой и азорского антициклона – летом. Под их влиянием с ноября по март преобладают юго-западные ветры, а с мая по сентябрь – северо-западные. Скорость ветра зимой 4–5 м/с, летом 2–3 м/с. Сильные ветры бывают редко (пять–семь дней в году). Зимой при прохождении холодного фронта, летом при ливнях бывают бури. Летом изредка бывают смерчи. На берегах больших озер существует бризовая циркуляция.

Для расчета аэрации населенных мест необходимо выявить зависимость значений **коэффициентов** и **углов трансформации** от геометрических характеристик преград и **шероховатостей**. Ярусное строение воздушного бассейна предполагает построение математической модели процесса трансформации воздушного потока: город с его застройкой, промышленными предприятиями, рельефом местности, акваториями, лесопарковыми массивами – как совокупность шероховатостей и преград различного масштаба.

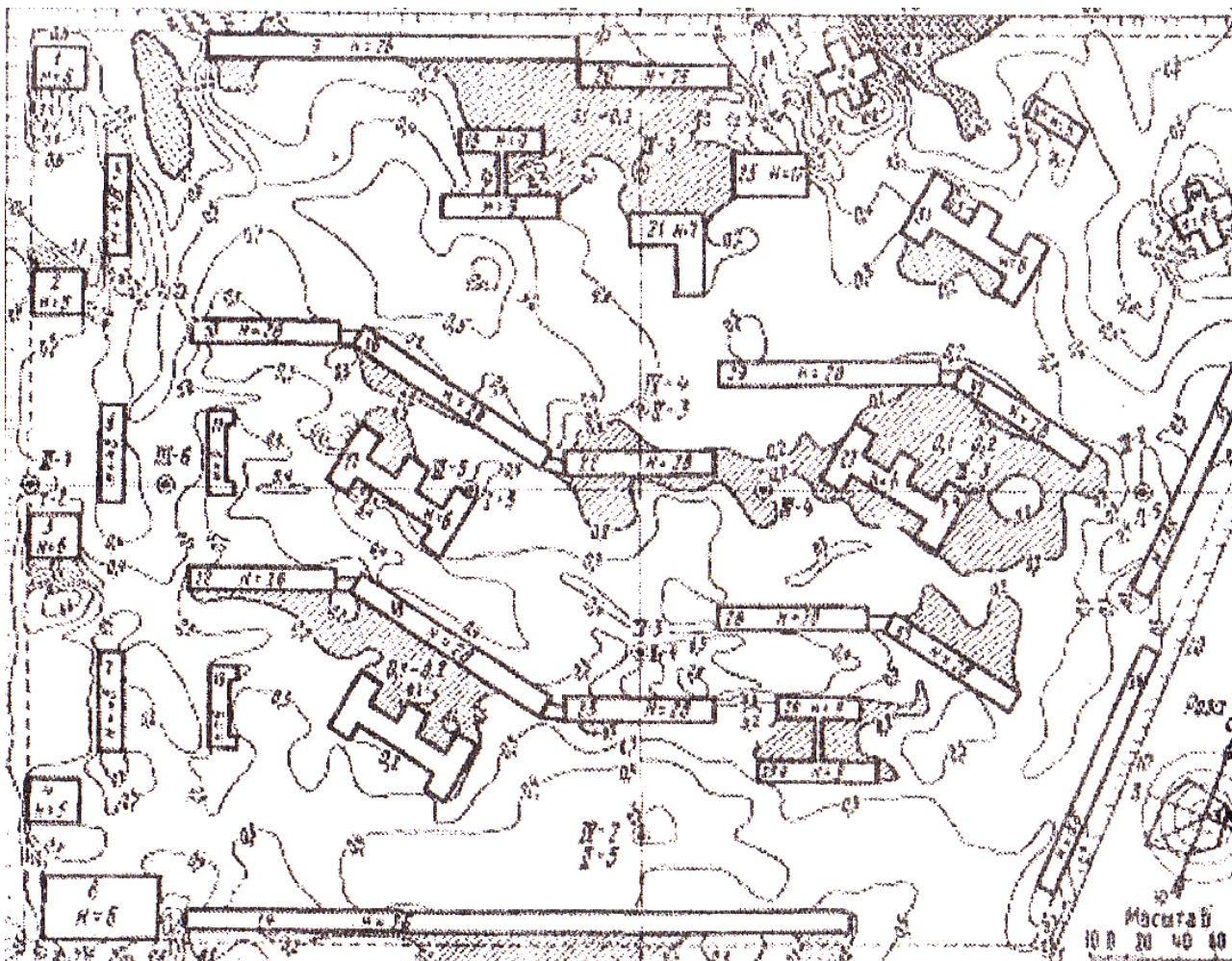


Рис. 2.3. Организация ветровых теней в жилой застройке

Существует следующая классификация **шероховатости** подстилающей поверхности, влияющая на изменение воздушного потока:

гипершероховатость – неровности рельефа, высота которых существенно (более чем в два раза) превосходит высоту средней этажности застройки;

макросшероховатость – неровности подстилающей поверхности в виде совокупности застройки населенного места;

микросшероховатость – мелкие неровности, размеры которых по высоте существенно меньше зданий, а именно: неровности почвы, кустарник, газоны, асфальтированные проезды и тротуары.

В воздушном бассейне населенного места два яруса: нижний, простирающийся от поверхности земли на некоторую высоту, и верхний, находящийся выше этого уровня. Границей между верхним и нижним ярусами считается уровень, на который распространяются существенные возмущения (изменяется скорость ветра и его направления), вызываемые макросшероховатостью, рис. 2.4 и 2.5.

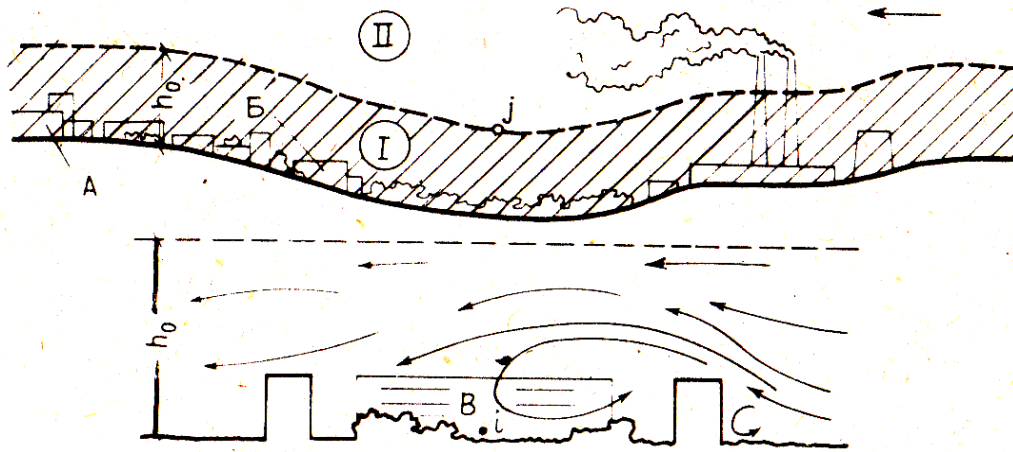


Рис. 2.4. Организация процесса трансформации воздушного потока:  
 I – нижний ярус; II – верхний ярус; А – гипершероховатость;  
 Б – макрошероховатость; В – микрошероховатость

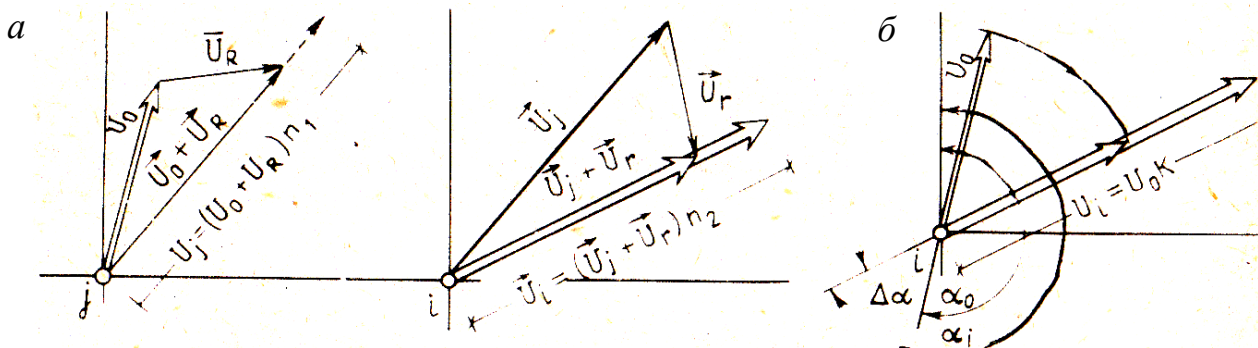


Рис. 2.5. Замена операции сложения векторов (а) умножением  
 на коэффициент трансформации  $K$  и поворот вектора на угол  $\alpha$  (б)

Так, например, для жилых районов, имеющих девятиэтажную застройку,  $h_0 = 60$  м. При пятиэтажной застройке с отдельными девятиэтажными зданиями башенного типа граница между ярусами проходит на высоте, равной примерно 32–35 м.

Модель трансформации воздушного потока выражает зависимость скорости воздушного потока в любой точке на территории населенных мест от рельефа местности, застройки в целом, в конкретном фрагменте от озеленения и благоустройства этого фрагмента застройки. Скорость ветра в конкретной точке с учетом трансформации воздушного потока определяется по формуле

$$v_i = v_0 \cdot K_1 K_2,$$

где  $v_0$  – скорость ветра на метеостанции (данные получают из метеосправочников местности);

$K_1$  – коэффициент трансформации воздушного потока из условий рельефа;

$K_2$  – коэффициент трансформации воздушного потока из условий застройки.

**Коэффициент трансформации** выражает зависимость скорости воздушного потока в любой точке на территории застройки от рельефа местности,

застройки как в целом, так и в конкретном фрагменте, от озеленения и благоустройства этого фрагмента застройки. Для того чтобы рассчитать ожидаемые параметры ветра в любой точке территории, необходимо иметь:

*топографическую съемку территории;*

*карту распределения склонов и их ориентации по сторонам света;*

*карту углов наклона склонов.*

Цель расчетов аэрационного режима и построения карты (топографическая съемка местности), осуществляемых на первом этапе, заключается в выявлении участков, с точки зрения ветрового режима наиболее пригодных для размещения жилой застройки, рекреационных территорий и учреждений, промышленных предприятий и т. д. (масштаб графических материалов 1 : 50 000, 1 : 25 000). Эти данные позволяют получить границы склонов, выделить характерные зоны и рассчитать коэффициент трансформации: нижняя, средняя, верхняя части склонов, вершины открытых возвышенностей, овраги, продуваемые ветром, долины.

Положение отрицательных и положительных значений рельефа местности будет зависеть от высоты над уровнем моря. Соответственно рвы, низины, дно долин и оврагов и т. д. будут иметь отрицательные значения рельефа, а возвышенности, высшие точки склонов и т. д. – положительные значения.

**Коэффициенты трансформации  $K_1$  в различных условиях положительного рельефа при неустойчивой (устойчивой) стратификации атмосферы** (высота 2 м над земной поверхностью для положительных форм рельефа местности) даны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Коэффициенты  $K_1$  в условиях положительного рельефа

Формы рельефа	Скорость ветра на ровном месте, м/с	
	3–5	6–20
<b>1. Открытое ровное место</b>	1	1
Открытые возвышения (холмы) с крутизной склонов 3–10°		
<b>2. Вершина открытых возвышенностей:</b> с высотой менее либо равной 50 м с высотой более 50 м	1,4–1,5 (1,6–1,8) 1,3–1,4 (1,6–1,7)	1,2–1,3 (1,4–1,5) 1,1–1,2 (1,3–1,4)
<b>3. Наветренные склоны:</b> верхняя часть средняя часть нижняя часть	1,2–1,3 (1,4–1,6) 1 – 1,1 (1–1,1) 1 (0,8–0,9)	1,1–1,2 (1,3–1,5) 1–1 (1,1–1,2) 0,9–1 (1)
<b>4. Параллельные ветру склоны:</b> верхняя часть средняя часть нижняя часть	1,1–1,2 (1,3–1,4) 0,9–1 (1–1,1) 0,8–0,9 (0,9–1)	1,0–1,1 (1,2–1,3) 0,8–0,9 (0,9–1) 0,7–0,8 (0,8–0,9)
<b>5. Подветренные склоны:</b> верхняя часть средняя часть нижняя часть	0,8–0,9 (0,8–0,9) 0,8–0,9 (0,9–1) 0,7–0,8 (0,8–0,9)	0,7–0,8 (0,7–0,8) 0,8–0,9 (0,9–1) 0,7–0,8 (0,8–0,9)
Возвышения с плоскими вершинами и крутизной склонов 1 меньше 3°		
<b>6. Вершины, верхние части наветренных и подветренных склонов</b>	1,2–1,4 (1,4–1,6)	1,1–1,3 (1,4–1,5)

**Коэффициенты трансформации  $K_1$  в различных условиях отрицательного рельефа при неустойчивой (устойчивой) стратификации атмосферы**

Таблица 2.4

**Коэффициенты  $K_1$  в условиях отрицательного рельефа**

Форма рельефа	Скорость ветра на ровном месте, м/с	
	3–5	6–20
1. Дно и нижние части склонов долин, лощин, оврагов: продуваемых ветром	1,1–1,2 (1,3–1,5)	1,2–1,3 (1,4–1,5)
не продуваемых ветром	0,7–0,8 (0,6 и менее)	0,7–0,8 (0,6 и менее)
замкнутых	0,6 и менее	0,6 и менее
2. Средние и верхние части склонов долин, лощин, оврагов: продуваемых ветром	1,2–1,3 (1,4–1,5)	1,1–1,2 (1,3–1,5)
не продуваемых ветром	0,8–0,9 (0,6–0,7)	0,8–0,9 (0,6–0,7)
замкнутых	0,6 и менее	0,6 и менее

Для облегчения ведения расчетов необходимо принимать среднее интерполируемое значение коэффициента  $K_1$ .

Задача *второго этапа* проектирования – расчет аэрационного режима, а именно, выявление пространственного распределения характеристик ветрового режима на территории населенного места с учетом рельефа местности и шероховатости подстилающей поверхности в виде застройки, массивов зеленых насаждений, водных бассейнов и т. п. Сюда входит обеспечение правильного аэрационного режима и трассировки основных магистралей.

К третьей группе градостроительных проектов относятся проект детальной планировки (ПДП), проект городского промышленного района, проект общегородского центра, проекты планировки и застройки градостроительных ансамблей (общественных центров, площадей, улиц, набережных), проекты застройки жилых микрорайонов, генеральные планы промышленных предприятий (М 1 : 2 000, 1 : 1 000). Задача генерального плана состоит в расчетах аэрационного режима на территории застройки в зоне пребывания человека в зависимости от геометрических параметров и взаиморасположения зданий.

Карту аэрационного режима населенных мест можно выполнить при условии определения границ застройки в соответствии с генеральным планом (наносятся контуры как существующей, так и проектируемой застройки), границы функциональных зон, а также зон разной этажности застройки, словом, все границы, около которых возникнут переходные зоны, рис. 2.6.

Практические методы расчета аэрационных участков основываются на определении зависимости значений повторяемости и скорости ветра по направлениям в характерных точках территории и ветровых воздействий на здания.

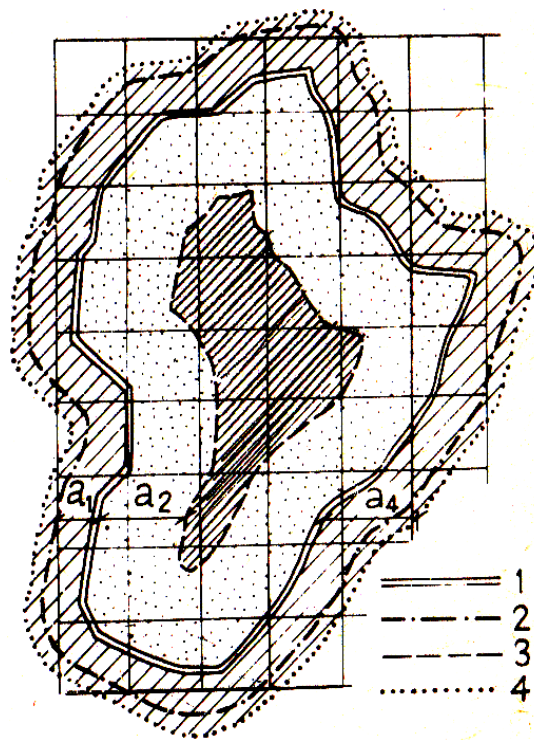


Рис. 2.6. Расположение переходных зон в городе компактной планировочной структуры при всех направлениях ветра:

1 – граница городской застройки; 2 – граница первой переходной зоны;  
3 – граница второй переходной зоны; 4 – граница четвертой переходной зоны

Аэрационный режим жилой застройки, устанавливаемый на высоте 2 м от земли, считается комфортным, если скорость ветра не превышает 5 м/с. Регулирование аэрационного режима осуществляется путем создания на жилых территориях различными приемами застройки зон «ветрового затенения», длина которых определяется соотношением длины и высоты здания и его расположением относительно направления господствующих ветров.

Если между зданием и ближайшей застройкой имеется свободное пространство, а расстояние от него до ближайших зданий равно не менее 15 их высот, то такое здание можно рассматривать как отдельно стоящее или незащищенное.

Городская застройка предполагает создание замкнутых дворов, площадей, улиц и т. п., т. е. это система пространств, полупространств, ограниченных зданиями или сооружениями. Пространство, более или менее ограниченное застройкой, является фрагментом, рис. 2.7–2.9.

Для проведения необходимых расчетов в курсовой работе необходимо расчленил генплан микрорайона группы зданий, формирующих фрагменты застройки.

Каждый из этих фрагментов может иметь вариации: разрывов, в том числе полное отсутствие таковых (сплошная периметральная застройка), и, напротив, незамкнутый контур фрагмента (отсутствие застройки с какой-либо стороны); высоты зданий; вытянутости или сжатости формы фрагмента в плане; величины фрагмента; направления ветра, которые принимаются для симметричных фрагментов в 90, 45 и 0°.



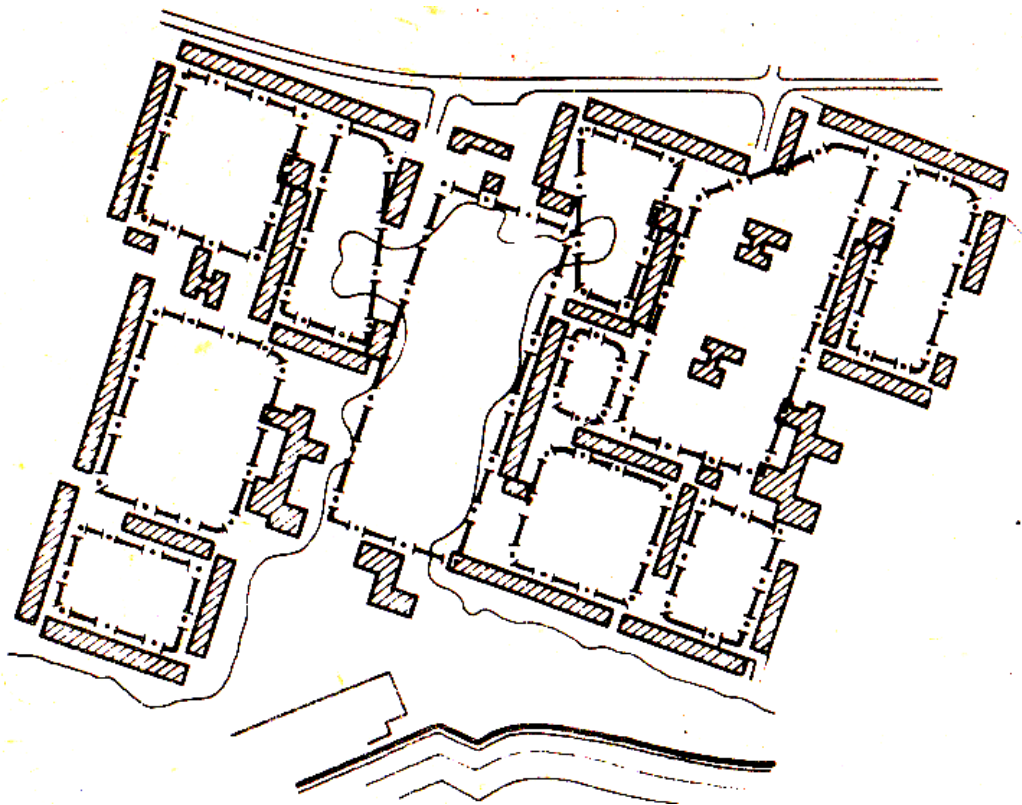


Рис. 2.7. Расчленение плана застройки микрорайона на фрагменты

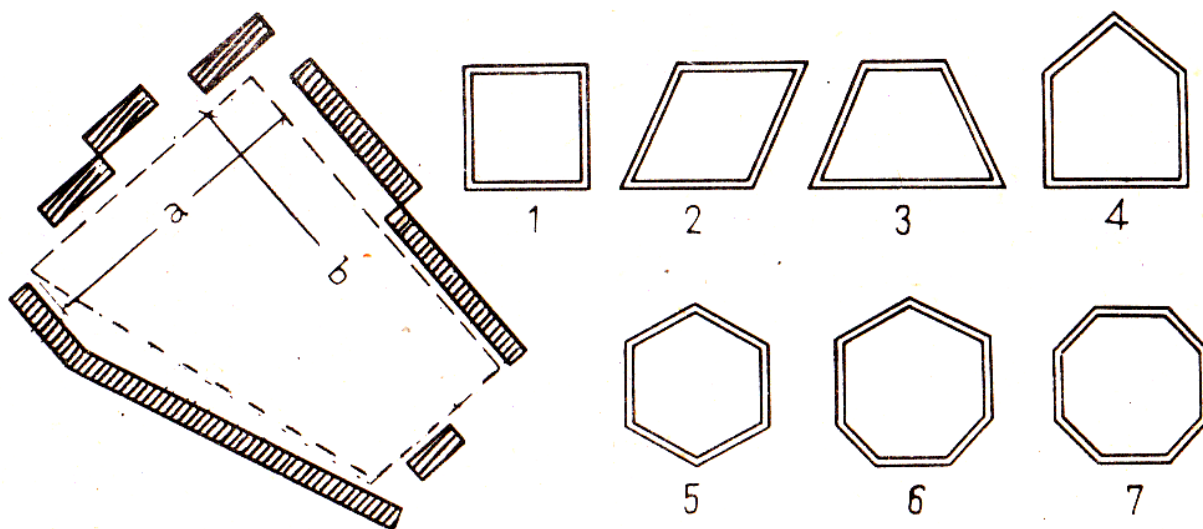


Рис. 2.8. Основные формы фрагментов застройки:

*a* и *b* – ширина и длина фрагмента:

- 1 – прямоугольная; 2 – ромбовидная; 3 – трапециевидная; 4 – пятиугольная;
- 5 – шестиугольная; 6 – семиугольная; 7 – восьмиугольная

Наиболее возможные комбинации разрывов представлены на рис. 2.9 на примере прямоугольного фрагмента:

- 1, 2 – фрагмент с одним разрывом с наветренной стороны;
- 3 – фрагмент с двумя разрывами с наветренной стороны;
- 4 – фрагмент открытый с наветренной стороны;

5, 6 – фрагменты с одним разрывом с наветренной стороны, расположенными в створе друг с другом;

7 – фрагмент с двумя разрывами с наветренной и одним разрывом с заветренной стороны;

8 – фрагмент с двумя разрывами с наветренной и заветренной сторон;

9 – фрагмент с одним разрывом с наветренной стороны и одним – с заветренной, расположенных не в створе друг с другом;

10 – фрагмент, открытый с наветренной стороны и с разрывом на заветренной стороне.

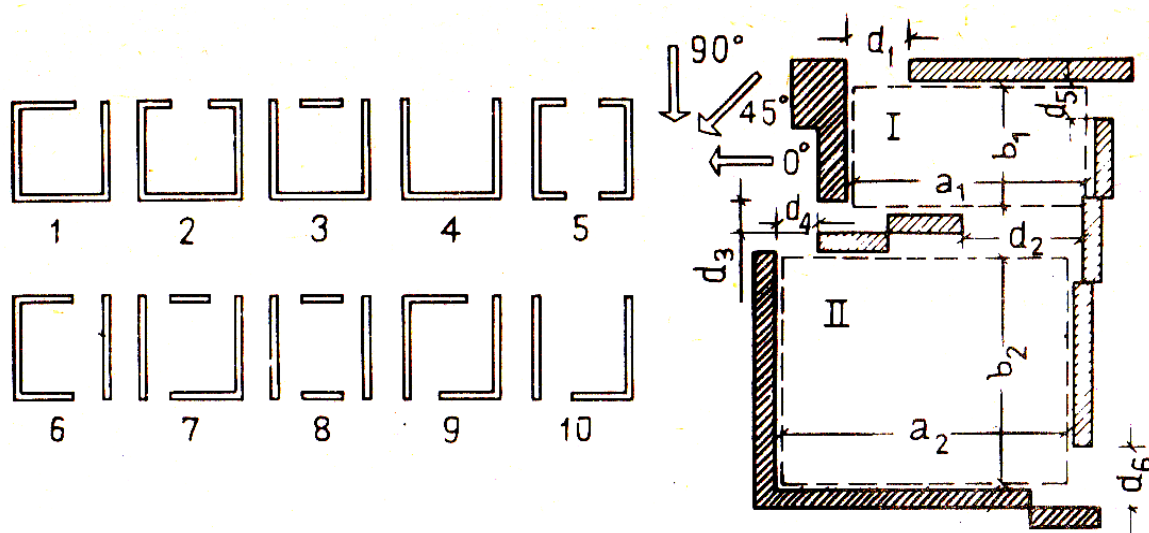


Рис. 2.9. Комбинация разрывов

Улицу можно рассматривать, как фрагмент застройки, открытый с двух сторон. Каждый фрагмент может иметь вариации формы в зависимости от соотношения его длины и ширины. В задачу студента, выполняющего курсовую работу, входит проведение исследований по определению фрагмента и всех его аэрационных характеристик.

Для территории Беларуси согласно шкале Бофорта, которая классифицирует ветры по баллам, характерны слабые и умеренные ветра. Отклонения среднемесячных скоростей ветров от средних многолетних значений в целом не превышают 2,0 м/с для республики.

Розы ветров по скорости и повторяемости по январю и июлю строятся для территории данной местности согласно статистическим данным многолетних исследований метеослужбы. Под воздействием рельефа местности и застройки меняются значения скорости и направления ветра – формируется местный ветровой режим, который выражают через локальные розы ветров, характеризующие повторяемость и скорость ветра по направлениям в конкретной точке, находящейся на территории города. Локальные розы ветров показывают ветровой режим на высоте 2 м от поверхности земли, т. е. в зоне пребывания человека. В качестве направления указывается тот сектор круга горизонта (румб), от которого движется поток (откуда дует ветер), рис. 2.10, 2.11, 2.12.

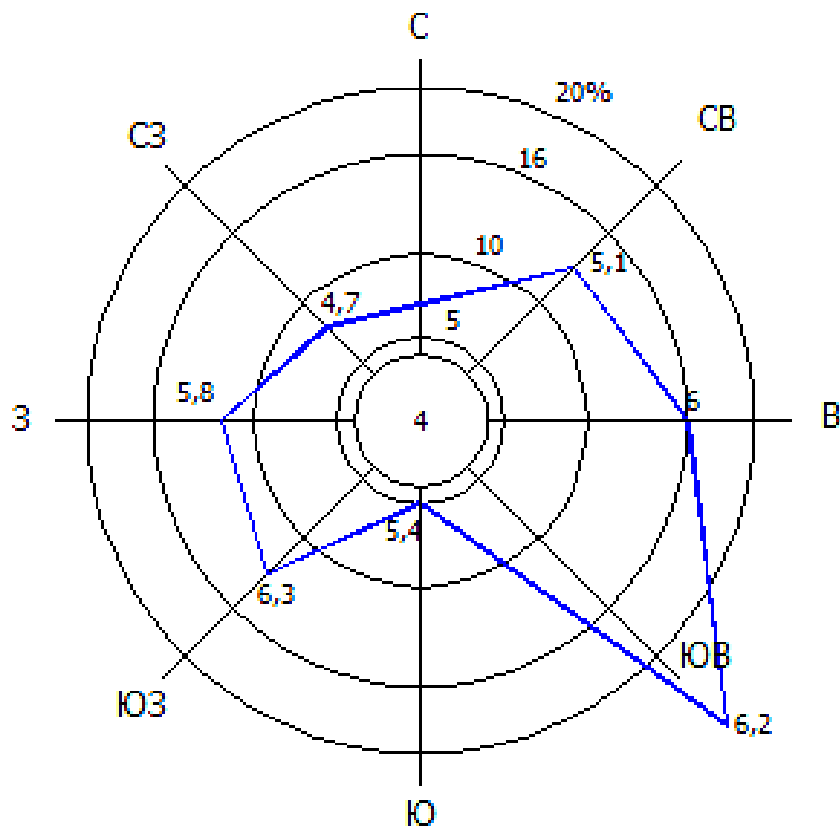


Рис. 2.10. Роза ветров

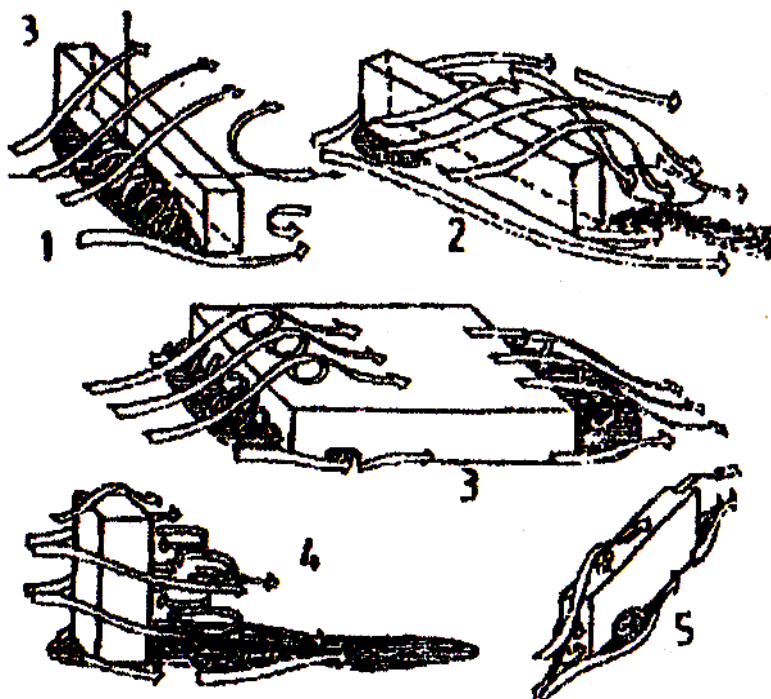


Рис. 2.11. Схемы обтекания воздушным потоком зданий различного типа:  
 1, 2, 5 – здания линейного типа; 3 – плоское здание линейного типа; 4 – здание башенного типа;  
 1, 3, 4 – обтекание здания воздушным потоком под углом  $90^\circ$ ; 5 – обтекание здания воздушным потоком под углом  $0^\circ$ ; 2 – обтекание здания воздушным потоком под углом  $45^\circ$

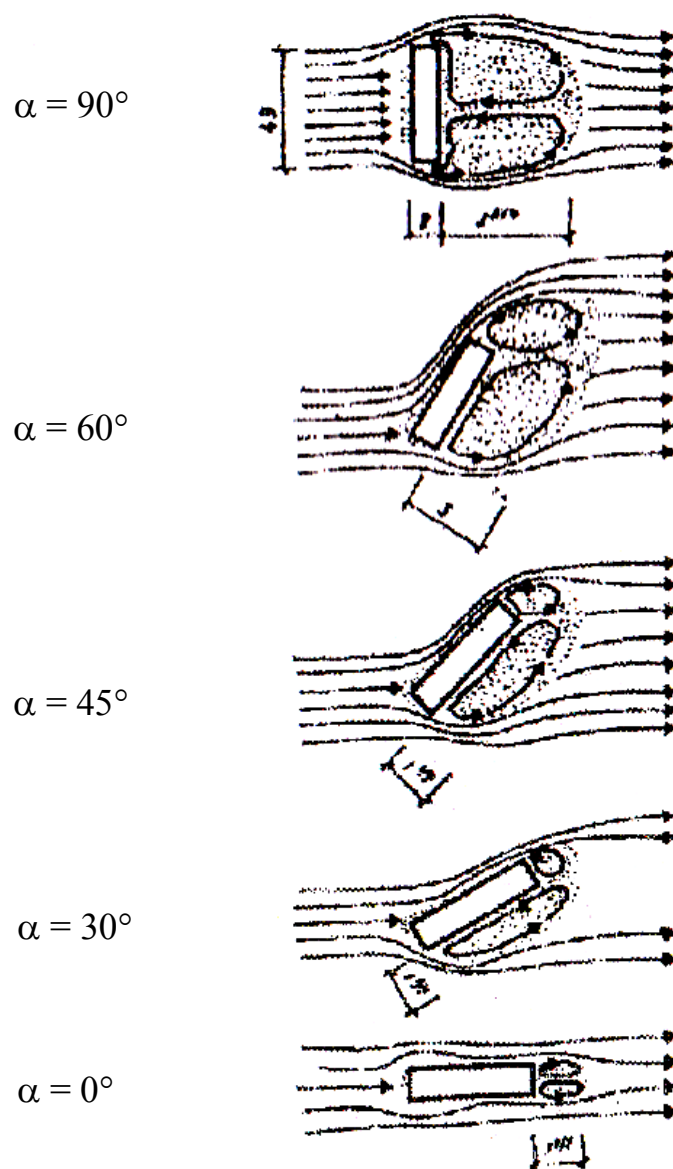


Рис. 2.12. Схемы обтекания воздушным потоком зданий линейного типа под разным углом

В качестве направления указывается тот сектор круга горизонта (румб), от которого движется поток (откуда дует ветер).

Для оценки направления действий воздушных потоков строится роза повторяемости (%) по направлениям. Круг горизонта делится на восемь румбов: С, С-В, В, Ю-В, Ю, Ю-З, З, С-З. На расчетных направлениях – румбах – откладываются расчетные значения скоростей и повторяемости, см. рис. 2.10.

Обтекание модели **здания башенного типа** прежде всего характеризуется возникновением по обеим сторонам здания двух обширных зон повышенных скоростей. Эти зоны начинаются с углов наветренной стены здания, отходят на расстояние, равное полуторной ширине здания, и простираются вниз по течению воздушного потока на расстояние, равное трем сторонам здания. Позади здания находится зона пониженных скоростей. Ее ширина почти равна удвоенной ширине здания. Вихревая зона имеет меньшую длину и равна трехкратной ширине здания, рис. 2.13.

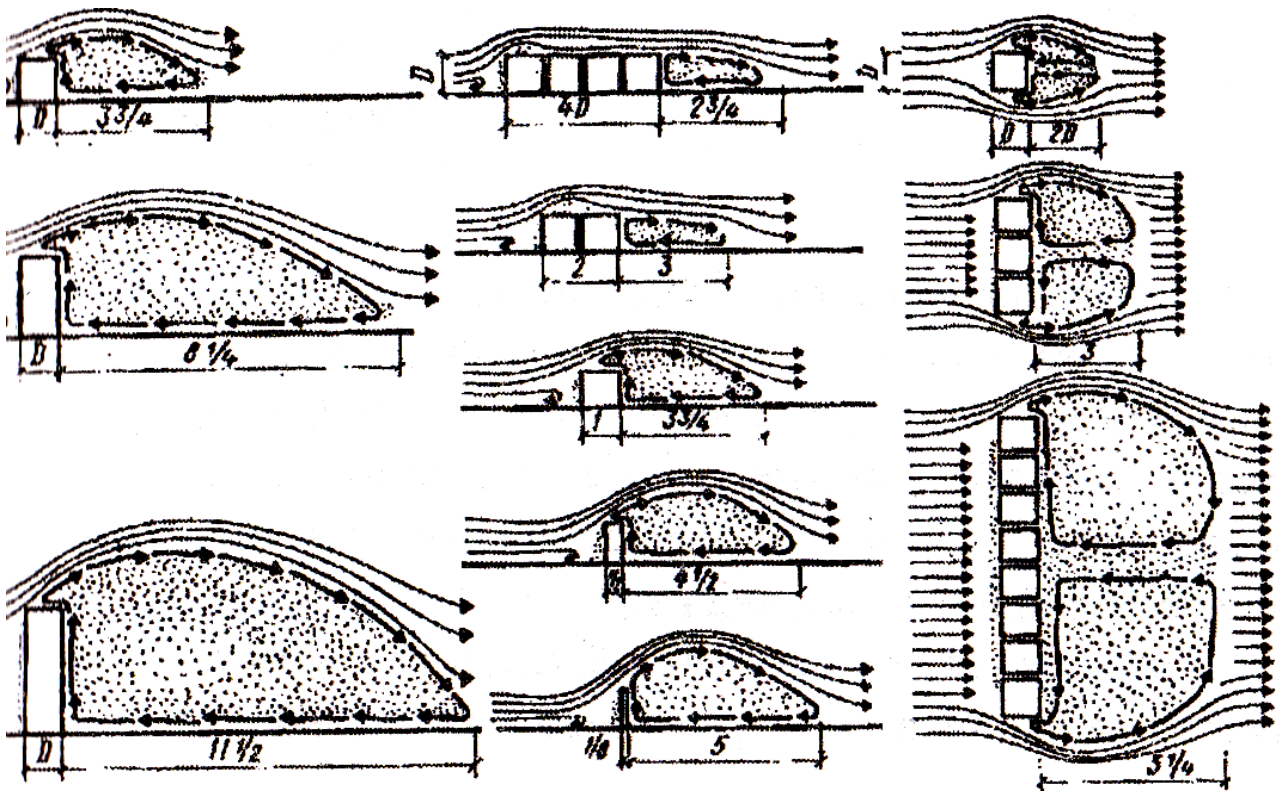


Рис. 2.13. Схемы обтекания воздушным потоком зданий различного типа с разными по площади зонами с наветренной и подветренной стороны зданий

Определив численное значение  $K_1$ , ориентацию склона, рассчитаем коэффициент  $K_2$  для двух параллельных зданий жилой застройки, рис. 2.14, заполнив табл. 2.5.

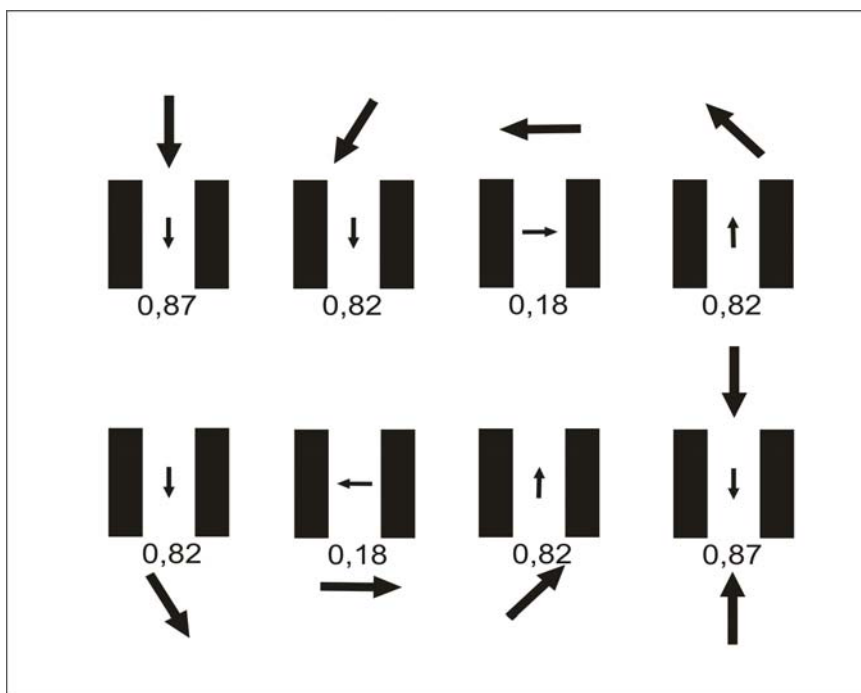


Рис. 2.14. Значения коэффициента  $K_2$  для двух параллельно стоящих зданий

## Результаты расчета

Склон		Наветренные склоны			Подветренные склоны			Параллельные ветру склоны	
Январь	$K_1$								
	$v_i$								
	$v_0$								
Июль	$K_1$								
	$v_i$								
	$v_0$								

**Расчет скорости ветра  $v_i$ , м/с, при заданной ориентации склона и положения здания на склоне**

Определение коэффициентов трансформации  $K_2$ :

- $K_2$  для параллельного потока 0,87;
- $K_2$  для потока, дующего под углом  $45^\circ$ , 0,82;
- $K_2$  для ветрового потока, дующего перпендикулярно, 0,18.

Расчет локальных ветровых потоков для двух параллельных зданий является наиболее простым для расчетов. Наибольший интерес вызывают участки старой жилой застройки центральных частей городов в условиях реконструкции.

Дополнительно для проведения расчетов в курсовой работе предлагается определить планировочную структуру, выбрать жилой модуль, выявить закономерность изменения аэрационного режима застройки от типа развития и реконструкции, влияние геометрических параметров жилой застройки на средневзвешенную скорость ветра, установить влияние геометрических параметров жилой застройки на величину площади совокупных зон застойного воздуха и зон с повышенными скоростями ветра.

Локальная скорость ветра  $v_\lambda$  (см. рис. 2.14)

$$v_\lambda = \frac{v_0 K_2 n}{n_1}, \text{ м/с,}$$

где  $v_0$  – скорость ветра на метеостанции (данные получают из метеосправочников местности);

$K_2$  – коэффициент трансформации воздушного потока из условий застройки;

$n$  – повторяемость без учета склона, %;

$n_1$  – повторяемость с учетом склона, %.

Ветровое зонирование на территории жилой застройки рассмотрим на примере схем дворовых территорий с разной степенью модернизации и реконструкции жилья и организации благоустройства, рис. 2.15.

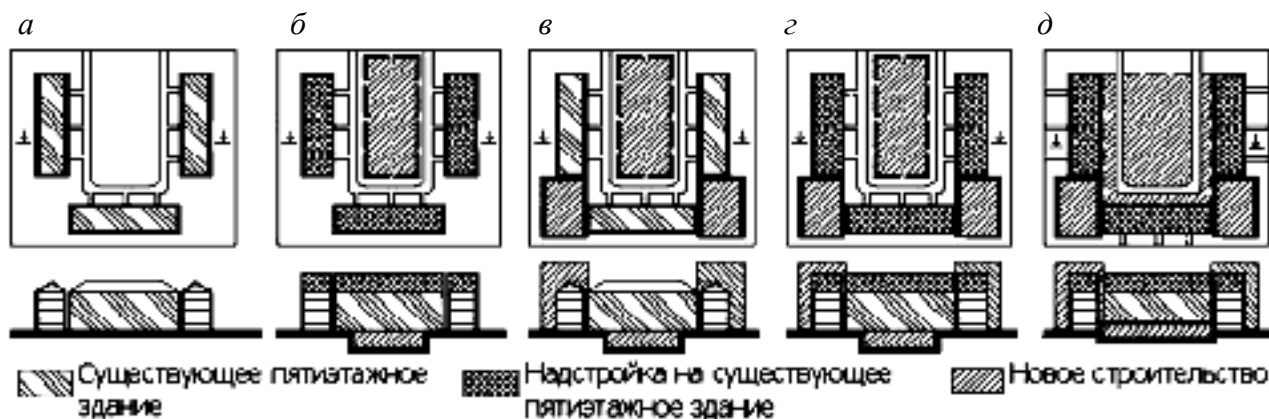


Рис. 2.15. Прием развития и реконструкции застройки:  
*a* – тип А – модернизация; *б* – тип Б – надстройка; *в* – тип В – вставка, пристройка;  
*г* – тип Г – надстройка, вставка, пристройка (сочетание тип А, Б и В);  
*д* – тип Д – эксплуатируемая плоская крыша над двором (сочетание типов А, Б, В и эксплуатируемой крыши в дворовом пространстве)

Пространство дворов в местах максимального раскрытия ветровому потоку в существующей застройке и формирующей аэрационный режим на мезоуровне имеет зоны дискомфорта. Существующая жилая застройка требует локальной ветрозащиты, рис. 2.16.

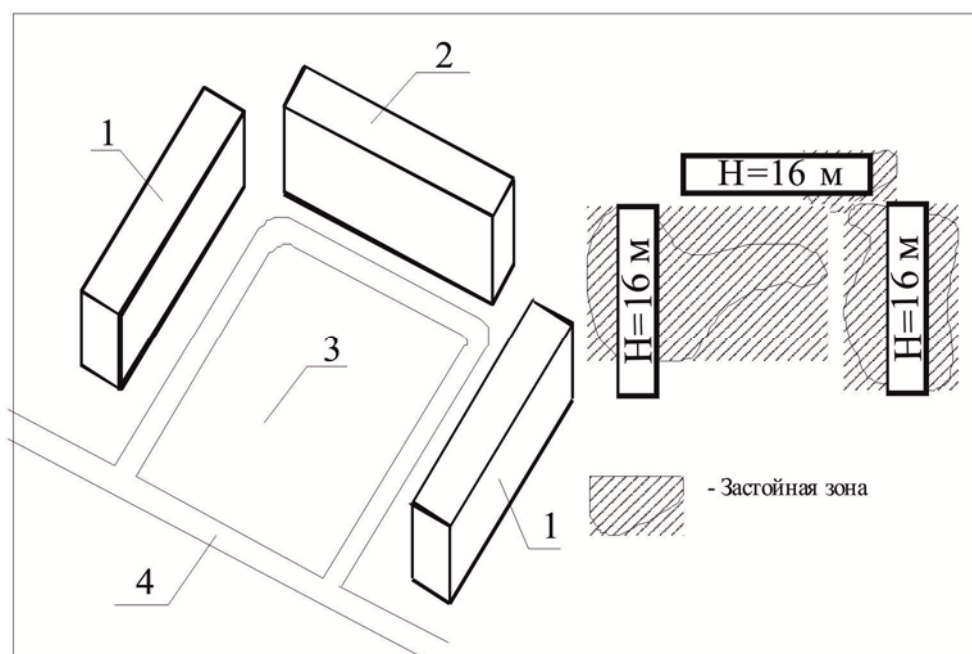


Рис. 2.16. Картограмма застойных зон существующей жилой застройки. Вариант.

Схема застройки, расположение застойных зон:

- 1, 2 – существующие трех- и четырехподъездные пятиэтажные жилые дома; 3 – существующие благоустройство и озеленение жилой группы; 4 – внутриквартальный проезд;  
 $H$  – высота жилого дома

Воздушная среда социально значимых компонентов благоустройства (детских, спортивных площадок и площадок тихого отдыха), которые расположены на жилой территории во внутриворотовом пространстве, имеет следующие показатели:

в летний период их территория на 15–86 % находится в совокупных застойных зонах воздуха и на 4–38 % – в совокупных дискомфортных зонах воздуха;

в зимний период застойные зоны воздуха отсутствуют или достигают 4–7 %.

Дискомфорт возрастает незначительно.

Увеличение этажности жилой застройки до девяти и более этажей при развитии и реконструкции требует ее рассмотрения уже в качестве не мезо- (до 25 м), а макрошероховатости, так как формирует аэрационный режим во всем приземном ярусе воздушных масс и на всех его уровнях. Компоненты благоустройства территории жилой застройки оказывают влияние на аэрационный режим в основном на макроуровне. Формируемые застроенные зоны не влияют на комфорт в целом.

Реконструкция с устройством надстройки, мансарды на жилых домах, тип Б, рис. 2.17, в 1,5–2 раза увеличивает площади участков с застойными зонами воздуха, зону дискомфорта в местах разрывов между зданиями по периметру жилой группы при сохранении относительно комфортной обстановки с наличием локальных участков, требующих специальных мероприятий.

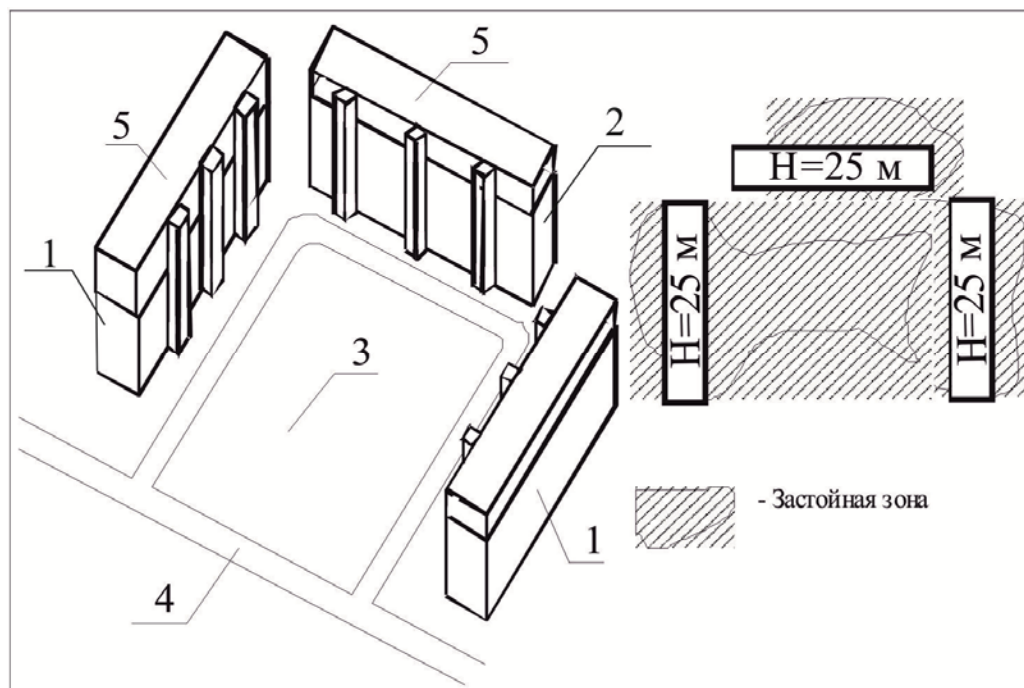


Рис. 2.17. Модернизация жилых домов. Устройство надстройки, мансарды. Вариант.

Схема застройки, расположение застойных зон:

1, 2 – существующие трех- и четырехподъездные пятиэтажные жилые дома; 3 – существующие благоустройство и озеленение жилой группы; 4 – внутриворотовой проезд;

$H$  – высота жилого дома; 5 – мансарда



Реконструкция со вставкой и пристройкой приводит к снижению средней относительной скорости ветра внутри застройки, росту застойных зон, площади участков которых увеличиваются в 5,5–6 раз. При этом дискомфортные зоны, т. е. участки с большими скоростями, отсутствуют. Застройка слабовоздухопроницаема, на ее территории ожидается неблагоприятная ветровая обстановка с застойными и штилевыми явлениями.

При реконструкции с надстройкой, пристройкой и вставкой, рис. 2.18, снижается средняя относительная скорость ветра внутри застройки, площадь застойных зон увеличивается приблизительно в девять раз. Дискомфортные условия присутствуют только в арках для проезда автотранспорта. Имеет место неблагоприятная ветровая обстановка, с обширными застойно-штилевыми явлениями в слабовоздухопроницаемой застройке. Застойные зоны воздуха образуются приблизительно на 80 % территории жилой группы.

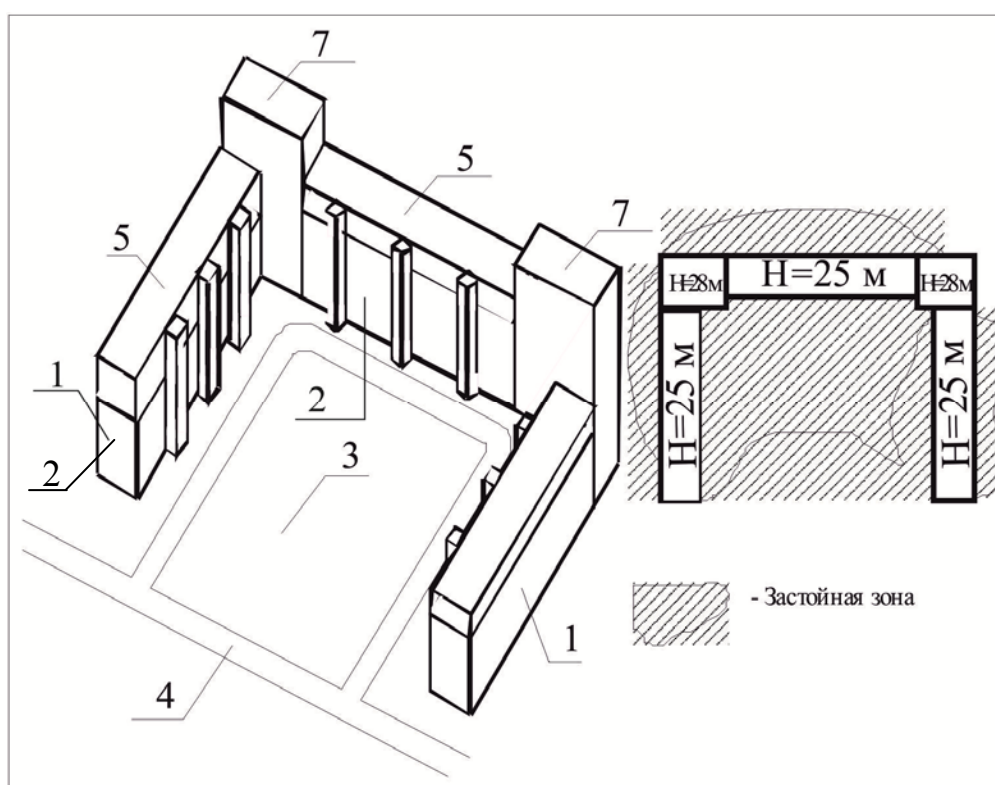


Рис. 2.18. Устройство надстройки, мансарды, устройство вставок.

Схема застройки, расположение застойных зон:

1, 2 – существующие трех- и четырехподъездные пятиэтажные жилые дома; 3 – существующие благоустройство и озеленение жилой группы; 4 – внутриквартальный проезд;

$H$  – высота жилого дома; 5 – мансарда; 7 – дом-вставка

Устройство эксплуатируемой крыши формирует более благоприятные условия проветривания, так как относительное расстояние между зданиями внутри двора увеличивается. Площадь всех застойных зон на эксплуатируемой плоской крыше сокращается по сравнению с предыдущими типами.

Характеристика воздушной среды жилой застройки в летний период в основном представлена совокупными застойными зонами и зонами комфорта.

Площадь дискомфортных зон (зон повышенных скоростей ветра) при развитии и реконструкции застройки значительно уменьшается и стремится к нулю. В зимний период распространение застойных зон воздуха незначительно, а дискомфорт ограничен по своему влиянию.

Результаты анализа аэрации застройки в летний период позволили классифицировать застройку по воздухопроницаемости. Последние два типа относятся к слабовоздухопроницаемой застройке. Для определения зон застойного воздуха на территории жилой застройки выполнен численный эксперимент и получена обобщенная оценка воздушной среды на микроуровне.

Параметры горизонтальной плотности застройки, т. е. отношение площади застройки зданий к площади аэродинамического влияния застройки, определяется по формуле

$$\sigma_{\Gamma} = \sum S_{\text{застр}} / S_{\text{у}},$$

где  $\sigma_{\Gamma}$  – показатель *горизонтальной аэродинамической плотности* застройки;

$\sum S_{\text{застр}}$  – площадь всех зданий на уровне земли;

$S_{\text{у}}$  – площадь участка застройки.

После определения модуля застройки необходимо определить, является ли застройка воздухопроницаемой или имеет застойные зоны.

В *воздухопроницаемой* застройке относительную средневзвешенную скорость ветра  $v_{\text{ср}}$  определяют по формуле

$$v_{\text{ср}} = 0,083 \cdot \left( \frac{6(0,8+d)^3}{(2,5\sigma_{\Gamma} + 0,55)^2 - 4(0,8+d)^2} \right),$$

где  $v_{\text{ср}}$  – средневзвешенная скорость ветра;

$d$  – безразмерный коэффициент относительной разности высот в застройке.

Для установления площади совокупных застойных зон  $S_{33}$  воздуха в зависимости от средней этажности застройки необходимо применить формулу

$$S_{33} = 0,025 \sqrt{0,5} (3,2 + f)^2 \left( \frac{H_{\text{ср}} Y}{h} \right) - f - 3,2 \cdot 100 \%,$$

где  $H_{\text{ср}}$  – средняя этажность застройки;

$h$  – высота уровня от земли, равная 2 м;

$f$  – безразмерный коэффициент изменения плотности жилого фонда.

В *слабовоздухопроницаемой* застройке относительная средневзвешенная скорость ветра определяется по формуле

$$v_{\text{ср}} = 0,059 \left( \frac{6(0,8+d)^3}{(2,5\sigma_{\Gamma} + 0,55)^2 - 4(0,8+d)^2} \right).$$

Влияние средней этажности в *слабовоздухопроницаемой* застройке на площадь совокупных застойных зон воздуха определяется по формуле

$$S_{зз} = 0,044\sqrt{0,34}(4,8 + f)^2 \left( \frac{H_{ср}Y}{h} \right) - f - 0,33 \cdot 100 \%$$

Коэффициенты  $d$  и  $f$  представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Коэффициенты  $d$  и  $f$  для выявления совокупных застойных зон в жилой застройке

Степень воздухопроницаемости застройки	Типы развития и реконструкции	Коэффициент относительной разности высот в застройке $d$	Коэффициент изменения плотности жилого фонда $f$
Воздухопроницаемая	Тип А	0,2	1,1
	Тип Б	0,15	1,9
Слабовоздухопроницаемая	Тип В	0,1	0,4
	Тип Г	0,01	1,2
	Тип Д	0,05	0,8

При использовании этих параметров в формулах получаются усредненные геометрические параметры застройки, которые позволяют оценить воздушную среду жилой территории.

Так как территории, которые подвергаются реконструкции, в основном располагаются в смешанной застройке, то для расчета аэрации застройки учитываются ее реальные геометрические параметры и коэффициенты разности высот застройки и плотности жилого фонда из табл. 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7

Коэффициенты  $d$  для определения относительной средневзвешенной скорости воздушных масс

Воздухопроницаемая застройка с включениями типов А, Б			Слабовоздухопроницаемая застройка с включениями типов В, Г, Д		
$H_{ср},$ м	Коэффициент относительной разности высот в застройке $d$	Показатель горизонтальной плотности застройки $\sigma_r$	$H_{ср},$ м	Коэффициент относительной разности высот в застройке $d$	Показатель горизонтальной плотности застройки $\sigma_r$
16–19	0,2	0,05–0,26	18–20	0,006	0,27–0,65
19–22	0,15	0,05–0,25	20–22	0,004	0,27–0,5
22–25	0,1	0,05–0,24	22–24	0,003	0,27–0,46
25–28	0,01	0,05–0,22	24–28	0,001	0,27–0,39
28–30	0,05	0,05–0,21	28–30	0,0005	0,27–0,35

Коэффициенты  $f$  для определения относительной площади совокупной застойной зоны воздушных масс

Средне-взвешенная скорость ветра $v_{cp}$	Воздухопроницаемая застройка с включением типов А, Б		Слабовоздухопроницаемая застройка с включением типов В, Г, Д	
	Коэффициент изменения плотности жилого фонда $f$	Показатель горизонтальной плотности $\sigma_r$	Коэффициент изменения плотности жилого фонда $f$	Показатель горизонтальной плотности $\sigma_r$
0,41–0,5	3,2	0,17–0,21	4,8	0,27–0,29
0,36–0,40	4,2	0,21–0,23	5,2	0,29–0,3
0,3–0,35	5,2	0,23–0,25	5,6	0,3–0,32
0,26–0,29	6,2	0,25–0,26	6	0,32–0,35

Особенности аэрации территории зависят как от типа развития и реконструкции, так и от геометрических параметров застройки, макро- и мезоклиматических показателей, так и от режима системы благоустройства.

Аэрация населенных мест тесно связана с расположением производственных объектов в застройке. Промышленная зона должна располагаться в направлении с наименьшей повторяемостью ветра. Если по условиям рельефа местности промзону вынуждены расположить со стороны наибольшей повторяемости ветра, необходимо определить *минимальное расстояние  $L_{min}$  от жилого района до промзоны*.

Минимальное расстояние определяется по формуле

$$L_{min} = \frac{L_0 N_{max}}{N_0},$$

где  $L_0$  – допустимое расстояние от жилого района до промзоны при отсутствии ветра (1000 м);

$N_{max}$  – повторяемость ветра в данном направлении при условии  $N \geq N_0$ ;

$N_0$  – средняя повторяемость ветра по любому направлению:

$$N_0 = \frac{100\%}{8 \text{ румбов}}.$$

Направление основных магистралей и сети улиц рекомендуется выбирать в соответствии с розой ветров, с тем чтобы обеспечить должную аэрацию городского района или защиту от неблагоприятных сильных ветров.

При совпадении направления ветра с направлением *прямой магистрали*, вдоль которой фронтально располагаются здания, возникает эффект усиления скорости ветра до 20 %. Если этот эффект нежелателен, то здания (особенно протяженные) следует расположить под углом 45–90° к направлению магистрали.

Здание, встречающее ветровой поток, создает позади ветровую тень (затишье) в пределах трех–восьми высот ( $h$ ).

При планировке жилой застройки для защиты от неблагоприятного ветра рекомендуется расстояние между соседними зданиями меньше  $(3...8)h$ . Необходимо предусматривать обводнение и озеленение жилого квартала. Озеленение смягчает действие ветра и солнца, повышает влажность воздуха. Не стоит забывать и о архитектурно-технических средствах регулирования микроклимата в зданиях и наружной среде.

### **Основные выводы**

1. Учет фактора аэрационного режима в различных условиях аэродинамического воздействия на застройку позволит обосновать плотность жилого фонда и тем самым эффективно использовать ценную территорию города при соблюдении требований к микроклимату жилой среды.

2. Необходимо:

разработать территориально-ветровое зонирование города, учитывающее влияние высотности застройки, места ее расположения и пространственного решения на аэродинамические характеристики и аэрационный режим;

выявить закономерность изменения аэрационного режима застройки от сезона и типа развития и реконструкции;

установить влияние геометрических параметров жилой застройки на средневзвешенную скорость ветра;

установить влияние геометрических параметров жилой застройки на величину площади совокупных зон застойного воздуха и зон с повышенными скоростями ветра;

выполнить сравнительный анализ ветрового зонирования территории застройки и компонентов благоустройства по величине совокупных застойных зон и зон комфорта;

определить влияние геометрических параметров застройки на территории с комфортной средой и аэрационный режим компонентов благоустройства.

3. Учет аэрационного режима необходимо связать с загазованностью, температурно-влажностным режимом, теплофизическими характеристиками ограждающих конструкций, несущей способностью конструкций, системой благоустройства и озеленения, акустическим влиянием ветра.

4. Учет аэрационного режима важен для правильного размещения рекреационных учреждений, производственных зон, решения задач восстановления и использования нарушенных территорий.

### **Контрольные вопросы**

1. Общие понятия и определения. Основные характеристики ветра. Коэффициент трансформации.

2. Положительные и отрицательные качества ветра. Причины возникновения ветра.

3. Формирование воздушных потоков на границе населенных мест. Структура поселения.
4. Виды возмущений. Параметры здания.
5. Формирование воздушных потоков при направлении ветра перпендикулярно фасаду, перпендикулярно торцу, под углом  $45^\circ$ . Обтекание воздушным потоком башенного здания.
6. Влияние зеленых насаждений на поле скоростей в микрорайоне.
7. Особенности завихрений области зданий в форме параллелепипеда при различных направлениях ветра. Влияние формы здания на аэродинамическую характеристику.
8. Обтекание воздушным потоком Г-, П-, и Т-образных зданий.
9. Схема ветровых потоков в квадратной застройке при  $\alpha = 90^\circ$ .
10. Влияние сложности микрорайонов на аэрацию.
11. Требования к планировке и застройке участков городской территории.
12. Аэродинамические эффекты, наблюдаемые вокруг зданий.
13. Какова закономерность изменения аэрационного режима застройки от сезона и типа развития и реконструкции?

### 2.3. Исследование условий инсоляции городской застройки и зданий

**Инсоляция** – облучение прямыми солнечными лучами жилых помещений (через оконные проемы) и территории, сложный естественный процесс, постоянно изменяющийся во времени и пространстве, обусловленный закономерностями движения Земли вокруг Солнца. При проектировании городской территории приходится решать задачи, связанные с ее облучением прямыми солнечными лучами. Выявление времени начала и конца инсоляции внешних и внутренних поверхностей зданий и углов падения солнечных лучей на эти поверхности помогает оценивать санитарно-гигиенические и светотехнические виды воздействий на сооружения в различных условиях. Оптимальный инсоляционный режим зависит:

- от географической широты местности;*
- времени года;*
- ориентации зданий;*
- плотности и этажности застройки;*
- планировки помещений.*

Интенсивность излучения и ее основные качества, влияющие на состояние жилой застройки, – бактерицидное, эритемное и тепловое воздействие, дополнительно зависят от времени суток, атмосферы и окружающей среды. Проблемы недостаточной инсоляции зданий возникают в крупных городах, где под застройку активно используют зоны центральных частей городов в условиях уплотнения существующей застройки.

Инсоляцию жилых помещений оценивают по ее продолжительности в часах и интенсивности в течение суток. Приняты следующие дни, характеризующие инсоляцию для различных периодов времени года (рис. 2.19, 2.20, 2.21):

21 марта – день весеннего равноденствия;  
 21 июня – день летнего солнцестояния;  
 23 сентября – день осеннего равноденствия;  
 22 декабря – день зимнего солнцестояния.

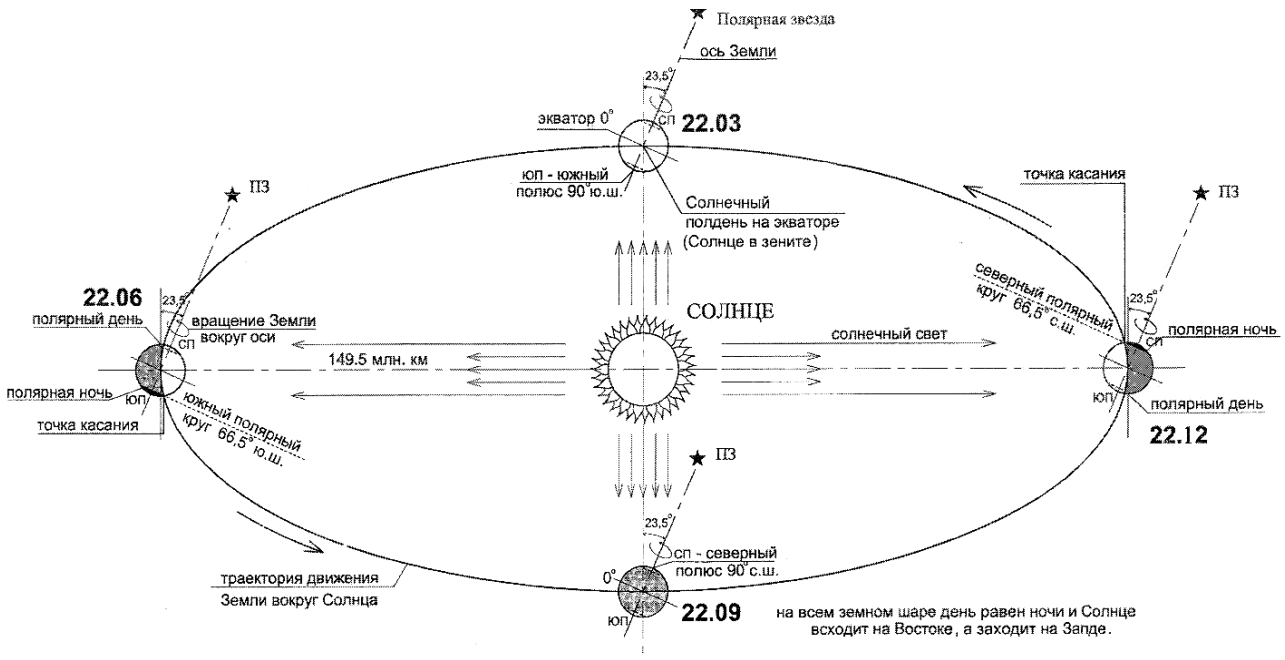


Рис. 2.19. Положение Земли по отношению к Солнцу в характерные дни года (22.12; 22.03 и 22.06; 22.09). Тенеобразование и сезоны года на земном шаре

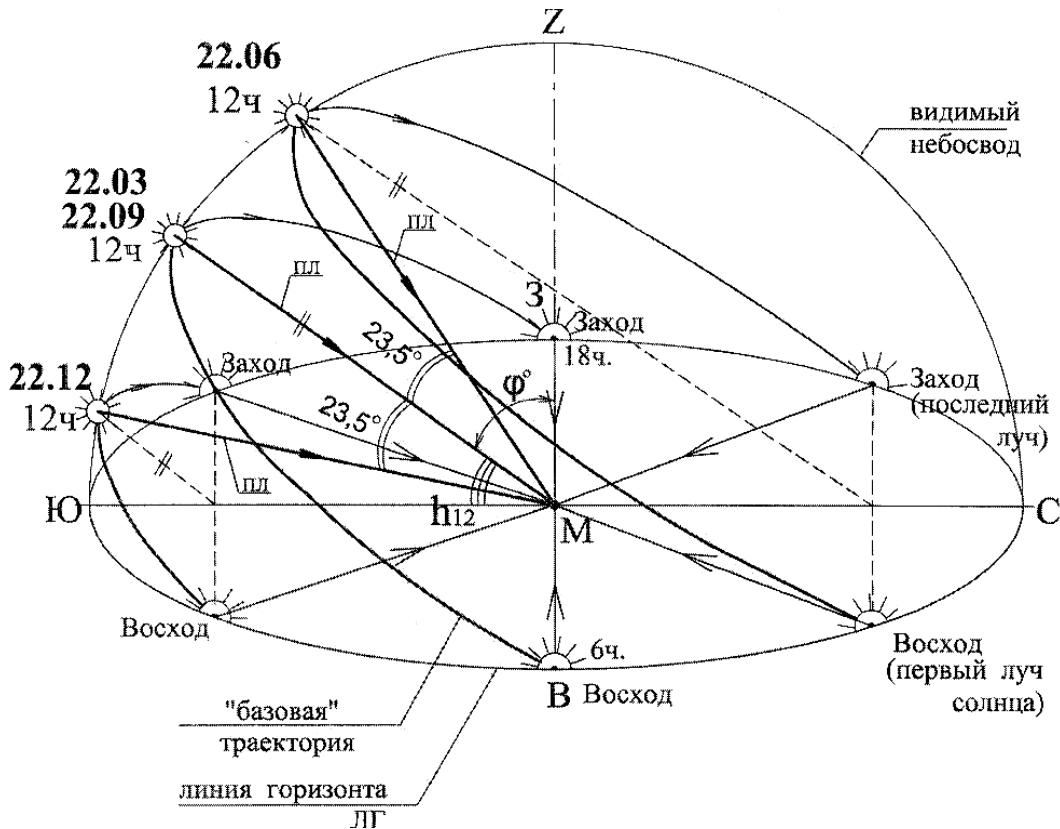


Рис. 2.20. Солнечные траектории и характерные лучи (восход, полдень, заход) в дни весенне-осеннего равноденствия и летнего и зимнего солнцестояния

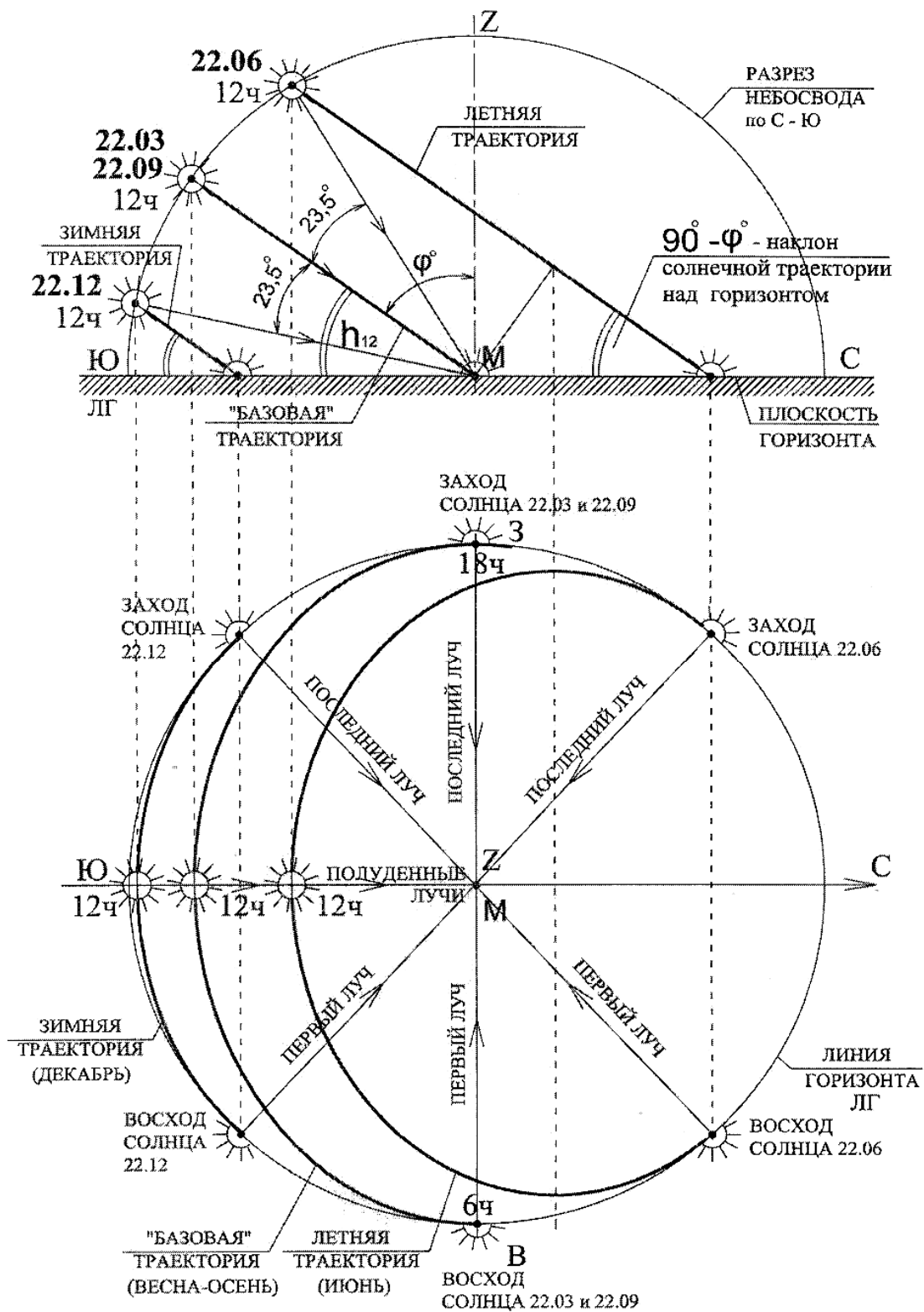


Рис. 2.21. Ортогонально-проекционное изображение (разрез и план) солнечных траекторий в характерные дни года

**Аксиома:** наклон всех солнечных траекторий на данной географической широте постоянен: он определяется «базовой» траекторией, но наклон солнечных лучей, в том числе полуденного луча, изменяется в зависимости от широты, сезона года и солнечного времени дня.



Высота стояния солнца в полдень  $h_{12}$  (наклон полуденного луча над горизонтом):

$$22.03 \text{ и } 22.09 \quad h_{12} = 90^\circ - \varphi;$$

$$22.06 \quad h_{12} = (90^\circ - \varphi) + 23,5^\circ;$$

$$22.12 \quad h_{12} = (90^\circ - \varphi) - 23,5^\circ.$$

Оптимальная эффективность инсоляции (ее общеоздоровительное, психофизиологическое, бактерицидное и тепловое воздействия) достигается при обеспечении ежедневного непрерывного двух-, трехчасового облучения прямыми солнечными лучами помещений жилых и общественных зданий, территорий жилой застройки (п. 10 СанПиН № 80).

В Республике Беларусь нормативы инсоляции при проектировании территории застройки в населенных пунктах, строительстве и реконструкции жилых, общественных зданий, а также их эксплуатации установлены санитарными правилами и нормами «Гигиенические требования обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 апреля 2008 г., № 80 (далее – СанПиН № 80), а также градостроительными нормами ТКП 45-3.01-116–2008 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки».

Инсоляция нормируется для весенне-осеннего периода года с учетом светоклиматических особенностей и *характера застройки* (п. 11 СанПиН № 80). Таким образом, нормирование инсоляции зависит от такой характеристики, как характер застройки, что предполагает **различный** подход к нормативу инсоляции в зависимости от *градостроительных условий*.

Общая норма *непрерывной* инсоляции для помещений жилых и общественных зданий составляет 2 часа в период с 22 марта по 22 сентября (п. 13 СанПиН № 80, п. 13.3.2 ТКП 45-3.01-116–2008).

В соответствии с п. 14 СанПиН № 80 и п. 13.3.4 ТКП 45-3.01-116–2008 продолжительность в течение дня непрерывной инсоляции должна обеспечиваться в жилых домах:

в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах – не менее чем в одной жилой комнате;

квартирах с количеством комнат четыре и более – не менее чем в двух жилых комнатах.

Однако как исключение из **общей нормы** непрерывной инсоляции в 2 часа, *в особых случаях допускается многократная прерывистость*, а также *сокращение* времени инсоляции до 1,5 часа.

Вопросы прерывистости инсоляции возникают при увеличении этажности застройки и ее уплотнения.

Допускается прерывистость минимальной продолжительности инсоляции: «В условиях многоэтажной застройки (девять и более этажей) и **уплотненной застройки**, жилых и общественных зданий при увеличении суммарной про-

должительности инсоляции в течение дня на 0,5 часа (п. 14 СанПиН № 80, п. 13.3.5 ТКП 45-3.01-116–2008).

Примечание 1 к п. 5 СанПиН № 2605–82 в качестве *исключения* из общего требования продолжительности минимального времени *непрерывной* инсоляции допускало **только** *одноразовую* прерывистость инсоляции и **только** для *условий многоэтажной застройки* (девять и более этажей).

*Сокращение минимальной продолжительности инсоляции* предусматривают (п. 13.3.5 ТКП 45-3.01-116, п. 15 СанПиН № 80) при реконструкции территорий жилой застройки или размещении нового строительства *в особо сложных градостроительных условиях, обоснованных заданием на проектирование*, а также в жилых домах **меридионального типа**, где инсолируются все комнаты квартиры, а также при реконструкции исторически ценной городской среды, дорогостоящей подготовке территории, зоне общегородских, районных центров – допускается сокращение продолжительности инсоляции на 0,5 ч».

Решая задачи курсовой работы по определению инсоляции, студентам необходимо обращать внимание на время фактической инсоляции, так как связующим фактором между расчетной величиной разрывов и многочисленными переменными величинами – **длина тени и площадь «конверта теней»**, отбрасываемых затеняющим зданием за время продолжительности инсоляции на условную горизонтальную поверхность, соответствующую широте местности, являются *нормы по инсоляции*.

*Продолжительность инсоляции жилых помещений* – время, через которое прямые солнечные лучи непрерывно облучают помещения через оконные проемы, характеризуется площадью «конверта теней» от здания за время от начала до конца нормативной продолжительности инсоляции на горизонтальной плоскости.

Площадь конверта теней, их длина за одну и ту же продолжительность инсоляции в различное время светового дня **неравны** между собой: в утренние часы они значительно больше, в дневные – меньше, что существенно влияет на разрывы.

Из этого следует, что период инсоляции (часы суток) существенно влияет на постоянно изменяющийся «конверт теней», рис. 2.22 и 2.23, т. е. на величину разрывов и затенение территории как следствие видимого движения солнца по небесной сфере.

**Площадь конверта теней зависит:**

*от нормы продолжительности инсоляции;*

*времени начала и конца инсоляции;*

*координат солнца;*

*ориентации окон дома.*

Параметры конверта теней определяются длиной теней, отбрасываемых зданием в начале и в конце периода нормативной инсоляции, величина и направление которых определяются координатами солнца для любого момента времени и рассчитываются по формуле

$$L = H \operatorname{ctg} h,$$

где  $L$  – длина тени, м;  
 $H$  – высота здания, м;  
 $h$  – высота стояния солнца, град.

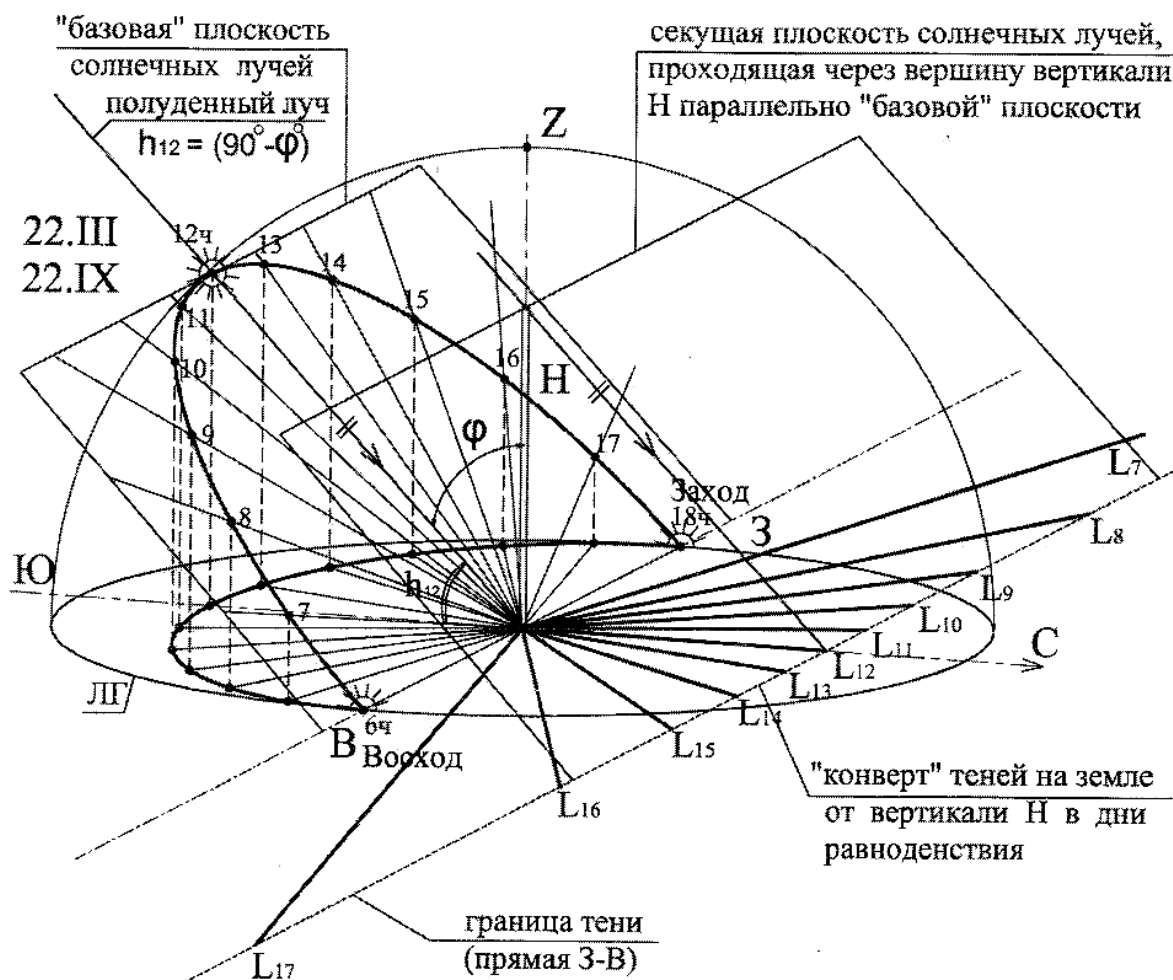


Рис. 2.22. Стереон солнечных лучей в дни равноденствия и образование («конверт») теней на земле от вертикали  $H$

Длина тени зависит от высоты здания, времени года и времени суток.  
 Направление тени зависит от азимута Солнца.

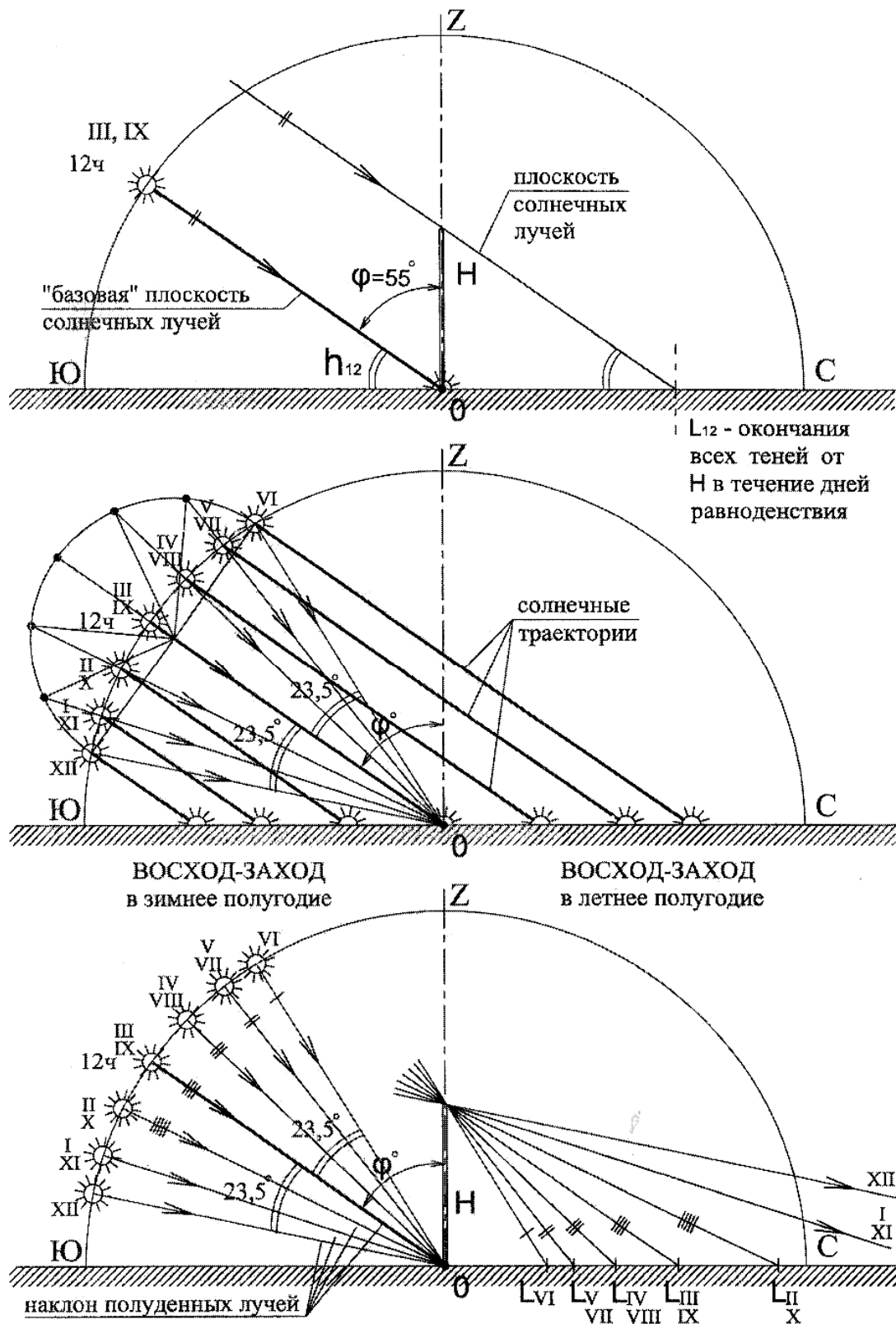


Рис. 2.23. Наклон солнечных траекторий и полуденных лучей в разные месяцы года, определяющие характер тенеобразования

Для графического построения конверта теней от жилых домов для городской территории необходимо построить базовые проекции траектории солнца, рис. 2.24–2.26.

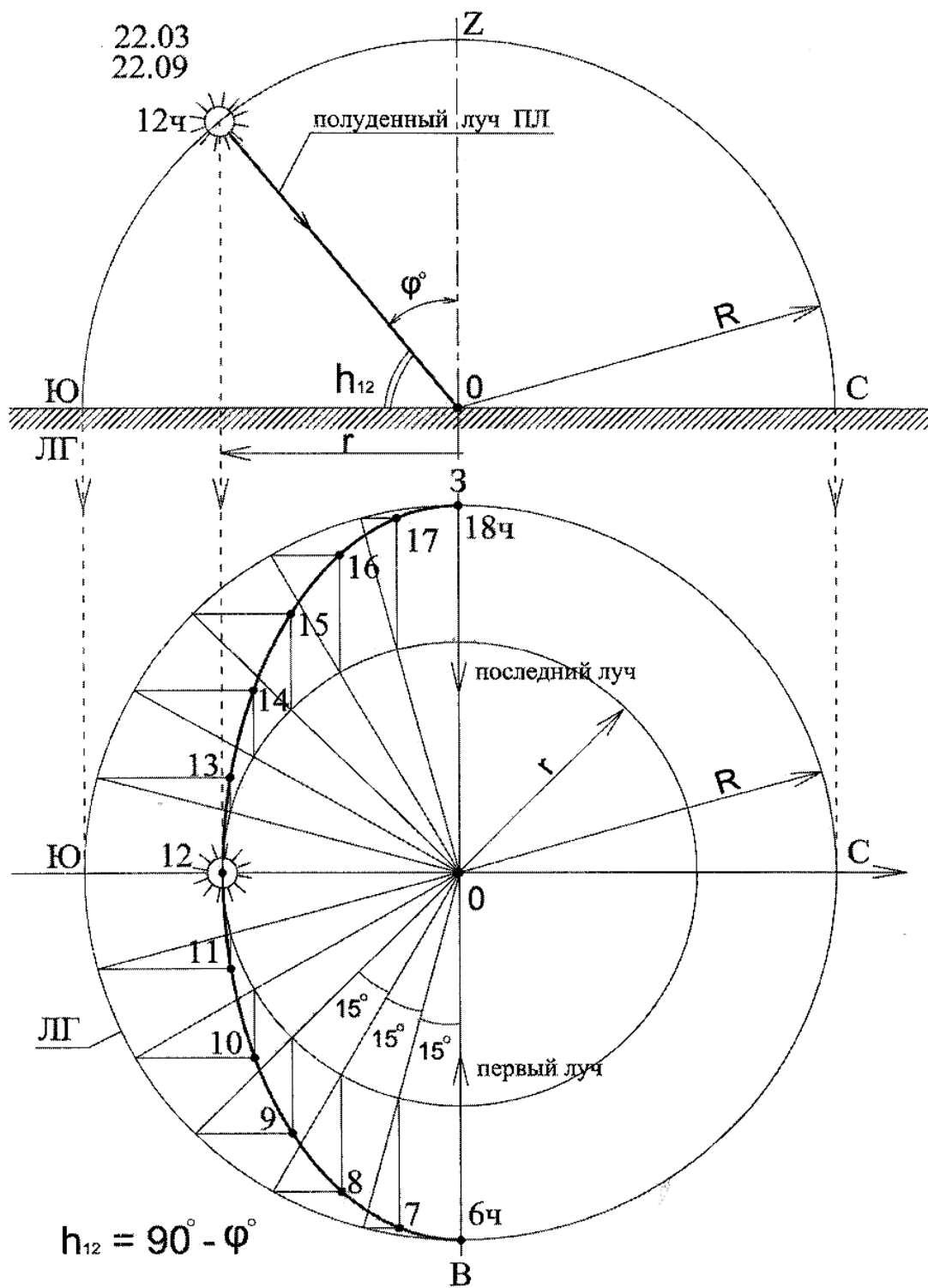


Рис. 2.24. Графический способ построения базовой проекции траектории Солнца с разреза небосвода на плоскость Земли в дни весенне-осеннего равноденствия

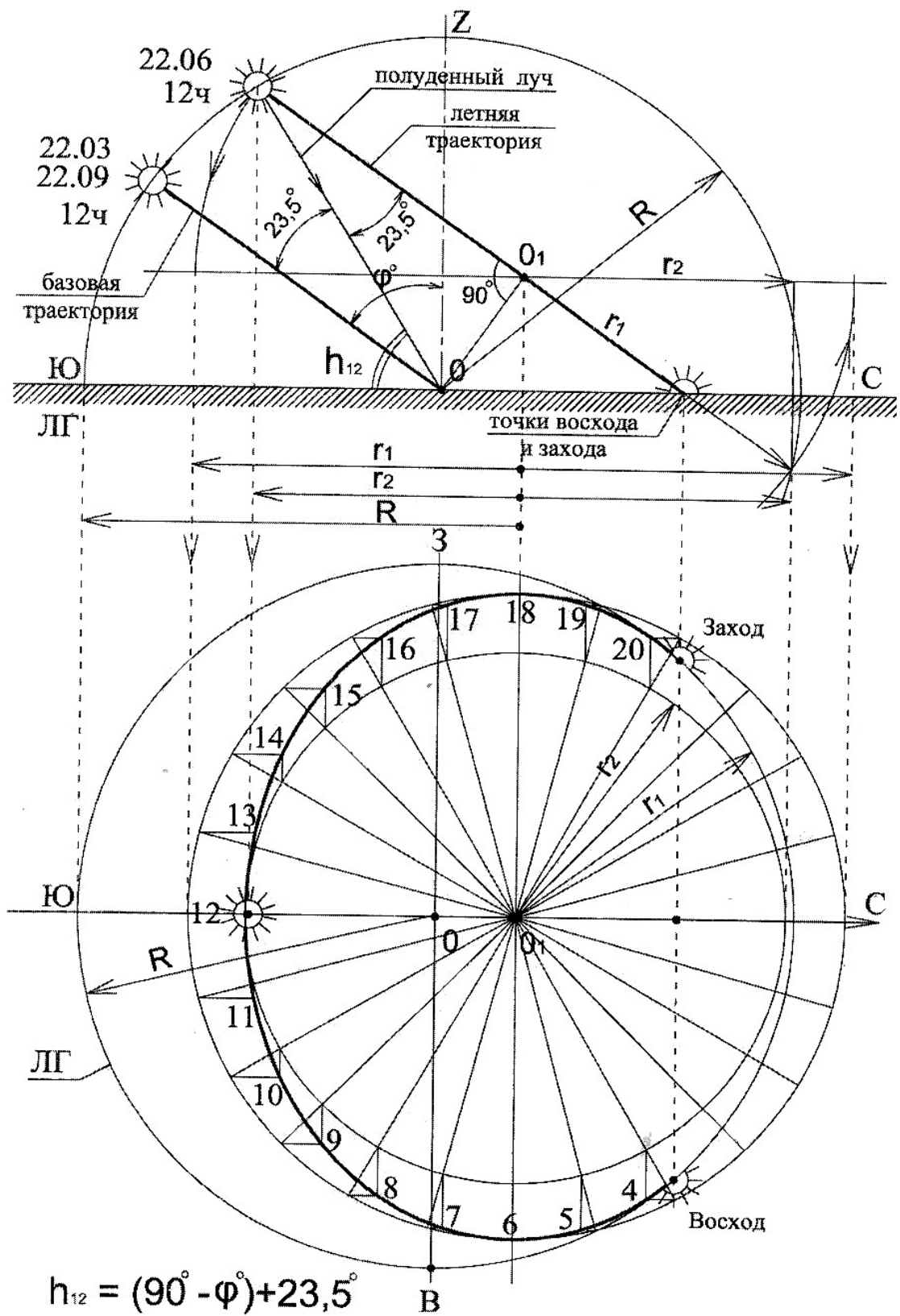


Рис. 2.25. Графический способ построения базовой проекции траектории Солнца с разреза небосвода на плоскость Земли для дня летнего солнцестояния

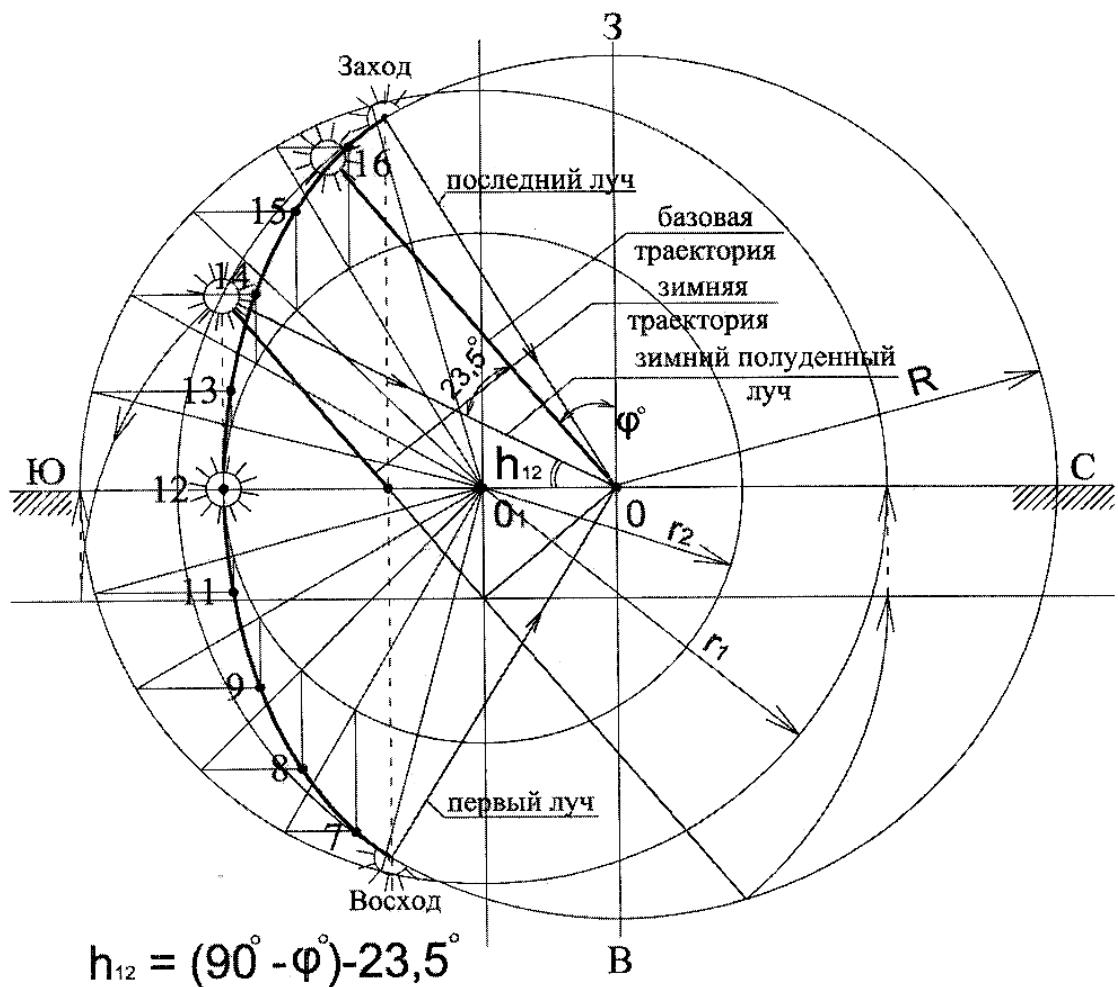


Рис. 2.26. Графический способ построения базовой проекции траектории Солнца с разреза небосвода на плоскость Земли для дня зимнего солнцестояния (план и разрез небосвода совмещены)

После построения конверта теней для дней весенне-осеннего равноденствия необходимо определить взаимосвязь исследуемой продолжительности инсоляции, нормативной продолжительности инсоляции и их влияние на формирование жилой застройки, рис. 2.27–2.29.

Время продолжительности инсоляции через оконные проемы характеризуется площадью конверта теней от здания. Эта площадь и их длина на одну и ту же продолжительность инсоляции в различное время светового дня неравны между собой: в утренние часы они значительно больше, в дневные – меньше, что существенно влияет на разрывы. Из этого следует, что период инсоляции (часы суток) существенно влияет на постоянно изменяющийся конверт теней, т. е. на величину разрывов и затенение территории как следствие видимого движения Солнца по небосводу. Таким образом, построение конверта теней зависит от нормы продолжительности инсоляции, времени начала и конца инсоляции, координат солнца и ориентации окон дома.

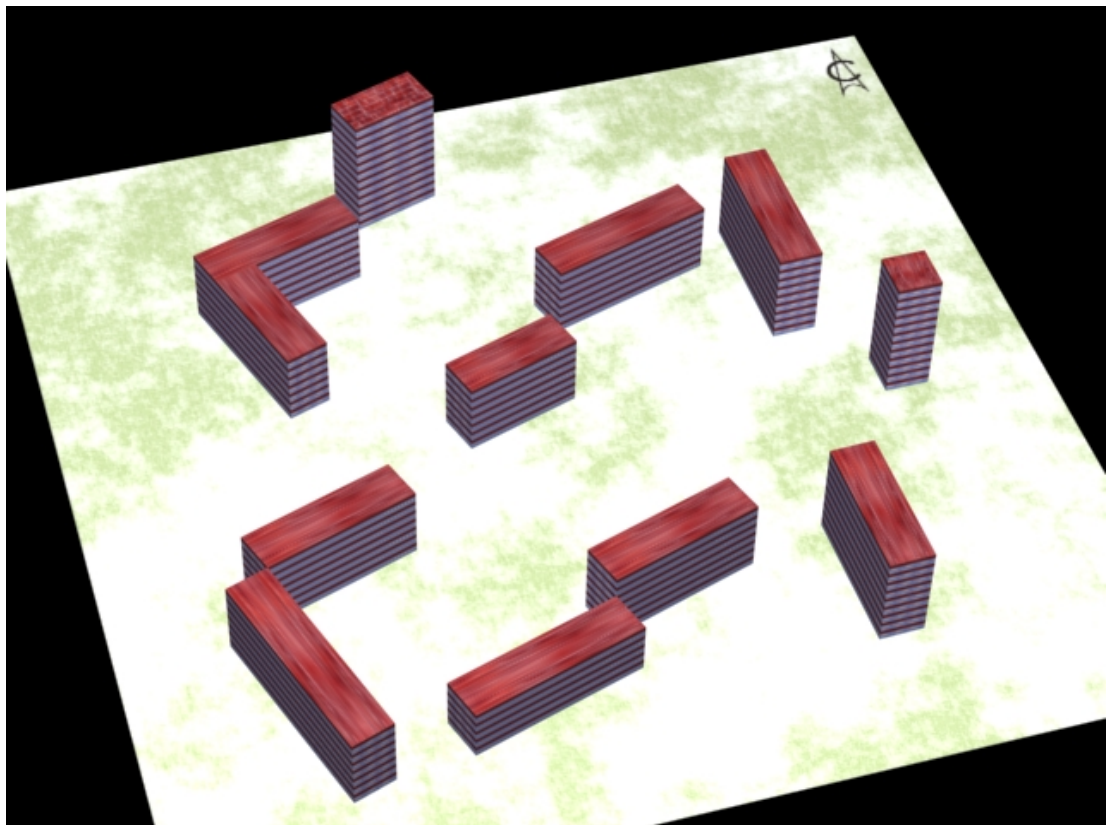


Рис. 2.27. Графический способ построения на компьютере 3D-модели жилой застройки

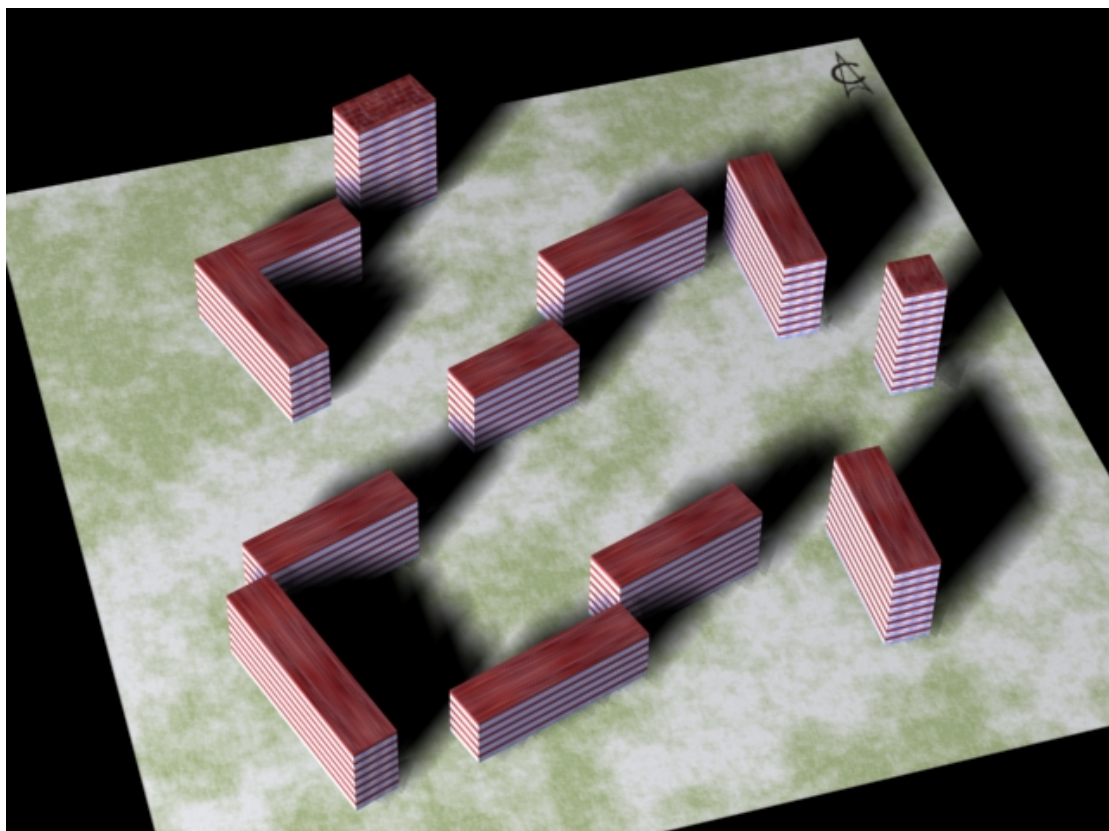


Рис. 2.28. Графический способ построения на компьютере 3D-модели жилой застройки с тенеобразованием



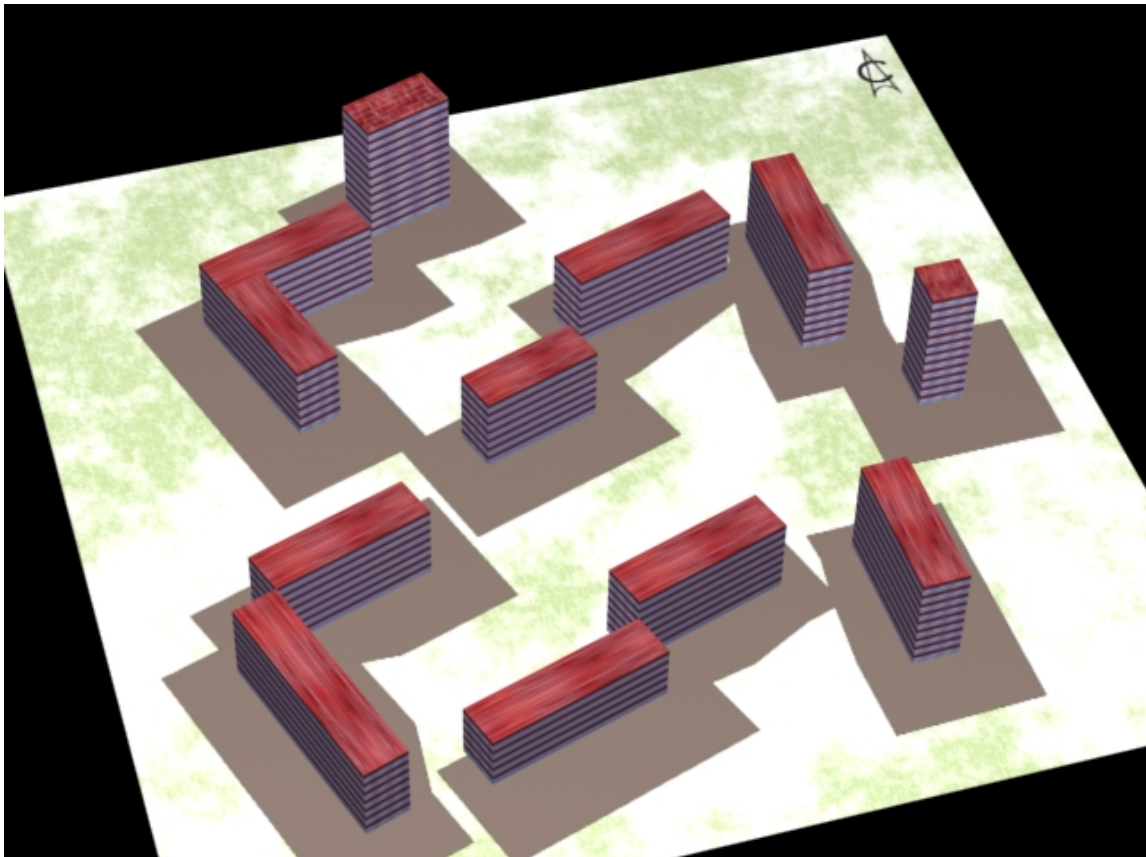


Рис. 2.29. Графический способ построения на компьютере 3D-модели жилой застройки, совмещенного с инсографиком

По построенным конвертам теней для периодов весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния провести анализ инсоляции территории застройки. Для этого необходимо подсчитать следующие площади:

- $S_1$  – площадь участка, свободную от застройки;
- $S_2$  – площадь полугодичного затенения участка;
- $S_3$  – площадь годовичного затенения участка, рис. 2.30.

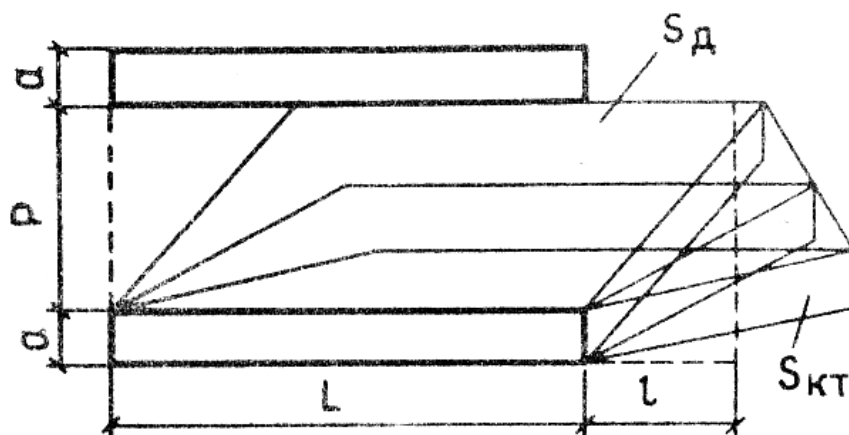


Рис. 2.30. Инсоляционный эквивалент величины участка для одного дома:  
 $S_д$  – площадь участка для одного дома;  $S_кт$  – площадь конверта теней за нормативную продолжительность инсоляции;  $L$  – длина жилого здания;  $a$  – ширина жилого здания;  
 $P$  – нормативный разрыв между торцами жилых зданий

Если площадь  $S_2$  превышает 10 % от площади участка, свободной от застройки, или если на исследуемой площадке существует фрагмент территории, имеющий годичное затенение, то необходимо внести изменения в планировку застройки: изменить ось существующей застройки, увеличить разрывы между зданиями или совсем изменить планировочную структуру.

Если  $S_2$  не превышает 10 % от площади участка, свободной от застройки, а годичного затенения на исследуемой территории вовсе не существует, можно приступить к размещению площадок на дворовых территориях, выбору зеленых насаждений, организации проездов и благоустройства, рис. 2.31.

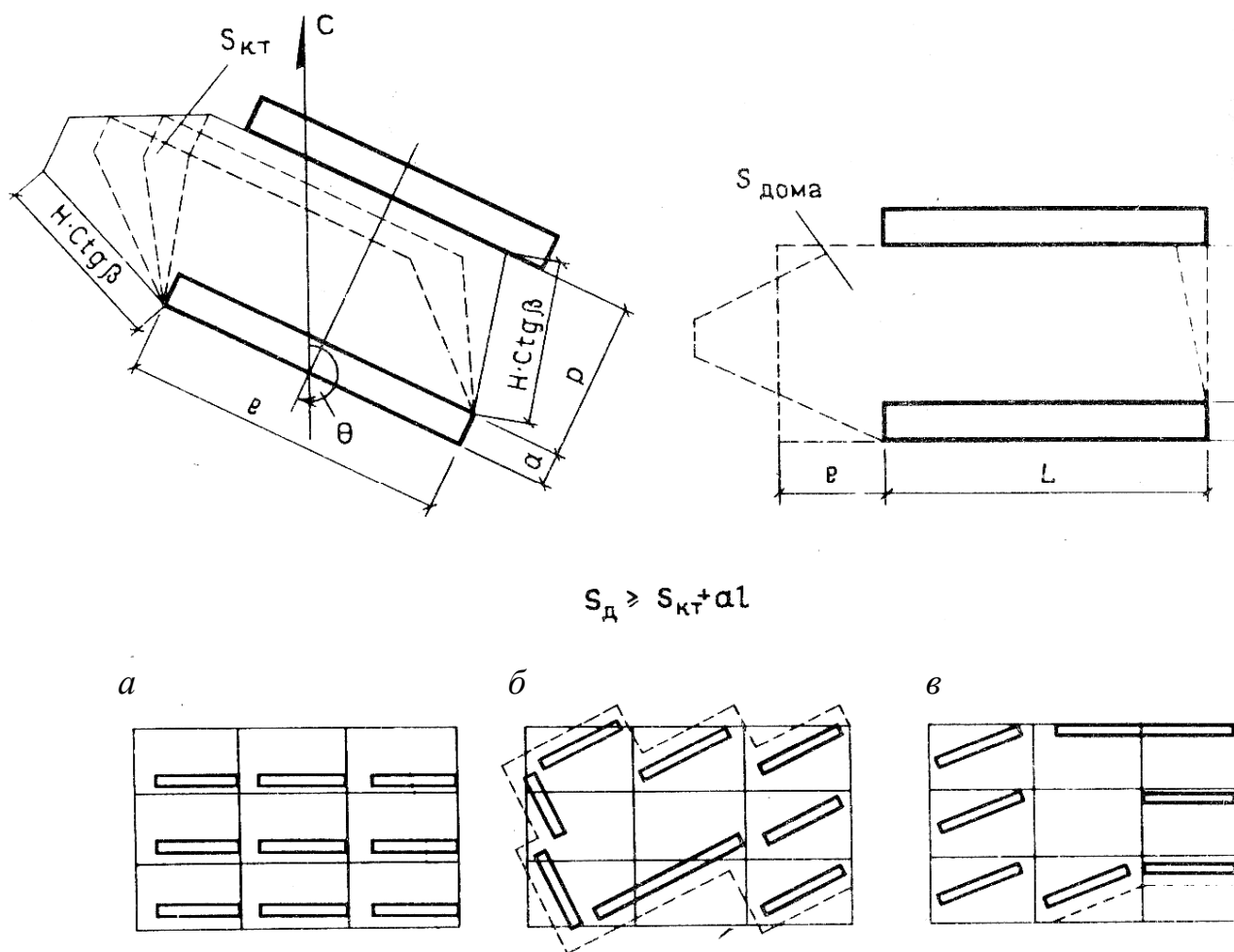


Рис. 2.31. Схема влияния инсоляции на величину участков домов:  
*a, б, в* – изменение величины придомовых участков различной композиции застройки – строчной, свободной, смешанной:  $S_d$  – приведенная площадь участка одного дома, равновеликая  $S_{кт}$ ;  $L$  – длина жилого здания;  $P$  – величина разрыва между двумя домами

*Следующим этапом работы является не только построение конвертов теней, но и анализ существующей застройки в условиях ее последующего уплотнения.*

*Для этого необходимо выбрать независимые территории, свободные от годичного тенеобразования, и использовать эти жилые зоны для вторичной застройки. В качестве примера можно рассмотреть расположение двух параллельных зданий относительно друг друга на минимально допустимом расстоянии.*

Схема раскрывает работу формулы, которая определяет приведенную площадь участка одного дома:

$$S \geq S_{\text{кт}} + al,$$

где  $S_{\text{кт}}$  – суммарная площадь конверта теней за нормативную продолжительность инсоляции;

$a$  – ширина жилого здания;

$l$  – нормативный разрыв между торцами жилых зданий.

Ориентация жилых зданий определяется углом ориентации жилых помещений  $\theta$  по кругу горизонта, образованным перпендикуляром к наружной плоскости окна с осью «север–юг», и измеряется в градусах по направлению движения часовой стрелки от 0 до 360°. От угла ориентации окон зависят длина тени и продолжительность инсоляции помещений в течение светового дня. Продолжительность и время оптимальной инсоляции зависят от координат солнца, угла ориентации окон и инсоляционного угла окна.

**Инсоляционный угол окна** – угол, образованный проекцией крайних солнечных лучей в горизонтальной плоскости, проходящих в помещение через оконный проем. Этот угол  $\omega$  зависит от толщины стены  $d$ , ширины окна  $b$  и определяется по формуле

$$\omega = 180^\circ - 2 \operatorname{arctg} \frac{d}{b}.$$

Примеры решения фасадов с остеклением жилой застройки приведены в прил. 2 и на рис. 2.32, 2.33.

*Оптимальная инсоляция жилых помещений* – это функция времени и конца нормативной продолжительности инсоляции в зависимости от угла ориентации окон, при которых конверт теней и величина разрыва между двумя параллельными жилыми зданиями наименьшие.

Широта местности оказывает наиболее существенное влияние на общую продолжительность и интенсивность солнечной радиации. С изменением широты местности и угла склонения Солнца изменяются длины теней, площадь конверта теней, затенение территории, время начала и конца оптимальной инсоляции, т. е. изменяются все условия, определяющие величину разрывов и интенсивность бактерицидного и теплового излучения солнечных лучей. Математическая сущность величины разрывов определяется тем, что каждому углу ориентации окон дома по кругу горизонта соответствуют строго определенные часы (истинного солнечного времени) начала и конца оптимальной нормативной инсоляции жилых помещений для конкретной жилой зоны, при которых разрыв между двумя параллельными домами наименьший за весь период суточной инсоляции, табл. 2.9.

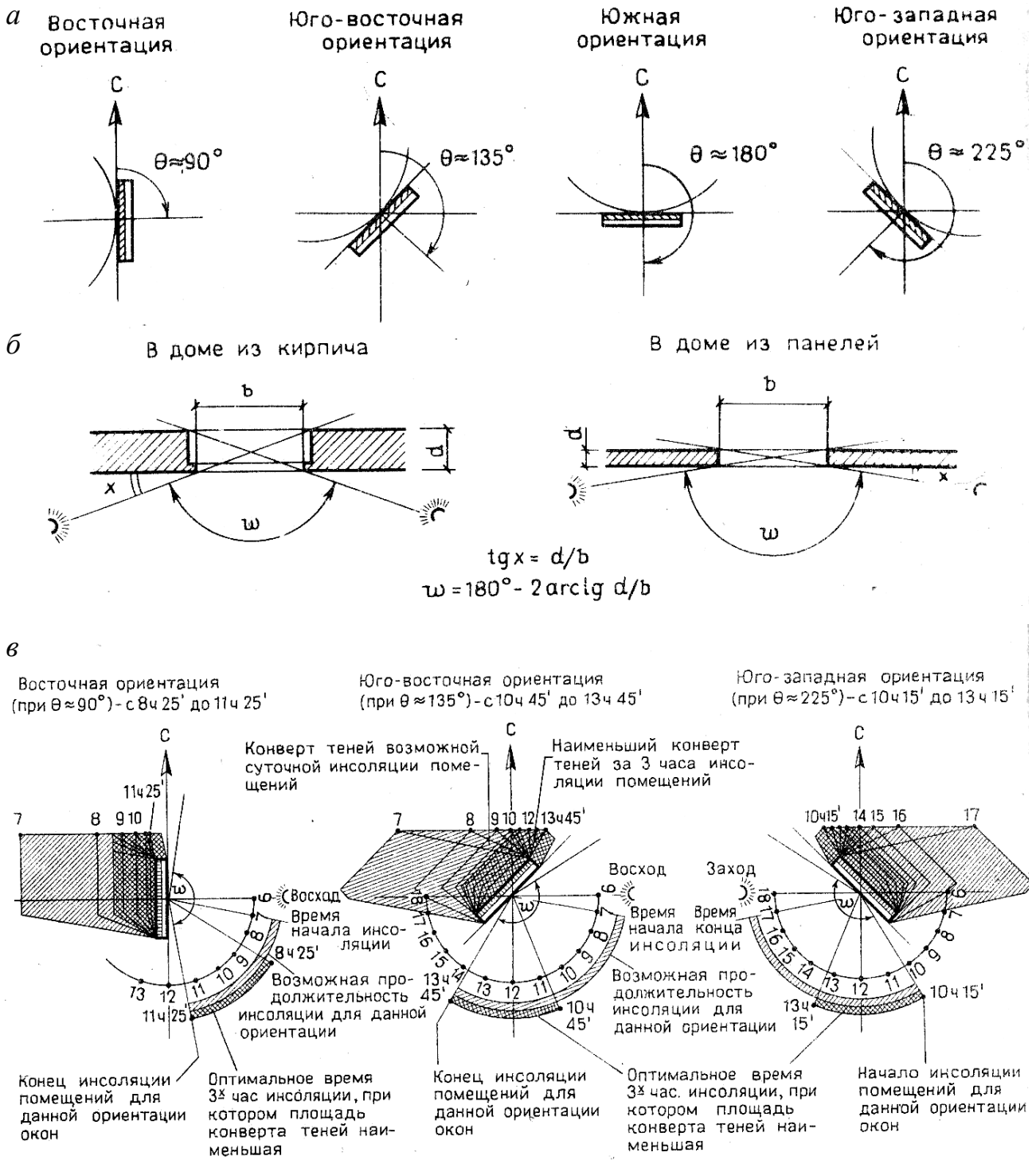


Рис. 2.32. Ориентация жилых зданий и инсоляция:  
 а – угол ориентации окон жилых помещений; б – инсоляционный угол окна;  
 в – оптимальное время трехчасовой инсоляции

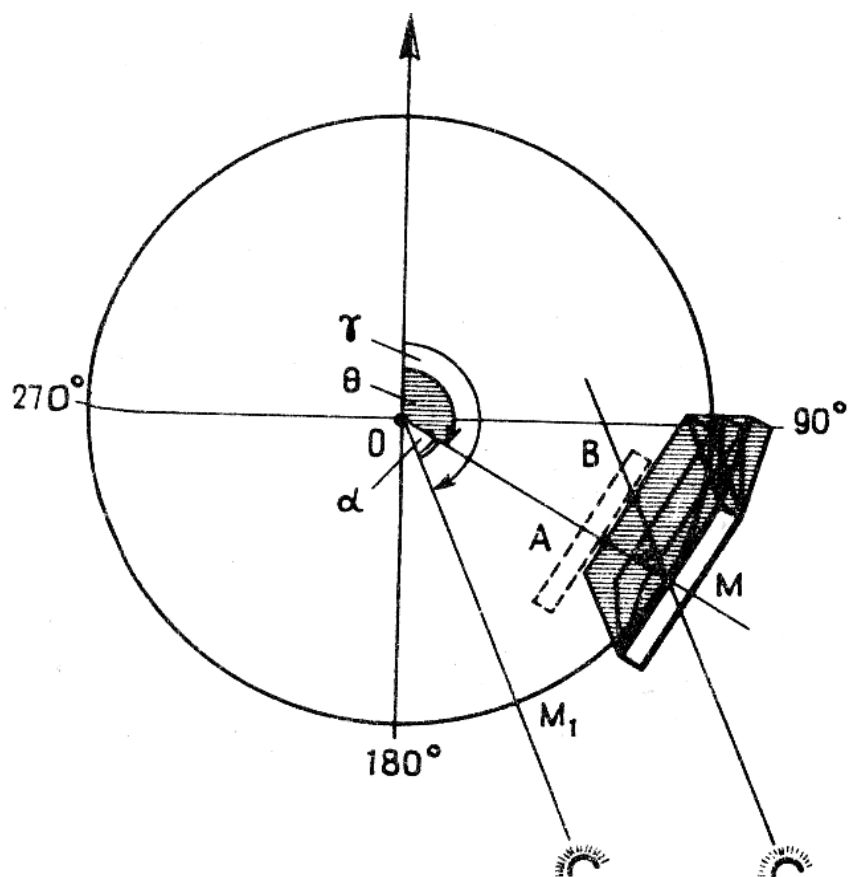


Рис. 2.33. Ориентация жилых зданий и инсоляция

Таблица 2.9

Типы секций

Угол ориентации окон дома $\theta$	Расстояние между зданиями для широты местности $53^\circ$
Широтная	$1,33 H$
Диагональная	$1,55 H$
Меридиональная	$2 H$
Предельно допустимая	$5,5 H$

Из схемы рис. 2.33 ясно, что наибольшая тень от дома будет в начале периода инсоляции, так как он начинается в утренние часы, а затем, приближаясь к полудню, тень будет уменьшаться. Следовательно, расчетным временем, определяющим величину наименьшего разрыва до затеняемого дома, будет время начала инсоляции, которому соответствует определенный азимут Солнца  $\gamma$ , т. е. направление тени ( $OM$  параллельно  $BM$ ).

Длина тени определяет величину разрыва  $AM$  в расчетное время начала инсоляции  $BM$  как косинус угла  $AMB$ , равного углу  $MOM_1$ . Угол  $AMB$  равен углу

$МOM_1$ , как противоположный, и равняется разности между углом азимута Солнца  $\gamma$  и углом ориентации окон дома  $\theta$ :

$$OA = OM - BM \cos \alpha,$$

где  $OA - p$ ;

$OM$  – радиус окружности (произвольный);

$BM$  – длина тени в расчетное время;

$\alpha$  – разность углов  $\gamma - \theta$ .

Исходя из этой формулы и формулы, определяющей длину тени ( $L = Hh_0 \operatorname{ctg} \alpha$ ), получим формулу определения **величины разрывов между зданиями**:

$$P = Hh_0 \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos(\gamma - \theta).$$

### **Расположение детских площадок**

Согласно построенным конвертам теней жилой территории в задачу входит размещение детских площадок на придомовых территориях и спортивных зон территории исследуемого района. При расположении детских и спортивных площадок и зон отдыха необходимо учесть 50%-е затенение от всей площади в период с 12.00 до 14.00, рис. 2.34–2.37.

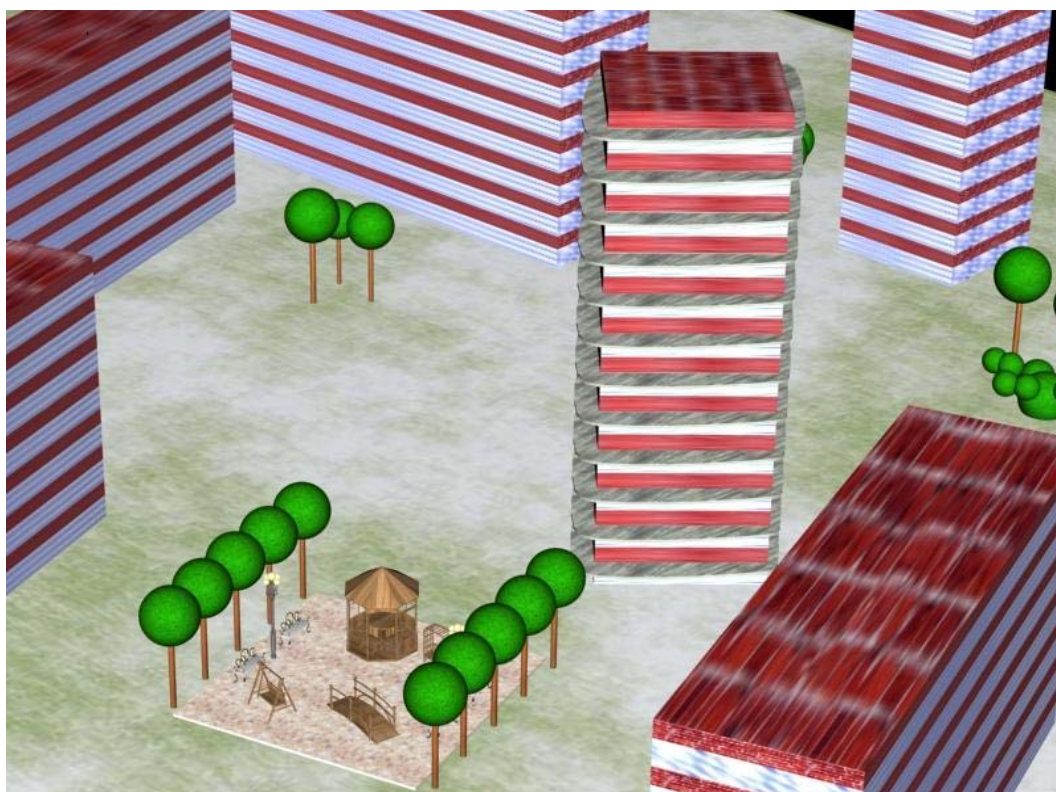


Рис. 2.34. Графический способ расположения 3D-модели жилой застройки и детских площадок с учетом 50%-го затенения

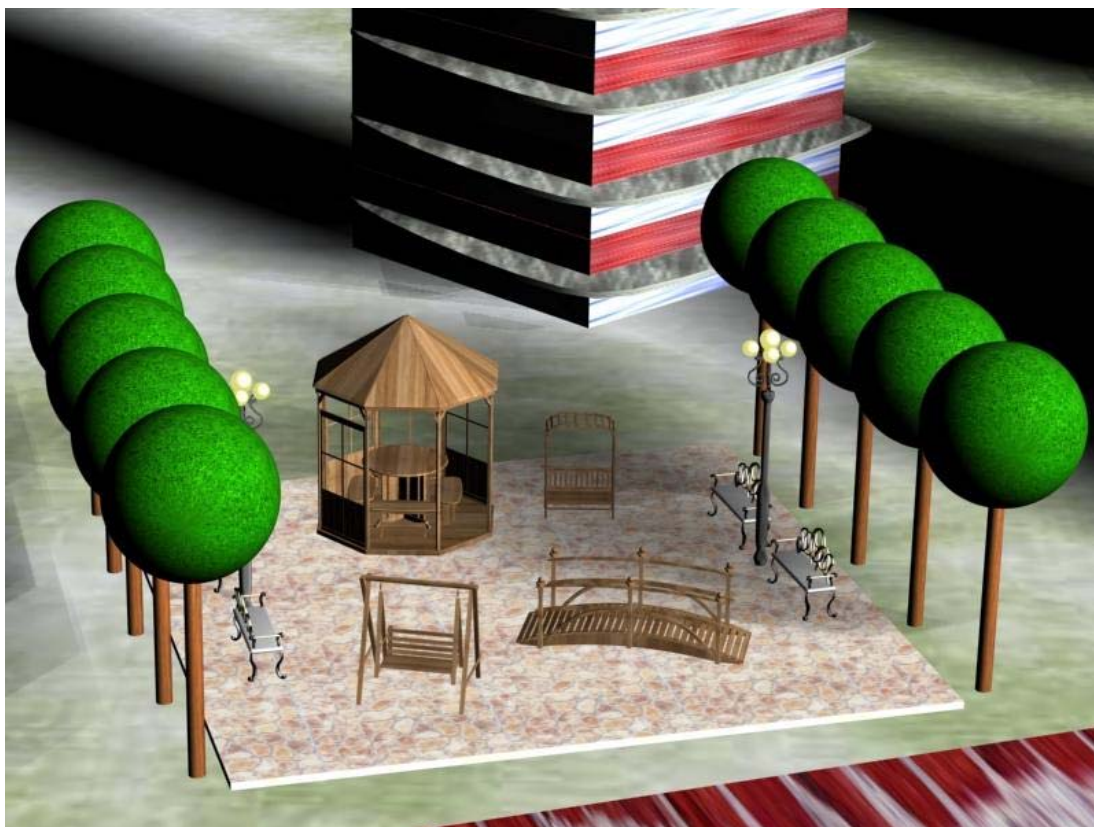


Рис. 2.35. Графический способ расположения 3D-модели жилой застройки и детских площадок с учетом 50%-го затенения

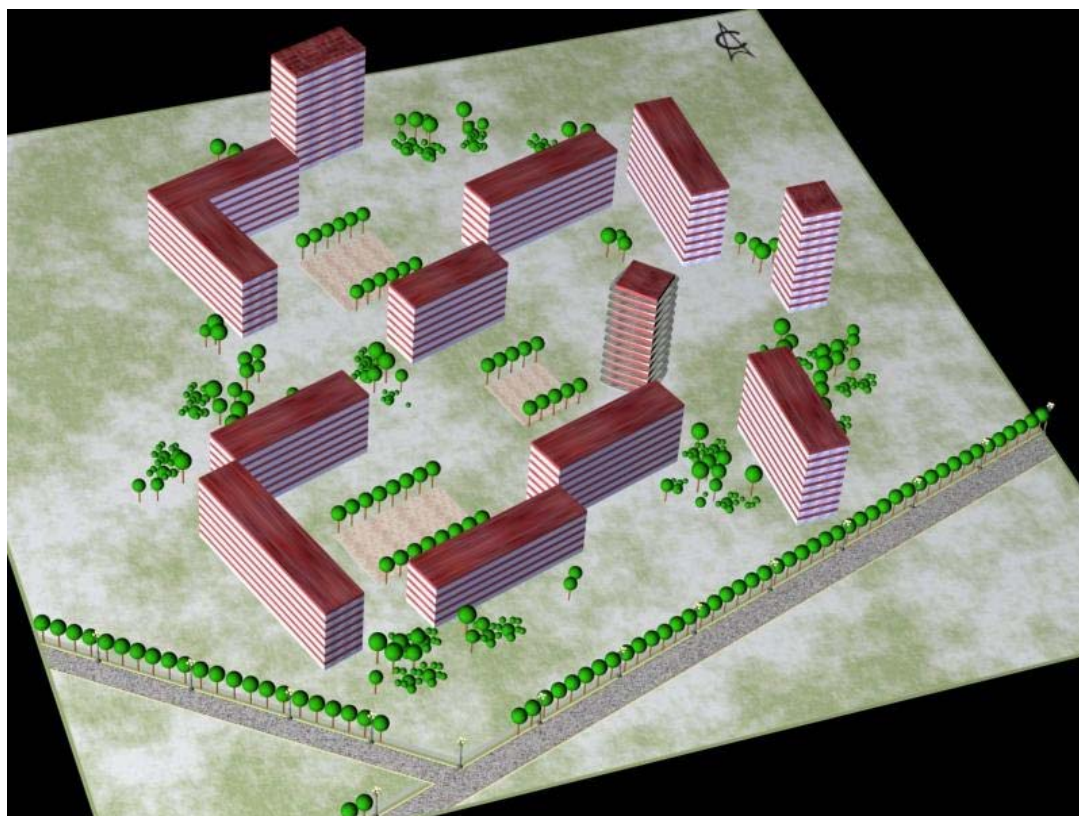


Рис. 2.36. Графический способ расположения 3D-модели жилой застройки и детских площадок с учетом 50%-го затенения на территории микрорайона

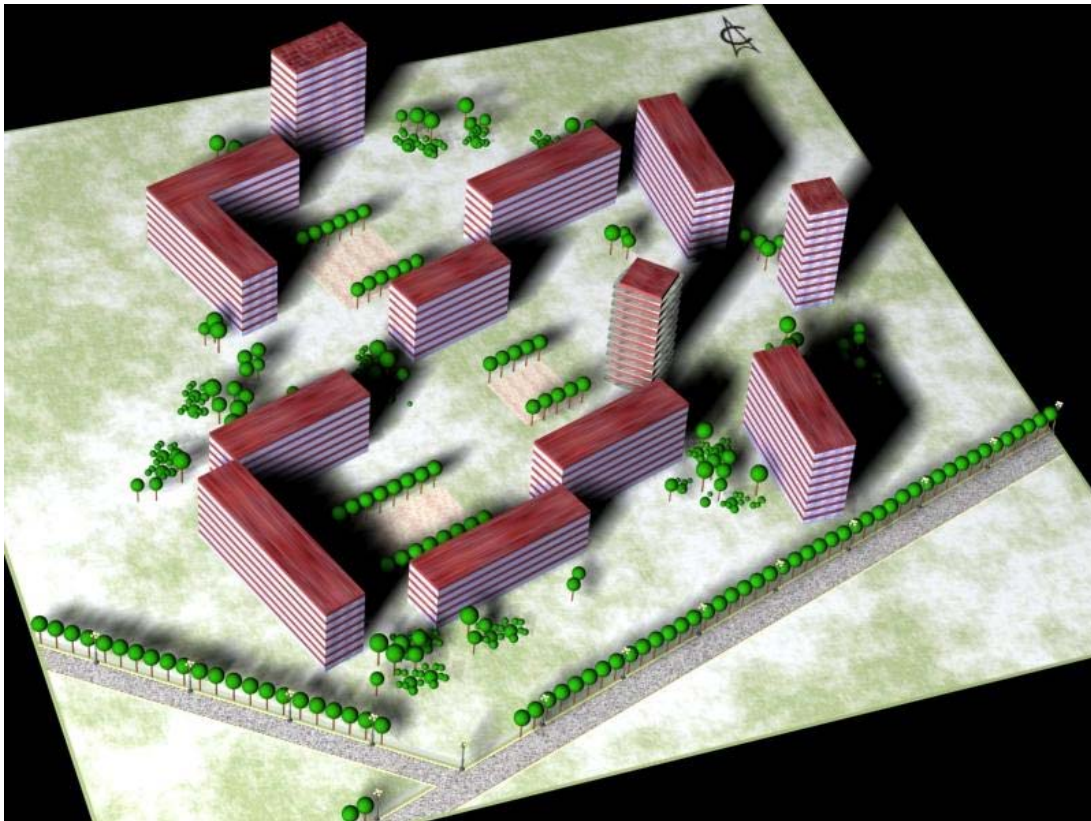


Рис. 2.37. Графический способ расположения 3D-модели жилой застройки и детских площадок с учетом годичного затенения на территории микрорайона

## Выводы

1. Каждому углу ориентации дома по кругу горизонта соответствуют строго определенные (оптимальные) часы начала и конца нормативной продолжительности инсоляции, при которых площадь конверта теней и величина разрыва между двумя параллельными домами самые наименьшие.

2. Так как площадь конверта теней определяет оптимальную величину разрывов как первооснову санитарно-гигиенических требований, то эту площадь закономерно принять за «инсоляционный эквивалент» наименьшей требуемой территории для размещения одного жилого дома.

## Контрольные вопросы

1. Что такое инсоляция? От чего она зависит?
2. Какими факторами оценивается инсоляция?
3. Как выбирается тип секции с учетом условий инсоляции и ориентации зданий? Координаты солнца на небосводе ( $h$ ,  $\alpha$ ,  $A$ ).
4. Каковы причины нормирования инсоляции в жилых зданиях различных типов секций? Описать положительное и отрицательное воздействие инсоляции.



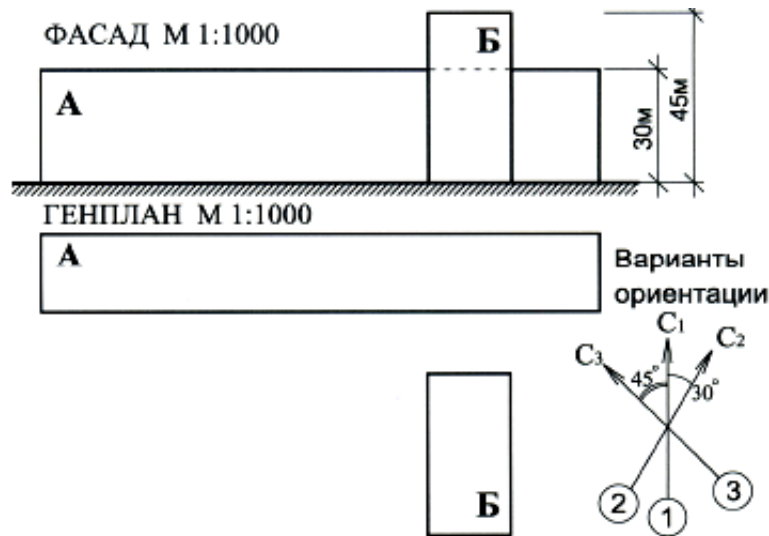
## Рекомендуемая литература

1. Серебровский, Ф. Л. Аэрация населенных мест / Ф. Л. Серебровский. – Москва: Стройиздат, 1985. – 169 с.
2. Серебровский, Ф. Л. Аэрация жилой застройки / Ф. Л. Серебровский. – Москва: Стройиздат, 1971. – 110 с.
3. Шепелев, Н. П. Реконструкция городской застройки / Н. П. Шепелев, М. С. Шумилов. – Москва: Высшая школа, 2000. – 271 с.
4. Лицкевич, В. К. Архитектурная физика / В. К. Лицкевич, Л. И. Макриченко, И. В. Мигалина; под ред. Н. В. Оболенского. – Москва: Архитектура-С, 2005. – 448 с.: ил.
5. Марцинкевич, Г. И. Использование природных ресурсов и охрана природы / Г. И. Марцинкевич. – Минск: Университетское, 1985. – 215 с.
6. Конторович, И. Я. Рациональное использование территории городов / И. Я. Конторович, А. Б. Ривкин. – Москва: Стройиздат, 1986. – 171 с.
7. Основные требования к графической части. Система проектной документации для строительства. Основные требования к документации строительного проекта: СТБ 2255–2012.
8. Основные требования к расчетам. Естественное и искусственное освещение: ТКП 45-3.01-153–2009.
9. Жилые здания: СНБ 3.02.04–2003.
10. Основные требования к расчетам. Автомобильные дороги: СНиП 2.05.02–85.
11. Основные требования к графической части. Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов: СНБ 3.01.04–2002.
12. Основные требования к графической части. Градостроительство. Населенные пункты: ТКП 45-3.01-116–2008.
13. Основные требования к графической части. Благоустройство территорий. Озеленение: ТКП 45-3.02-69–2007.
14. Альбом типовых решений эстетического оформления и благоустройства территорий различных типов населенных пунктов / И. Н. Карасик, А. И. Матусевич. – Минск: РУП «Минскпроект», 2003.
15. Обеспечение инсоляцией жилых и общественных зданий территорий жилой застройки: СанПиН № 10-25–94.
16. Щепетков, Н. И. Сборник задач по архитектурной светологии / Н. И. Щепетков. – Москва: МАРХИ, 2011. – 76 с.

ЗАДАЧИ ПО ИНСОЛЯЦИИ

Задача П1.1

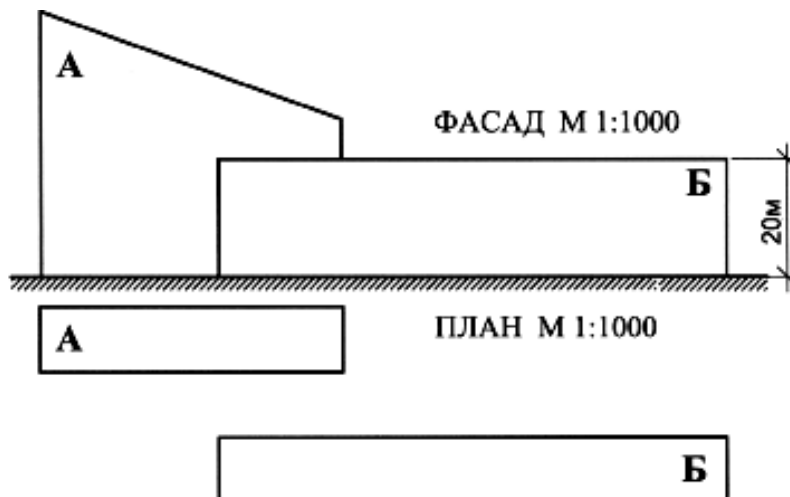
Построить тень на фасаде здания А, отбрасываемую зданием Б в дни весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния, для варианта ориентации С1, С2, С3 (вариант и расчетный час дня задаются преподавателем).



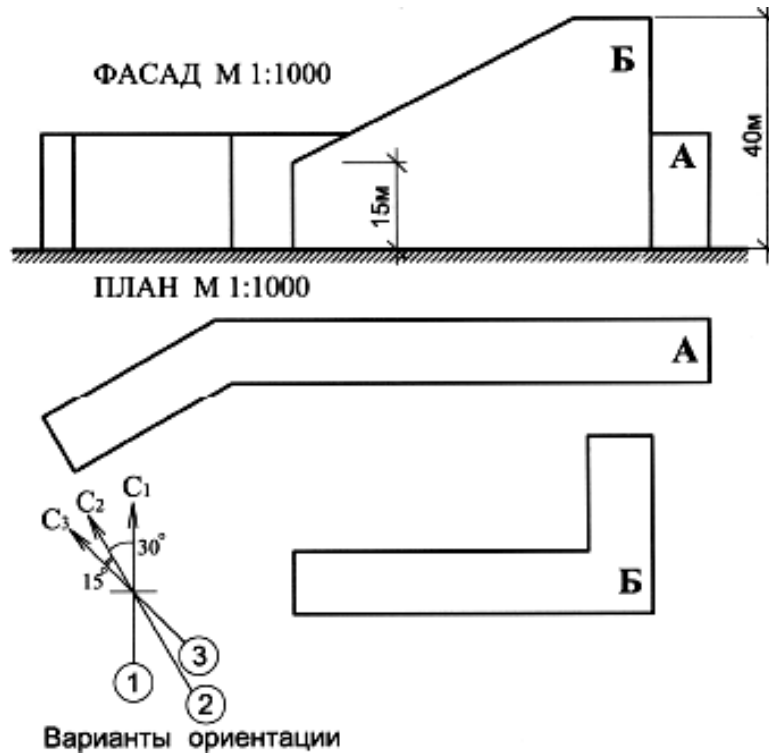
Задача П1.2

Построить тень на фасаде здания А, отбрасываемую зданием Б в дни весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния, для варианта ориентации С1, С2, С3 (вариант и расчетный час дня задаются преподавателем).

1. Расчетные часы: С1 – 9 ч, 11 ч, С2 – 10 ч, 12 ч; С3 – 11 ч, 13 ч.

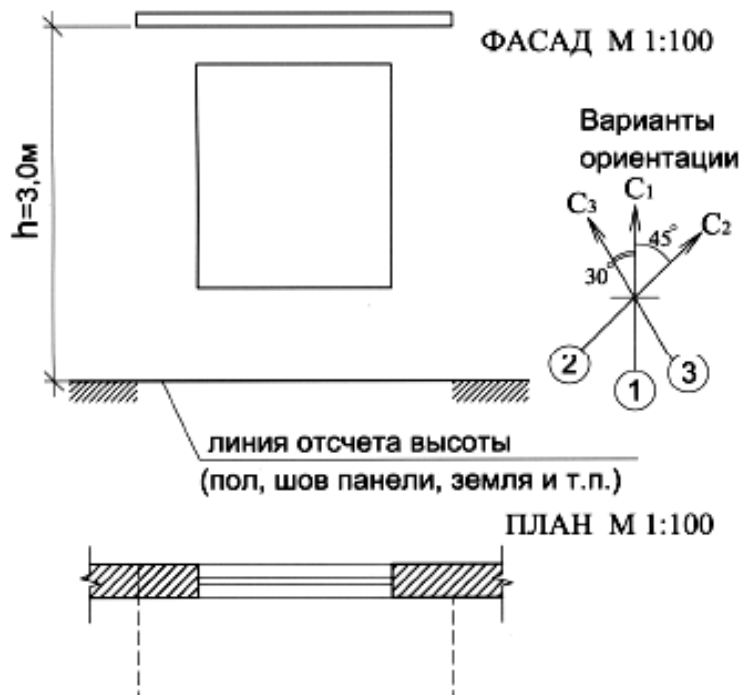


2. Расчетные часы: C1 – 9 ч, C2 – 10 ч, 13 ч; C3 – 11 ч, 13 ч.



### Задача П1.3

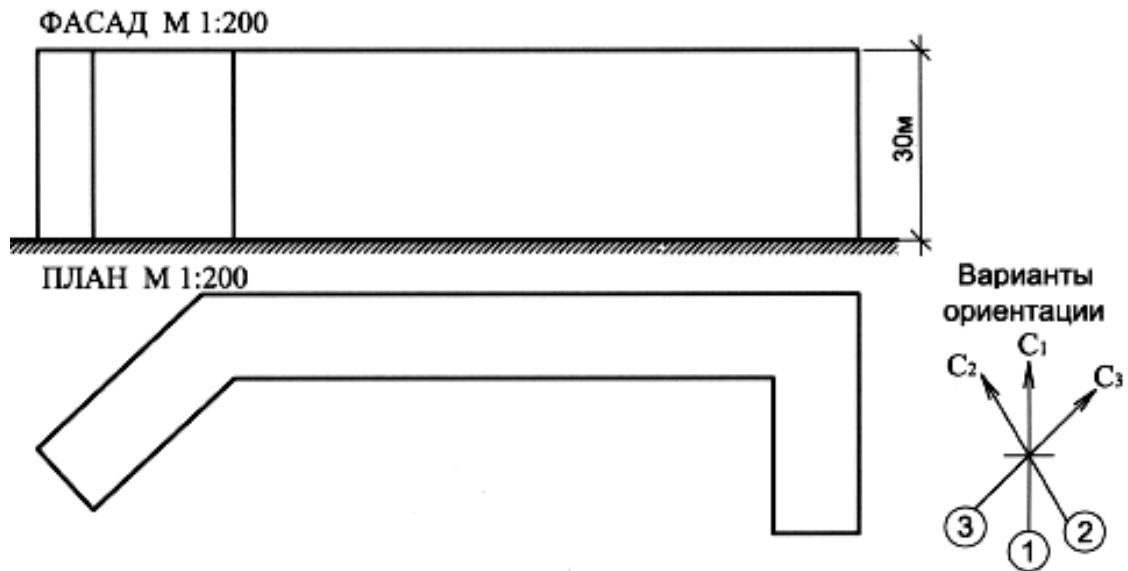
Построить тень от козырька на фасаде со светопроемом в дни весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния при вариантах ориентации C1, C2, C3 (ориентация и расчетный час – по заданию преподавателя).



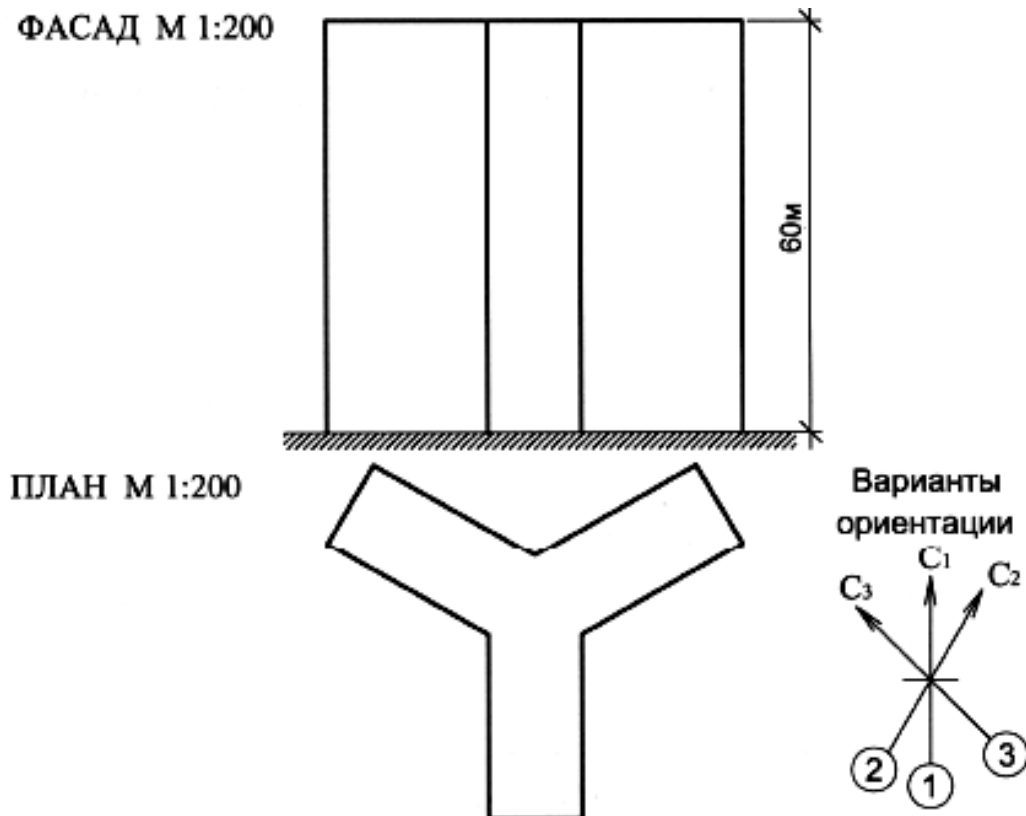
## Задача П1.4

Показать почасовой ход тени на фасаде здания 23.03, 29.09 при вариантах ориентации С1, С2, С3 (по заданию преподавателя).

1.



2.



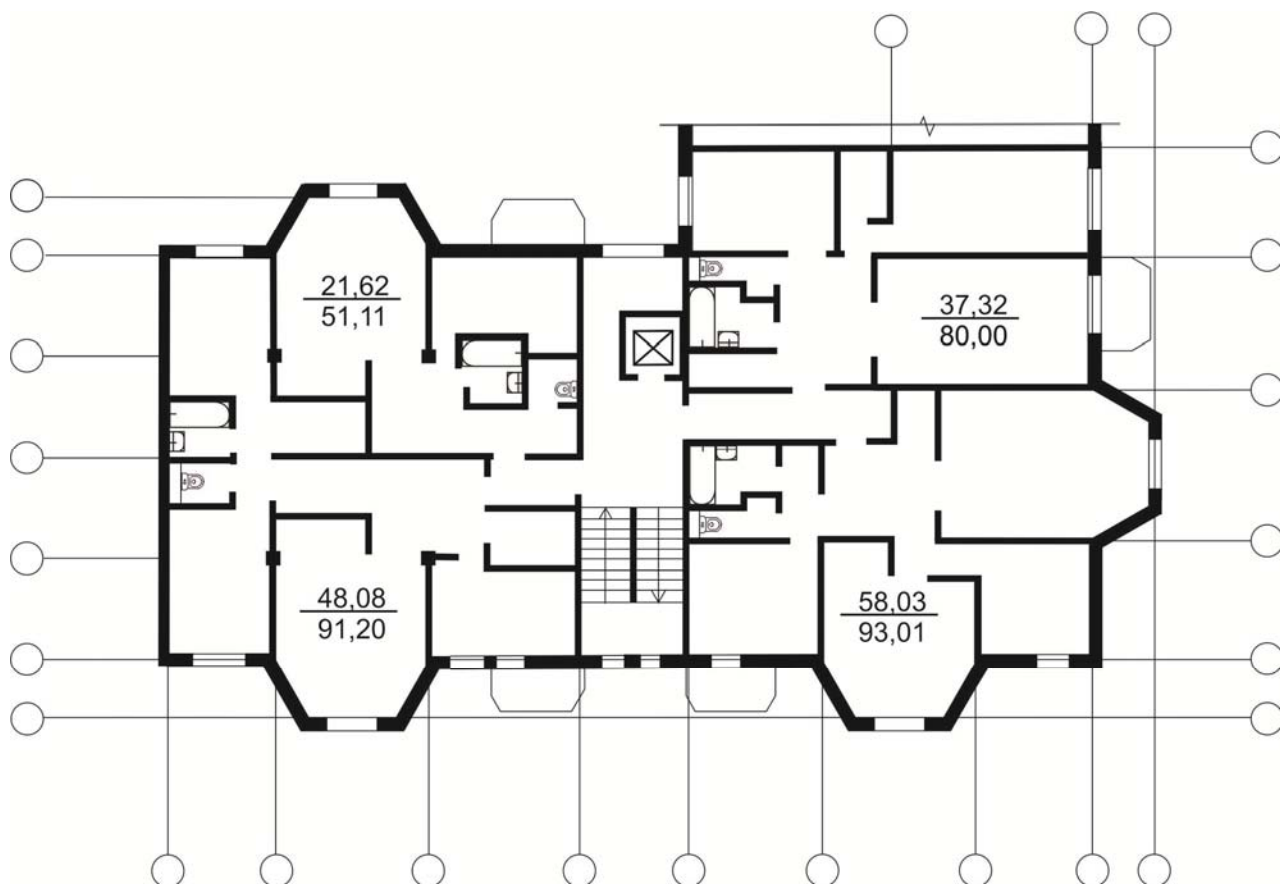
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ФАСАДОВ С ОСТЕКЛЕНИЕМ  
РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ



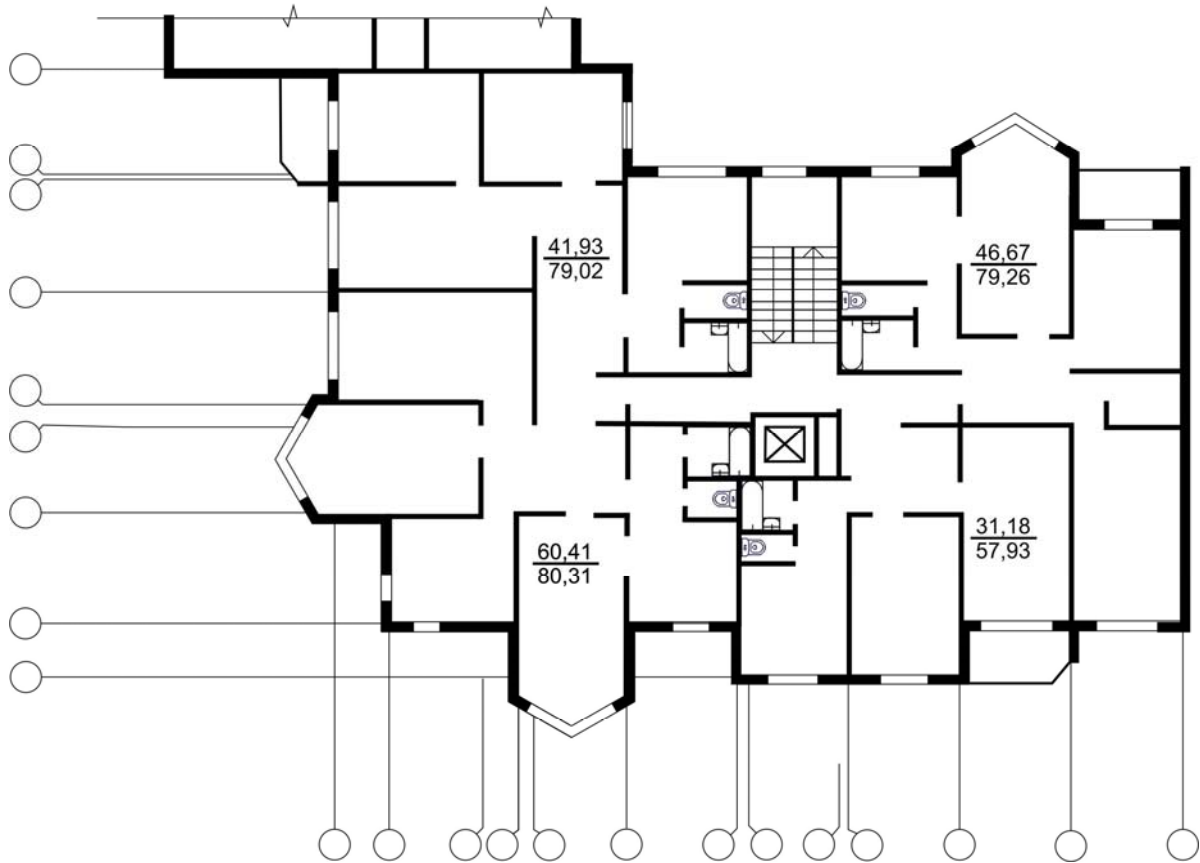


ПРИМЕРЫ ТИПОВЫХ ЖИЛЫХ СХЕМ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЗАСТРОЙКИ МИКРОРАЙОНОВ

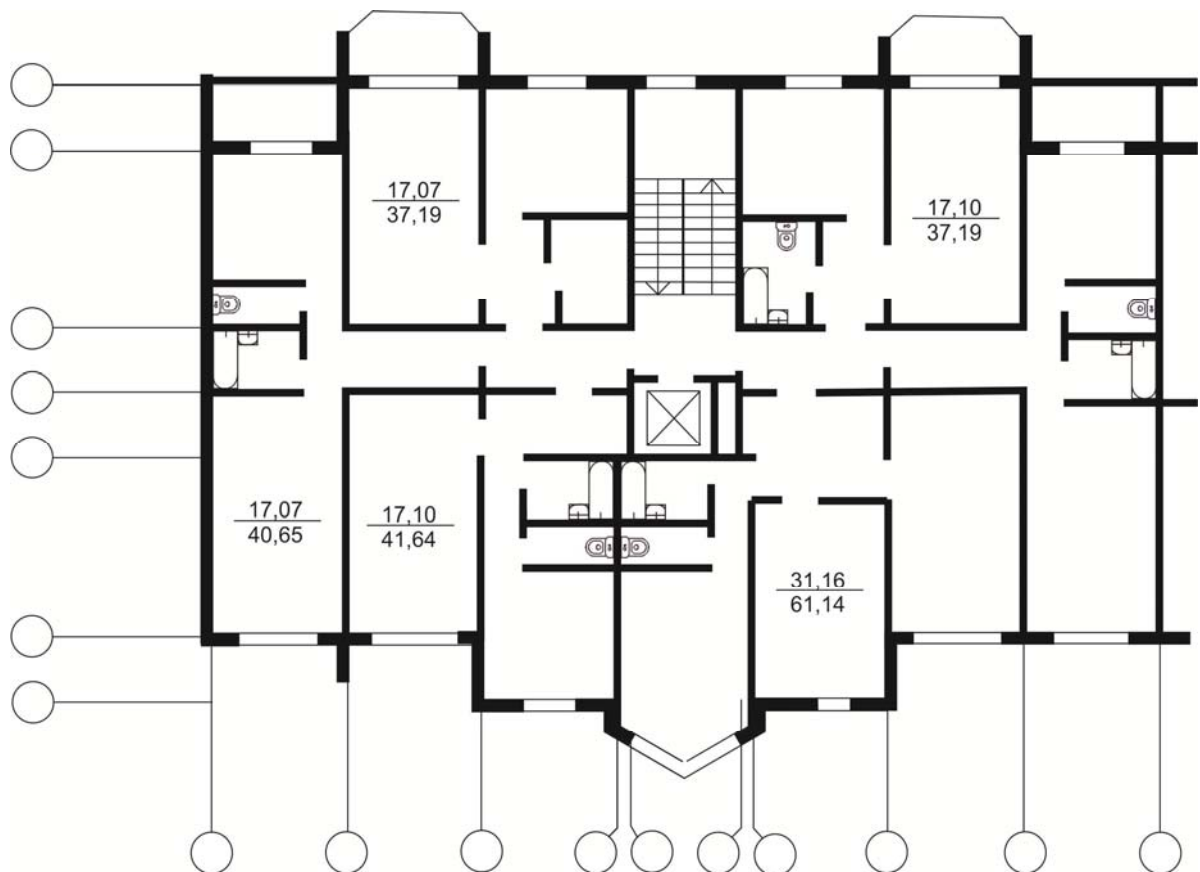
Угловая секция



### Угловая секция

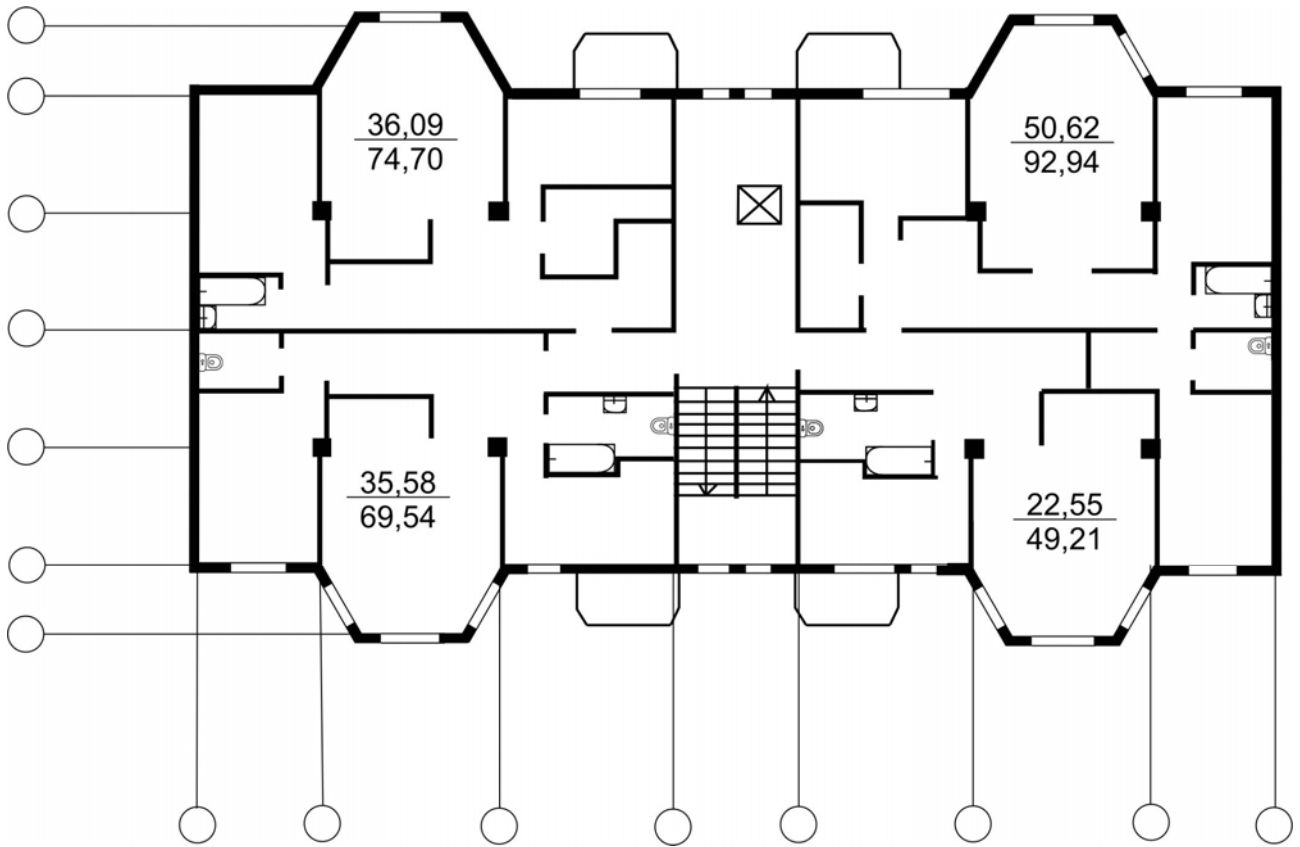


### Рядовая секция





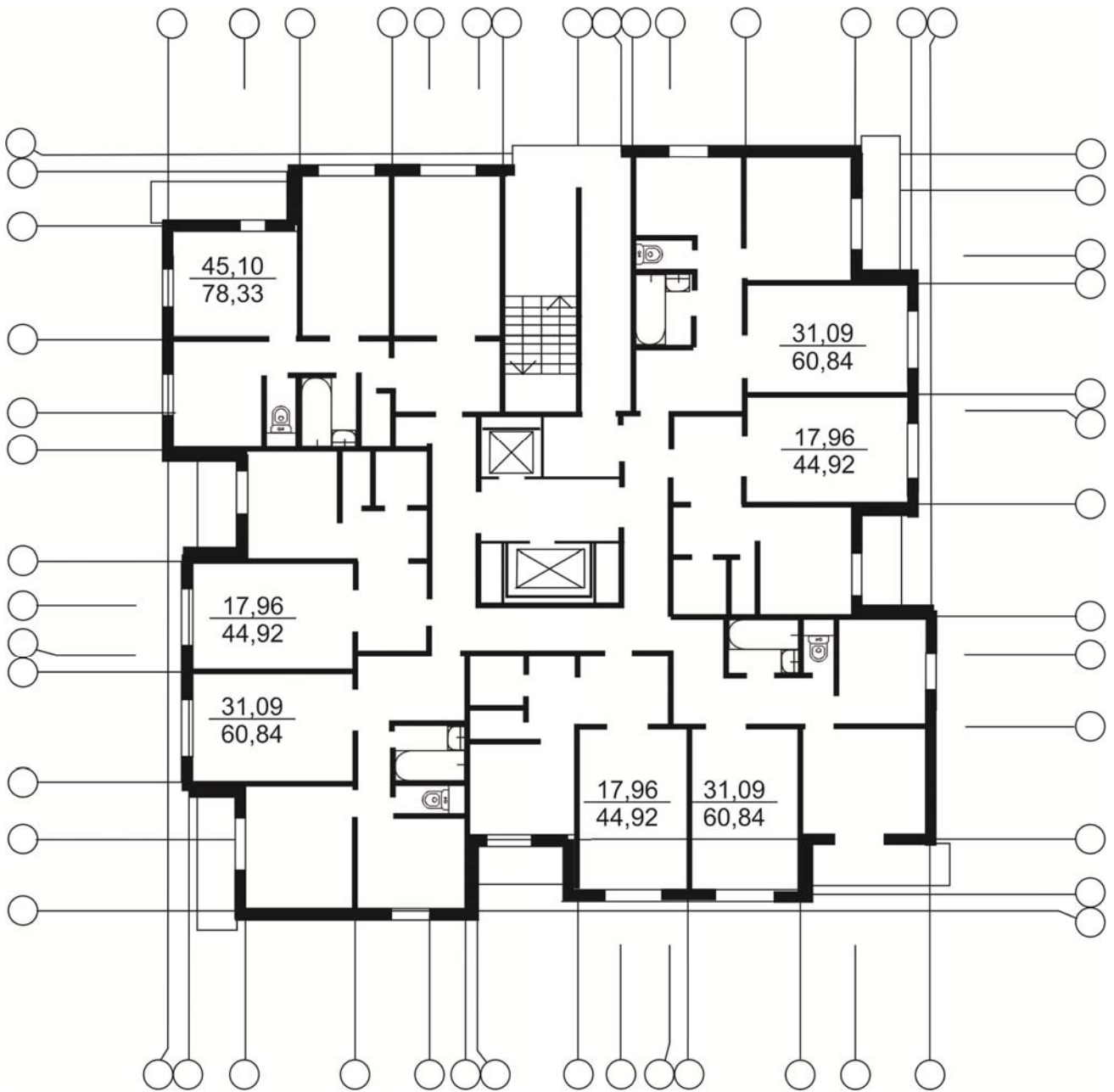
**Рядовая секция**



**Рядовая секция**



# Жилой дом башенного типа



**ПРИМЕР ЗАДАНИЯ**

Белорусский национальный технический университет  
(наименование вуза)

Архитектурный факультет, кафедра «Градостроительство»

**«Утверждаю»**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на курсовую работу по дисциплине «Архитектурная физика»,  
раздел «Аэрация и инсоляция»**

Студенту \_\_\_\_\_

**1. Тема: «Аэрация и инсоляция жилой застройки»**

**2. Срок сдачи студентом курсовой работы \_\_\_\_\_**

**3. Исходные данные:**

3.1 План застройки (масштаб 1 : 1000).

3.2 Этажность застройки.

3.3 Географическое направление оси застройки.

**4. Задание. Аэрация**

4.1 Определить границы участка жилой застройки.

Определить показатели плотности застройки.

4.2 Построить розы ветров по скорости и по повторяемости на ровной местности для заданного городского пространства.

4.3 Определить ориентацию склона, положение здания жилой застройки на склоне, ориентацию оси здания.

4.4 Рассчитать скорость ветра (июль, январь) при заданной ориентации склона и положения здания на склоне. Заполнить таблицу.

4.5 Определить коэффициенты трансформации.

4.6 Построить локальные розы ветров по скорости и по повторяемости.

4.7 Определить относительную средневзвешенную скорость ветра.

4.8 Расположить производственную зону относительно городской территории, дать краткую характеристику, расписать формулу.

**Инсоляция.**

4.9 Определить параметры оптимального инсоляционного режима жилой застройки.

4.10 Построить солнечные линейки по дню весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния.

4.11 Построить конверты теней для периодов весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния, провести анализ инсоляции территории застройки? Произвести анализ уплотнения жилой застройки с учетом светопланограммы.

4.12 Расположить детские, спортивные площадки и зону отдыха внутри застройки согласно требованиям годовичного и полугодовичного затенения.

### **5. Содержание расчетно-пояснительной записки. Аэрация**

5.1 Графическое изображение и расчет границ участка жилой застройки.

5.2 Графическое изображение построения розы ветров по скорости и по повторяемости на ровной местности для заданного городского пространства.

5.3 Определение ориентации склона, положение здания жилой застройки на склоне, ориентации оси здания графическим путем.

5.4 Математический расчет скорости ветра (июль, январь) при заданной ориентации склона и положения здания на склоне. Заполнение таблицы.

5.5 Определение численных значений коэффициентов трансформации

5.6 Графическое построение локальных роз ветров по скорости и повторяемости.

5.7 Математическим способом определить относительную средневзвешенную скорость ветра.

5.8 Графически изобразить положение производственной зоны относительно городской территории.

**Инсоляция.** 5.9 Определение параметров оптимального инсоляционного режима жилой застройки.

5.10 Графическое построение солнечных линеек по дню весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния.

5.11 Графическое построение конвертов теней для периодов весенне-осеннего равноденствия и летнего солнцестояния, анализ инсоляции территории застройки. Графический анализ уплотнения жилой застройки с учетом светопланограммы.

5.12 Территориальное расположение детских, спортивных площадок и зоны отдыха внутри застройки согласно требованиям годовичного и полугодовичного затенения

5.13 Выводы

**6. График выполнения работы** п. 4.1, 4.2, 4.3–4.8 – три недели; п. 4.9–4.12 – две недели; п. 4.13 – одна неделя.

**7. Дата выдачи задания** \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(дата и подпись студента)

Учебное издание

**ШУЛЯКОВСКАЯ** Наталья Николаевна

**АРХИТЕКТУРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ  
ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ОБРАЗОВАНИЙ**

Пособие к выполнению курсовой работы  
«Аэрация и инсоляция жилой застройки»  
по дисциплине «Архитектурная физика»  
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»  
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

Редактор *Т. Н. Микулик*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 29.11.2017. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 100. Заказ 825.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.